

ISSN 2313-2248

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал

Выпуск № 1(61)/2016

Новочеркасск

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал
ФГБНУ «РосНИИПМ»
Издается с июня 1978 года
Выходит четыре раза в год

Выпуск № 1(61)/2016

Январь – март 2016 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор – академик РАН, доктор технических наук, профессор, директор ФГБНУ «РосНИИПМ» В. Н. Щедрин

Заместитель главного редактора – доктор сельскохозяйственных наук, профессор Г. Т. Балакай

Ответственный секретарь – Е. А. Бабичева

Редакторы: доктор технических наук, доцент С. М. Васильев; кандидат технических наук Г. А. Сенчуков; кандидат технических наук А. А. Чураев; чл.-кор. РАН, доктор технических наук, профессор В. И. Ольгаренко; кандидат технических наук А. В. Акопян; кандидат сельскохозяйственных наук А. Н. Бабичев; кандидат технических наук Д. В. Бакланова; кандидат сельскохозяйственных наук С. Г. Балакай; кандидат сельскохозяйственных наук Н. И. Балакай; кандидат физико-математических М. В. Власов; кандидат сельскохозяйственных наук О. В. Воеводин; кандидат сельскохозяйственных наук Л. А. Воеводина; кандидат сельскохозяйственных наук В. Д. Гостищев; кандидат сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаева; кандидат технических наук Ю. Е. Домашенко; кандидат технических наук А. С. Капустян; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Н. М. Макарова; кандидат сельскохозяйственных наук В. А. Монастырский; кандидат сельскохозяйственных наук С. А. Селицкий; кандидат технических наук В. В. Слабунов; доктор сельскохозяйственных наук Ю. Ф. Снопич; кандидат технических наук А. Е. Шепелев; кандидат технических наук А. С. Штанько; кандидат сельскохозяйственных наук Р. Е. Юркова

Технический редактор – Е. А. Бабичева

Литературный редактор – А. И. Литовченко

Выпускающий – Л. И. Юрина

Адрес редакции: 346421, Ростовская область,
г. Новочеркасск, Баклановский проспект, 190.

Тел./факс: (8635) 26-74-53
<http://www.rosniipm.ru/ppeoz>
e-mail: transfer-rosniipm@yandex.ru

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-61083 от 19 марта 2015 г.

Подписано в печать 16.03.2016. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 27,33. Тираж 500 экз. Заказ № 23.

ФГБНУ «РосНИИПМ»
346421, Ростовская область,
г. Новочеркасск, Баклановский проспект, 190

Отпечатано ИП Белоусов А. Ю.
346421, Ростовская область,
г. Новочеркасск, Баклановский проспект, 190 «Е»

ISSN 2313-2248



Дата выхода в свет 31.03.2016
Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ «Современные проблемы сельскохозяйственного производства на орошаемых землях»

Власенко М. В. Влияние насаждений лоха узколистного (<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.) на микроклимат и повышение экологической комфортности пастбищ Среднего Дона.....	6
Балакай Н. И. Мелиоративное влияние системы ползащитных лесных полос на агроландшафт.....	11
Тищенко А. П. Оперативное управление режимами орошения сельскохозяйственных культур по инструментальному методу.....	17
Пономаренко Т. С., Бреева А. В. Анализ современного состояния рисоводческой отрасли в Ростовской области.....	23
Балакай С. Г. Влияние струйного внутрпочвенного полива семян при посеве на рост и урожайность баклажанов.....	28
Докучаева Л. М., Юркова Р. Е., Табала Г. И. Влияние комплексной мелиорации на физические свойства солонцов черноземных.....	33
Вдовенко А. В. Биоразнообразие и экологическая устойчивость агроландшафтов Волго-Маньчского междуречья.....	40
Романова Л. Г., Пешкова В. О., Тимофеева Н. А. Комплекс предложений по улучшению экологической ситуации на орошаемых и прилегающих к ним территориях степной и сухостепной зон Поволжья.....	46
Турко С. Ю. Продуктивность опытных посевов кормовых растений для улучшения пастбищ аридной зоны (лизиметрический комплекс ВНИАЛМИ).....	51
Шадских В. А., Пешкова В. О., Романова Л. Г., Тимофеева Н. А., Лапшова А. Г. Отбор перспективных сортов сои по урожайности и основным биохимическим показателям.....	55
Капустян А. С., Сенчуков Г. А., Мартынов Д. В. Совершенствование охраны и использования мелиоративных объектов.....	58
Бабичев А. Н., Монастырский В. А. Влияние интенсивности дождя дождевальной техники на урожайность картофеля летней посадки в условиях Ростовской области.....	62
Доброхотов А. В. Определение сроков полива с помощью индекса <i>CWSI</i>	65
Лавренко Н. Н. Фотосинтетический потенциал посевов нута в зависимости от технологических приемов выращивания.....	70
Парамонов В. А., Вдовенко А. В. Комплекс агротехнических приемов при фитомелиорации деградированных и малопродуктивных аридных пастбищ.....	74
Селицкий С. А., Андреева Т. П. Влияние поливного режима на продуктивность сои.....	78
Стан Д. С. Потребление питательных веществ кормовой свеклой в зависимости от орошения и удобрений.....	81
Джалилова Г. Т., Мягкова Н. В. Диагностика степени эродированности горных почв по морфологическим признакам.....	85
Карашук Г. В., Лавренко Н. Н., Ништа В. В. Продуктивность и товарность плодов томата гибридов разных групп спелости на капельном орошении в условиях юга Украины.....	90
Войцеховская О. С., Войцеховский И. А., Ковалев М. А. Значение высокоолеинового подсолнечника и перспективы его возделывания на Украине.....	94

Панкеев С. В., Каращук Г. В. Влияние агроэкологических факторов на хлебопекарные качества зерна сортов озимой пшеницы в условиях Южной Степи Украины.....	97
Лытов М. Н., Чушкин А. Н., Чушкина Е. И. Электрохимическая активация оросительной воды в системе эколого ориентированных агротехнологий	102
Джапарова А. М. Оценка состояния защитных лесных полос водоохраных зон, водных объектов и сельскохозяйственных угодий в Республике Крым.....	107
Лавренко С. О., Максимов М. В. Математическое моделирование урожайности зерна чечевицы в зависимости от технологических приемов ее выращивания	113
Пунинский В. С. Совершенствование технических средств для восстановления мелиоративных систем с деградированными землями и солонцами.....	119
Рыжко Н. Ф., Рыжко С. Н., Ботов С. В., Карпова О. В. Технологические показатели полива дефлекторной насадки с обратным конусом и модернизация устройств приповерхностного дождевания ДМ «Фрегат»	127
Храбров М. Ю., Губин В. К., Колесова Н. Г. Определение технологических параметров систем капельного орошения	132
Иванютин Н. М., Кременской В. И. Изучение поливных трубопроводов капельного орошения в качестве увлажнителей для капельно-внутрипочвенного полива	136
Рудик А. Л. Влияние элементов технологии возделывания на формирование стеблестоя посевов льна масличного.....	141
Нестеренко Е. М., Балыхина А. А. Эколого-экономическое обоснование выбора источника орошения при подтоплении земель	145
Зинковский В. Н., Зинковская Т. С., Сорокина В. А., Шахпаронян Л. А. Динамика влажности при различных условиях увлажнения и удобренности осушаемой почвы.....	147
Ковальчук П. И., Матяш Т. В., Ковальчук В. П., Балыхина А. А. Методологические принципы нормирования водопотребности сельскохозяйственных культур при орошении дождеванием	152
Бородычев В. В., Лытов М. Н. Функциональные мониторинговые комплексы показателей эксплуатации дождевальной техники в режиме «полив»	157
Кременской В. И., Иванютин Н. М. Влияние способов локального орошения на распространение и обрастание увлажнителей корневой системы яблони ...	164
Сейтумеров Э. Э. Развитие капельного орошения в Крыму.....	169
Рыжаков А. Н. Общие положения по объемно-планировочным решениям систем капельного орошения яблони	172
Махмудов Х., Махмудова Д. Метод интерполяции климатических данных для установления режима уровня грунтовых вод для аридных территорий	178

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Гаппаров Ф. А., Назаралиев Д. В. Рациональный режим наполнения и сработки водохранилищ.....	184
Палуанов Д. Т., Бобокулов У. Э. Процессы увлажнения в теле грунтовых плотин и основаниях	186

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Чембарисов Э. И., Махмудов И. Э., Лесник Т. Ю., Беликов И. В., Вахидов Ю. С. Гидрологический и гидрохимический режимы коллекторно-дренажных вод, впадающих в Айдар-Арнасайскую озерную систему	191
---	-----

Якубова Х. М., Усманов И. А. Оценка возможности повторного использования воды коллекторов для покрытия дефицита речных вод в среднем течении бассейна реки Сырдарьи	196
--	-----

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Чураев А. А., Погоров Т. А., Завалюев В. Э. Обоснование выбора привода ходовых тележек для многоопорной дождевальная машины нового поколения	202
---	-----

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Томашова О. Л., Томашов С. В. Продуктивность льна масличного сорта Водограй в зависимости от норм высева и способов основной обработки почвы	209
Лиховид П. В. Перспективы использования кукурузы сахарной в кормопроизводстве	213
Ладыгин Е. А., Симакин Ю. А. К обоснованию угла наклона прессовальных каналов шестеренного гранулятора	215
Галимов А. Х. Проблемы интенсификации садоводства в горных территориях юга России	220

НАУКА – ПРАКТИКЕ

Трунин В. В., Носов А. К. Автоматизация управления межреспубликанским водораспределением на орошение в Северо-Кавказском федеральном округе ...	227
--	-----

ОСОБОЕ МНЕНИЕ

Рамазанов А., Файзуллаева М. Н. Орошаемое земледелие Узбекистана: проблемы и суждения	231
--	-----

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ
«Современные проблемы сельскохозяйственного
производства на орошаемых землях»

УДК 631.92

М. В. Власенко

Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации, Волгоград,
Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ ЛОХА УЗКОЛИСТНОГО
(*ELAEGNUS ANGUSTIFOLIA* L.) НА МИКРОКЛИМАТ И ПОВЫШЕНИЕ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КОМФОРТНОСТИ ПАСТБИЩ СРЕДНЕГО ДОНА

*Целью исследований было изучение микроклимата на лесопастбищах Среднего Дона, сформированных лохом узколистным (*Elaeagnus angustifolia* L.) в прибрежной зоне р. Сакарка (Волгоградская область, Иловлинский район), на участках с однообразным рельефом при разных типах закустаривания (одиночно расположенные деревья, заросли и разреженные куртины) в сравнении с участками открытой степи. Установлено, что все насаждения *Elaeagnus angustifolia* L. создают комфортные микроклиматические условия: улучшают выпас, сохранность и продуктивность животных. Наименее комфортный микроклимат по сравнению с другими участками насаждений *Elaeagnus angustifolia* L. для выпаса животных наблюдается в зарослях в 14:00, когда температура и влажность воздуха критически повышаются, а подвижность воздуха снижается. Наиболее комфортный микроклимат выявлен в разреженных куртинах, которые обеспечивают достаточное затенение и оптимальное проветривание в жаркий летний период. Такой тип закустаривания снижает температуру воздуха на высоте 0–150 см на 1–9 °С и в 1,5–3,0 раза повышает относительную влажность воздуха по сравнению с открытой степью.*

Ключевые слова: пастбище, экологическая комфортность, микроклимат, температура почвы, температура воздуха, относительная влажность воздуха.

Введение. Защита животных в условиях неблагоприятных метеорологических факторов засушливого климата степей Среднего Дона связана с разработкой путей улучшения микроклимата в приземном слое воздуха в местах выпаса животных. Исследование режима метеорологических элементов приземного слоя атмосферы внутри растительного сообщества (микроклимата растительного полога), слагаемого под воздействием общих метеорологических условий исследуемой местности и структуры ценоза, дает возможность раскрыть потенциальные возможности естественных древесных насаждений для повышения продуктивности и развития животноводства [1, 2].

Материалы и методы. Методика основана на комплексном анализе микроклиматических процессов, протекающих в пастбищных и лесопастбищных ценозах Среднего Дона. Исследования проводились по общепринятым методикам, выявляющим влияние метеорологических условий на сельскохозяйственных животных: А. М. Архангельского, В. З. Венцкевича, И. Г. Грингофа, Б. А. Доспехова, Ф. М. Касьянова, А. П. Федосеева, Л. И. Фетисовой, А. И. Чекереса [3–11]. На маршруте подбирались по три точки для каждой категории закустаривания с разнообразным рельефом, экспозицией склонов, характером растительности. Для наблюдений применялись психрометр Ассмана, ручной анемометр, термометры и др. Наблюдения проводились летом (июль).

Объектами исследования являлись естественные насаждения одиночно располо-

женных *Elaeagnus angustifolia* L., их зарослей и разреженных куртин, а также участки открытой степи (Иловлинский район Волгоградской области). Возраст лоховых насаждений – 3–30 лет. Самые старовозрастные и крупные деревья достигают высоты 12 м, произрастают группами по 30–50 растений и занимают прирусловые участки на расстоянии до 150–200 м от реки. Разреженные куртины занимают небольшие понижения, редко располагаются на повышении. Заросли лоха представляют собой сплошные насаждения и располагаются вдоль русла. Одиночно стоящие кустарники преобладают в западинах.

Результаты и обсуждение. Для животных в суровых природных условиях аридных зон наряду с питанием важен микроклимат, в котором они находятся: температура и относительная влажность воздуха, температура почвы, ветровой режим, солнечная радиация. Вредное воздействие влажности воздуха на организм животного усиливается с понижением температуры воздуха и увеличением скорости его движения. При высоких температурах и низкой относительной влажности воздуха даже незначительное повышение последней действует на организм животного положительно. Чрезмерно сухой воздух при его относительной влажности 30–40 % вредно действует на организм животных: вызывает усиленное потоотделение, сухость кожи и слизистых оболочек дыхательных путей, снижает сопротивляемость организма инфекциям. При длительном воздействии сухого воздуха у животных появляются трещины кожи и копыт, ломкость шерсти [8].

Насаждения *Elaeagnus angustifolia* L., изменяя ландшафт степи Среднего Дона, образуют экологические ниши, способствуют повышению продуктивности животных и позволяют увеличить их численность при тех же площадях пастбищ. Последние под защитой насаждений изменяют экологию, создавая для отдыха животных зону комфорта. В знойное сухое лето и осенью, когда в открытой степи выгорают травы, скот устремляется под защиту насаждений, где находит лучший корм и защиту от непогоды. При выпасе в открытой степи в знойное время из-за перегрева организма, связанного с высокой температурой воздуха и длительной инсоляцией, у животных, особенно ослабленных и молодняка, наблюдаются легочные заболевания; при выпасе животных под влиянием насаждений таких заболеваний почти не отмечается. В холодную ветреную погоду животные пасутся лишь на пастбищах, защищенных лесными насаждениями, а на открытых они прекращают пастьбу, что резко снижает их продуктивность.

Животные подвержены влиянию микроклимата приземного слоя воздуха, особенно в условиях равнинного ландшафта, и при возможности ищут места с наиболее благоприятным микроклиматом. На амплитуду хода температуры на поверхности почвы, которая обычно имеет один максимум и один минимум, влияют многие факторы: период года, рельеф, растительность и снежный покров, цвет и влажность почвы, состояние поверхности, облачность и т. д. [5, 9, 10].

При измерениях микроклиматических показателей летом в открытой степи установлено, что максимальная температура воздуха на поверхности почвы фиксируется в 12:00 (39 °С), затем она снижается и к 4:00 достигает минимума (9 °С). Максимальная суточная амплитуда хода температуры воздуха в его слое 0–150 см отмечается на высоте 10 см с 12:00 до 4:00 и составляет 28,9 °С. Максимальный разрыв температуры воздуха между высотами фиксируется в 12:00 в слое между поверхностью почвы и 150 см (8,5 °С) (рисунок 1).

Насаждения лоха влияют на изменение температуры почвы, температуру прилегающего воздушного пространства, скорость и направление ветра, влажность воздуха, что формирует микроклимат территории. Сила их влияния зависит от ярусности, морфологических особенностей полога и других факторов (рисунок 2).

Участки насаждений *Elaeagnus angustifolia* L. способны снижать температуру воздуха внутри массива и незначительно на прилегающей территории. Тепловой комфорт трансформированных лоховыми насаждениями пастбищ летом обуславливается тем, что

насаждения защищают поверхность почвы от прямого солнечного облучения, а также тем, что благодаря отражению солнечных лучей и испарению влаги зеленым покровом температура поверхности не достигает таких высоких величин, как в открытой степи.

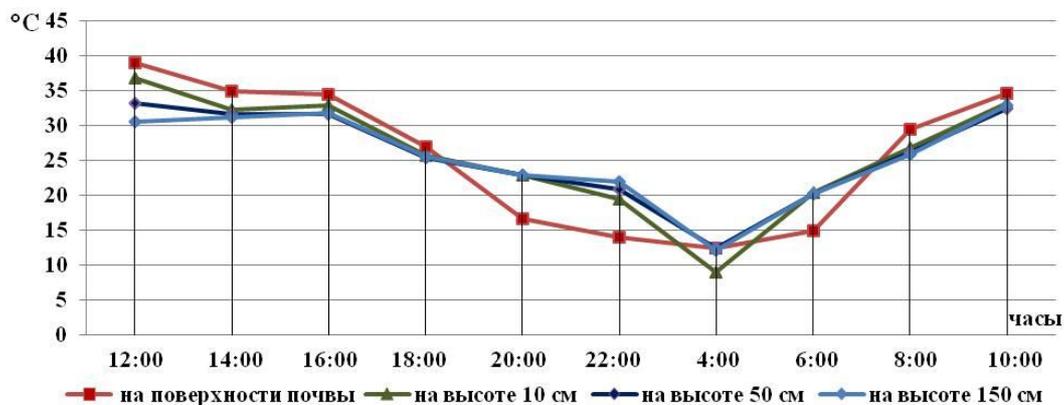


Рисунок 1 – Температура воздуха на высоте 0–150 см (°C) в открытой степи, июнь 2015 г.



а

б

Рисунок 2 – Одиночное насаждение (а) и заросли (б) *Elaeagnus angustifolia* L., июнь 2015 г. (автор фото М. В. Власенко)

Установлено, что летом в условиях сухой степи Среднего Дона на открытом пространстве и под влиянием *Elaeagnus angustifolia* L. суточные изменения температуры воздуха на высоте 0–150 см происходят одинаково, но максимальные показатели фиксируются в разное время. Под влиянием насаждений минимальная суточная температура фиксируется в 4:00, затем она постепенно нарастает и достигает максимума в 14:00 (на открытых участках максимальная температура воздуха фиксируется в 12:00), далее наблюдается плавное снижение и достижение минимума в 4:00.

В летний период суточная амплитуда температуры воздуха под влиянием одиночных насаждений *Elaeagnus angustifolia* L. была равной 29,0 °C, зарослей – 30,4 °C, разреженных куртин – 19,5 °C. Этот параметр в открытой степи составил 26,6 °C.

Под влиянием одиночных насаждений *Elaeagnus angustifolia* L. максимальная разница температуры воздуха по сравнению с открытой степью была выявлена в 12:00

на высоте 150 см под кроной насаждений ($-9,9$ °C) и на расстоянии $5H$ от насаждений ($-9,4$ °C). В зарослях максимальная разница температуры воздуха по сравнению с открытой степью была выявлена также в 12:00 на высоте 150 см ($-9,2$ °C) и на расстоянии $5H$ ($-8,6$ °C). Под пологом разреженных куртин максимальная разница температуры воздуха по сравнению с открытой степью была выявлена в 12:00 на высоте 150 см ($-8,9$ °C) и на высоте 50 см ($-8,8$ °C).

Под влиянием *Elaeagnus angustifolia* L. всех категорий закустаривания с 8:00 до 12:00 микроклиматические условия для выпаса и отдыха животных значительно улучшаются по сравнению с открытой степью. В летний зной, находясь под тенью насаждений, животные восстанавливают терморегуляцию, что оказывает положительное влияние на физиологические процессы в организме. Отдых в тени насаждений содействует хорошему усвоению корма, нормальному обмену веществ, росту продуктивности.

В 20:00 – 22:00 микроклимат в открытой степи и в насаждениях *Elaeagnus angustifolia* L. всех категорий закустаривания выравнивается. Худшие условия для содержания животных наблюдаются в 14:00 в зарослях насаждений, где значительно повышаются температура и влажность воздуха, что отрицательно сказывается на самочувствии животных.

Под кроной одиночных насаждений на высоте 150 см нарастание относительной влажности воздуха отмечается с 16:00 до 20:00, в 4:00 – 6:00 наблюдается увеличение показателя, а с 6:00 до 10:00 – снижение. Наибольшая разница между показателями на разных высотах под кроной отмечается в 14:00 (21 %) и в 8:00 (30 %).

На расстоянии $5H$ от одиночных насаждений отмечается неравномерное изменение влажности воздуха на разных высотах; выявлено заметное повышение показателя на поверхности почвы с 16:00 до 20:00. Наибольшая разница между показателями на разных высотах на расстоянии $5H$ отмечается в 20:00 (35 %) и в 8:00 (21 %).

В зарослях благоприятная относительная влажность воздуха для отдыха животных была зафиксирована с 10:00 до 22:00 на высоте 0–50 см под пологом (58–69 %) и на расстоянии $5H$ (43–61 %). В это время на открытых участках влажность воздуха составляла 43 %. Комфортными для выпаса и отдыха животных можно назвать удаленные от зарослей на расстоянии $5H$ участки пастбищ, где складываются оптимальные условия микроклимата по влажности, температуре воздуха и движению воздушных масс.

Наиболее высокая влажность воздуха под влиянием разреженных куртин фиксируется ранним утром: под пологом насаждений на высоте 150 см в 4:00 (90 %), а на расстоянии $5H$ на высоте 50 см в 6:00 (90 %). Минимум относительной влажности воздуха в разреженных куртинах отмечается на высоте 50 см в 16:00 (44 %), а на расстоянии $5H$ от них – на высоте 150 см в 16:00 (28 %).

Под кроной насаждений *Elaeagnus angustifolia* L. создаются более комфортные условия, чем в открытой степи, так как даже в условиях штиля они способствуют образованию постоянных воздушных потоков, способных перемешивать воздух (таблица 1). Конструкция насаждений во многом влияет на направление движения и скорость воздуха. Насаждения продуваемой конструкции (одиночные насаждения, разреженные куртины) свободно пропускают ветровой поток сквозь просветы под и над кронами. Под кроной одиночно расположенных групп скорость ветра уменьшается, ветер затихает, у поверхности почвы его скорость приближается к нулю. За насаждениями ажурной конструкции скорость ветра снижается меньше, чем за непродуваемыми, но их действие сказывается на большем расстоянии.

Летом в радиусе $15H$ от насаждений температура воздуха за счет циркуляции воздушных масс понижается. Нагретый на открытой территории воздух поднимается вверх, уступая место более холодному, поступающему от насаждений. Поэтому можно констатировать, что здесь создаются наиболее благоприятные условия для выпаса и отдыха животных, чем в открытой степи.

Таблица 1 – Скорость / порывы ветра на лесопастбище, июнь 2015 г.

В м/с

Высота, см	Время наблюдения									
	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	4:00	6:00	8:00	10:00
	Направление ветра									
	З	З	З	З	Ю-З	З	С-В	С, С-В	С	С-З
Степь (контроль)										
10	0 / 0,5	0 / 0,2	0 / 0	0 / 0,2	0 / 0,9	0,1 / 0,5	0,3 / 0,7	0,5 / 0,9	0 / 0,5	0 / 0
50	1,1 / 2,0	0,9 / 1,7	0,8 / 1,9	0,9 / 1,5	0 / 0,9	0,2 / 0,6	0 / 0,9	1,1 / 0,9	0 / 0,7	0 / 0,5
150	1,3 / 2,5	0 / 1,1	0,7 / 1,8	0,9 / 1,6	0 / 0,8	0 / 0,6	0 / 0,5	0 / 0	0,1 / 0,9	0,2 / 0,6
Под кроной одиночных насаждений										
10	0 / 0,1	0 / 0,1	0 / 0,1	0 / 0,1	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
50	0 / 1,3	0,3 / 1,5	0 / 0,8	1,2 / 2,1	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0,7 / 1,4	0 / 0
150	0,1 / 1,5	0,4 / 1,5	0,5 / 1,5	0,7 / 1,1	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0,7 / 0,8	0,1 / 0,2
На расстоянии 5H от одиночных насаждений										
10	0 / 0,3	0 / 0,3	0 / 0,2	0 / 0,4	0 / 0,1	0 / 0,5	0 / 0,2	0 / 0,3	0 / 0,4	0 / 0
50	0 / 1,8	0,9 / 1,9	0 / 1,6	1,5 / 2,0	0 / 0,8	0 / 0,4	0 / 0,2	0 / 0,6	1,7 / 1,5	0 / 0
150	0,6 / 1,9	0,9 / 1,4	0,9 / 1,8	0,9 / 1,6	0 / 0,8	0 / 0,7	0 / 0,8	0 / 0,7	1,7 / 1,8	0,2 / 0,6
Под пологом зарослей										
10	0 / 0,1	0 / 0,6	0 / 0,5	0 / 0,2	0 / 0,7	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0,1 / 0,9	0,1 / 0,7
50	0 / 0,2	0 / 0,1	0 / 0,2	0 / 0,3	0 / 0,9	0 / 0	0 / 0	0 / 0,7	0,3 / 0,5	0 / 0,5
150	0 / 0	0 / 0,2	0 / 0,2	0 / 0,2	0 / 0,9	0 / 0	0 / 0	0,1 / 0,9	0,5 / 0,9	0 / 0,3
На расстоянии 5H от зарослей										
10	0 / 0,7	0 / 0,5	0,1 / 0,9	0,3 / 0,9	0 / 0,2	0 / 0,7	0,2 / 0,9	0 / 1,0	0,5 / 1,5	0 / 0,2
50	0 / 1,8	0 / 1,1	0,3 / 2,1	0 / 1,3	0 / 0,1	0 / 0,6	0,5 / 1,3	0 / 0,5	0,8 / 1,4	0 / 0,3
150	0,4 / 1,8	0 / 1,5	0,7 / 1,9	0,1 / 0,7	0 / 0,3	0 / 0,5	0,6 / 1,2	0 / 0,9	0,6 / 1,0	0,3 / 0,8
Под пологом разреженных куртин										
10	0 / 0,2	0 / 0,2	0 / 0,8	0 / 0,7	0 / 0	0 / 0,3	0 / 0,3	0 / 0,3	0 / 0,4	0 / 0
50	0 / 1,3	0 / 1,0	0,1 / 2,1	0 / 1,6	0 / 0	0 / 0,5	0 / 0,3	0 / 0,5	0,7 / 1,3	0 / 0
150	0,1 / 1,8	0 / 1,3	0,6 / 1,3	0,2 / 0,8	0 / 0	0 / 0,5	0 / 0,8	0 / 0,8	0,7 / 1,6	0,2 / 0,6
На расстоянии 5H от разреженных куртин										
10	0 / 0,5	0 / 0,5	0,1 / 0,9	0,3 / 0,9	0 / 0,2	0 / 0,7	0,2 / 0,9	0,2 / 1,1	0,2 / 1,2	0 / 0,5
50	0 / 0,8	0 / 0,1	0,4 / 1,1	0 / 0,3	0 / 0,7	0 / 0,5	0,3 / 0,8	0 / 0,4	0,1 / 1,2	0 / 0,5
150	0,2 / 1,2	0 / 0,5	0,5 / 0,9	0 / 0,7	0 / 0,4	0 / 0,2	0,4 / 0,9	0 / 0,4	0,2 / 1,5	0,3 / 0,6

Выводы. В результате проведенных исследований на пастбищах Среднего Дона было выявлено, что все системы естественных насаждений *Elaeagnus angustifolia* L. создают особый микроклимат, способствующий улучшению условий выпаса животных. Изменяя ландшафт засушливых степей, насаждения обогащают природу, защищают от ветров и бурь, улучшают условия содержания скота на выпасе и отдыхе, улучшают санитарно-гигиенический режим, создают благоприятные экологические условия.

В летний период наименее комфортный тепловой режим по сравнению с другими участками насаждений *Elaeagnus angustifolia* L. для выпаса животных наблюдается в зарослях в 14:00. Наиболее комфортный микроклимат выявлен в разреженных куртинах, которые обеспечивают достаточное затенение и оптимальное проветривание в жаркий летний период. Такой тип закустаривания снижает температуру воздуха на высоте 0–150 см на 1–9 °С и в 1,5–3,0 раза повышает влажность воздуха по сравнению с открытой степью.

Список использованных источников

1 Власенко, М. В. Особенности микроклимата на заросших кустарником пастбищах в аридном поясе Волго-Донского междуречья / М. В. Власенко // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2(34). – С. 94–98.

2 Власенко, М. В. Роль насаждений лоха в изменении микроклимата и повышении экологической комфортности пастбищ Волго-Ахтубинской поймы / М. В. Власенко, А. В. Вдовенко, В. В. Лепеско // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. – 2015. – № 2(38). – С. 90–95.

3 Методика полевых физико-географических исследований / А. М. Архангельский [и др.]; под ред. А. М. Архангельского. – М.: Высш. шк., 1972. – 302 с.

4 Венцкевич, В. З. Сельскохозяйственная метеорология / В. З. Венцкевич; под ред. В. В. Синельщикова. – Л.: Гидрометеоролог. изд-во, 1952. – 333 с.

5 Грингоф, И. Г. Климат, погода и пастбищное животноводство / И. Г. Грингоф, О. Л. Бабушкин. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2010. – 352 с.

6 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

7 Касьянов, Ф. М. Защитное лесоразведение на пастбищных землях / Ф. М. Касьянов. – М.: Лес. пром-сть, 1972. – 80 с.

8 Касьянов, Ф. М. Лесомелиорация и животноводство / Ф. М. Касьянов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 160 с.

9 Федосеев, А. П. Климат и пастбищные травы Казахстана / А. П. Федосеев. – Л.: Гидрометеоздат, 1964. – 317 с.

10 Фетисова, Л. И. Методические указания по производству микроклиматических наблюдений / Л. И. Фетисова. – Саратов: СГУ, 2006. – 12 с.

11 Чекерес, А. И. О методике оценки погодных условий в период летнего выпаса овец на равнинных пастбищах Казахстана / А. И. Чекерес // Труды КазНИГМИ. – 1965. – Вып. 24. – С. 88–94.

УДК 631.6:630*232.22

Н. И. Балакай

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

МЕЛИОРАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА АГРОЛАНДШАФТ

Целью исследований являлось изучение мелиоративного влияния системы полезащитных лесных полос на агроландшафт. Защитные лесные насаждения нормализуют и

стабилизируют экологическую обстановку, образуют устойчивые агролесоландшафты с высокой степенью саморегуляции, оптимизируют влагооборот, тепло- и газообмен территории. Установлено, что средняя урожайность зерновых культур под защитой насаждений выше на 18–23 %, технических – на 20–26 %, кормовых – на 29–41 %. Доказано, что защитные лесонасаждения снижают скорость ветра, распределяют снег, способствуют уменьшению смыва, размыва и дефляции почвы и испарения влаги с ее поверхности, защищают сельскохозяйственные культуры от засух, суховеев, пыльных бурь, повышают эффективность агрономических мероприятий на незащищенной территории. Влажность приземного слоя воздуха на межполосных участках выше, чем на открытых: относительная – на 2–3 %, абсолютная – на 0,5–1,0 %. Во время суховеев эти показатели соответственно увеличиваются до 8–10 и 1,5–3,0 %. Оптимальная относительная влажность воздуха 60–70 % наблюдается на расстояниях до 8–10 Н. Испарение с водной поверхности под влиянием лесных полос уменьшается на 10–40 % в зависимости от времени суток, конструкции лесных полос, размеров водных объектов, природно-климатических условий. Особенно сильно испаряемость с водной поверхности уменьшается в зоне до 3 Н. Мелиоративное влияние лесных полос во многом зависит от их конструкции. Целесообразно применение плотной, продуваемой и ажурной конструкций лесных полос.

Ключевые слова: защитные лесные насаждения, эрозия, микроклимат, талый и дождевой сток, задержание снега, урожайность, сельскохозяйственные культуры.

В комплексе эффективных мер для обеспечения устойчивого аграрного производства, достижения экологической и продовольственной безопасности одно из ведущих мест принадлежит защитному лесоразведению.

Защитные лесные насаждения являются средством многофункционального влияния на окружающую природную среду, нормализуют и стабилизируют экологическую обстановку, образуют устойчивые агролесоландшафты с высокой степенью саморегуляции, оптимизируют влагооборот, тепло- и газообмен территории. Средняя урожайность зерновых культур под защитой насаждений выше на 18–23 %, технических – на 20–26 %, кормовых – на 29–41 % [1].

Для адаптивно-ландшафтного обустройства территории России необходимо иметь около 6 млн га защитных лесных насаждений, в том числе полезащитных лесных полос – 2,4 млн га, противозрозионных – 2,0 млн га, защитных лесных насаждений на аридных пастбищах – 0,8 млн га, на берегах рек – 0,16 млн га [1].

Защитные лесонасаждения на пахотных землях – это полезащитные (ветроломные) лесные полосы на неорошаемых и орошаемых землях, снижающие скорость ветра, распределяющие снег, способствующие уменьшению дефляции почвы и испарения влаги с ее поверхности, защищающие сельскохозяйственные культуры от засух и суховеев, пыльных бурь, повышающие эффективность всех агрономических мероприятий на незащищенной территории; лесные полосы вдоль оросительных и сбросных каналов и на других участках орошаемых земель, ослабляющие процессы вторичного засоления почвы, уменьшающие испарение воды; водорегулирующие (стокорегулирующие) лесные полосы и кустарниковые кулисы на пахотных склонах, способствующие снижению скорости ветра, лучшему распределению снега, задержанию и регулированию поверхностного стока, кольматажу твердых частиц, уменьшению смыва, размыва и дефляции почвы, повышению ее влажности [2].

Мелиоративная роль полезащитных лесных полос обуславливается в первую очередь ветроломным эффектом, т. е. изменением скорости ветровых потоков, в результате чего происходит иное отложение снега и мелкозема, изменение режима температуры и влажности воздуха и почвы. Мелиоративная роль стокорегулирующих лесных полос заключается в их способности трансформировать поверхностный сток

во внутрпочвенный; приовражных лесных полос – в армирующей способности корневых систем деревьев и кустарников; илофильтров – в кольматаже твердых частиц и т. д. Мелиоративная роль защитных лесонасаждений проявляется в их санитарно-гигиенических, рекреационных и эстетических свойствах. Эти изменения положительно сказываются на урожаях сельскохозяйственных культур, продуктивности пастбищных угодий и животноводства, создают благоприятную среду для тружеников села [2, 3].

По функциональному назначению лесные полосы подразделяются на виды: полезащитные, прибалочные и приовражные, пастбищезащитные, мелиоративно-кормовые, приусловые, приканальные, придорожные и др.

Каждая лесная полоса, изменяя аэродинамические характеристики ветровых и гидравлические показатели водных потоков, создавая микроклимат и повышая плодородие почв, оказывает определенное мелиоративное влияние на защищаемые объекты.

Площадь, на которую распространяется защитное воздействие лесной полосы, называют зоной ее мелиоративного влияния [2, 4]. Обычно она измеряется высотой лесной полосы (H).

Мелиоративное влияние лесных полос во многом зависит от их конструкции. Конструкция – это строение продольного (фронтального) профиля лесных полос, определяющее их ветропроницаемость. Конструкция зависит от высоты, ширины, ярусности, полноты и видового состава лесной полосы.

Различают три основные конструкции лесных полос: плотную, продуваемую и ажурную.

Лесная полоса плотной конструкции в облиственном состоянии по своему продольному профилю не имеет сквозных просветов. Ветер такую полосу не пронизывает, а переваливает через нее на расстояние до $10-15 H$ (заветренная зона). Перед лесной полосой ветер снижает свою скорость в зоне до $5 H$ (наветренная зона). У плотной лесной полосы суммарная протяженность мелиоративной зоны равна $15-20 H$. В этой зоне снег и мелкозем скапливаются в виде шлейфов, за которыми возникают зоны выдувания. Плотные полосы целесообразно создавать вдоль путей транспорта, на эродированных склонах, вокруг водных объектов.

Лесная полоса продуваемой конструкции в облиственном состоянии своих крон сквозных просветов не имеет (как полоса плотной конструкции). Однако между стволами в нижней части продольного профиля сквозные просветы занимают $60-70\%$ площади фронта. Это обеспечивает деление ветра на два потока: один проходит через полосу, другой переваливает через нее. При этом в заветренной зоне происходит взаимодействие указанных потоков и торможение скорости ветра на расстоянии до $20-25 H$. Перед лесной полосой скорость ветра снижается незначительно. Все это обеспечивает равномерное распределение снега и мелкозема в мелиоративной зоне лесной полосы [2-4].

Лесная полоса ажурной конструкции в облиственном состоянии обладает сквозными просветами на площади $15-45\%$, относительно равномерно распределенными по фронту насаждения. При этом одна часть ветрового потока переваливает через лесную полосу, а другая, дробясь на струи, пронизывает насаждение. Взаимодействие потоков и струй обеспечивает понижение скорости ветра в заветренной зоне на расстоянии $28-32 H$. При этом скорость ветра существенно снижается и в подветренной зоне (перед лесной полосой) на расстоянии $2-3 H$. Суммарная мелиоративная зона лесной полосы ажурной конструкции составляет $30-35 H$. Такие конструкции лесополос целесообразны на полях юга ЦЧП, Северного Кавказа и Нижнего Поволжья [2, 4, 5].

Эти размеры зон мелиоративного влияния обеспечиваются при перпендикулярном (к лесным полосам) направлении метелевых, суховейных или дефлирующих ветров. При других углах зоны мелиоративного влияния лесных полос могут уменьшаться.

При необходимости конструкции лесных полос корректируются рубками ухода,

обрезкой нижних ветвей деревьев, раскорчевкой рядов кустарников и иными лесохозяйственными мероприятиями. При этом могут создаваться производные (от трех основных) конструкции: ажурно-продуваемые и ажурно-плотные (ажурно-непродуваемые) [2, 3].

Ландшафтная территория с лесомелиоративной системой может характеризоваться показателями защитной лесистости и защищенности лесными насаждениями.

Защитная лесистость – это выраженное в процентах отношение площади защитных лесных насаждений к общей площади территории, на которой они размещены. Лесистость считается высокой, если она превышает 50 %, средней – при ее показателе в пределах от 49 до 15 % и слабой – при показателе менее 15 %. Такова стабильная характеристика ландшафта [2, 4].

Защищенность территории лесными насаждениями – это выраженное в процентах отношение суммарной площади зон мелиоративного влияния лесных насаждений к общей площади территории, на которой они расположены. Защищенность считается полной при ее величине 100 %, достаточно полной – при 99–80 %, недостаточно полной – при 79–50 %, неполной – при 49–20 % и отсутствующей – при величине менее 20 % [2, 5].

Зоны мелиоративного влияния лесных насаждений варьируют в зависимости от изменений климатических факторов окружающей среды.

Полезащитное лесоразведение – это создание системы лесных полос, оказывающей мелиоративное влияние на агроландшафт через снегозадержание, микроклимат, плодородие почв, водоносность, продуктивность агроценозов.

Снегозадержание на межполосных полях с целью улучшения водного и теплового режимов почв – одна из основных функций систем полеззащитных лесных полос. Они предупреждают сдувание снега в ложины и балки, оставляя все выпавшие твердые осадки на полосных полях. Это вызывает дополнительное (по сравнению с открытыми полями) накопление снеговой воды (20–50 % от веса снега). Замедляя таяние снега, лесные полосы уменьшают интенсивность склонового стока.

Снегозадержание приводит к повышению влажности почв в зимне-весенний период, защите озимых культур от вымерзания, уменьшению глубины промерзания почв (а значит, к увеличению фильтрации талой воды), удлинению вегетативного периода культивируемых растений [2, 3, 5].

Лесомелиоративные комплексы оптимизируют влагооборот, тепло- и газообмен территории, преобразуют простые аграрные ландшафты в более устойчивые агролесоландшафты (таблица 1) [2].

Таблица 1 – Экологическая эффективность защитных лесных насаждений (по данным ВНИАЛМИ и НИИСХ ЦЧП)

Основной показатель	Открытая территория	Агролесоландшафт
Запасы воды в снеге, мм	70–80	110–120
Впитывание воды в почву, мм	58–63	100–108
Поверхностный сток, мм	19–20	6–7
Смыв почвы, м ³ /га	3,0–4,0	0,5–0,7
Суммарное испарение влаги за вегетационный период, мм	750–760	625–640
Относительная влажность воздуха, %:		
средняя	25–28	30–34
в засушливые годы	14–15	20–22
Общее количество видов животных	35–60	83–149
Зоомасса на 100 га территории, кг	180–186	356–880

Наиболее равномерно распределяют снег на полях лесные полосы ажурной и продуваемой конструкции. У лесных полос плотной конструкции образуются высокие сугробы с длиной шлейфа в наветренную сторону 1–2 H , в заветренную – 4–5 H . Системы лесных полос (особенно плотной конструкции) сочетают с другими мероприятиями по снегозадержанию: в середине полосных полей устраивают снежные валы снегопахами или создают кулисы из высокостебельных растений. Плоскорезная обработка зяби с оставлением стерни на поверхности поля – эффективный прием снегозадержания в малоснежные зимы. В целом снегозадержание с помощью лесных полос в сочетании с другими мероприятиями особенно эффективно в степной зоне, где прибавка урожая озимых зерновых колосовых культур достигает 5–7 ц/га [2, 5].

Микроклимат, создаваемый лесными полосами, расширяет адаптивные возможности культивируемых видов и сортов растений на межполосных полях.

Оптимальный интервал температур в вегетативный период поддерживают с помощью лесных полос, ограничивающих прямую солнечную радиацию в определенное время суток, изменяющих турбулентный теплообмен между воздухом и поверхностью поля путем регулирования скорости ветра, влажности воздуха и почв. Усиленное развитие массы агроценоза на межполосном поле сокращает нагревание почвы и улучшает ее теплофизические свойства (теплопроводность). Задержанное массой агроценоза тепло ускоряет развитие растений и повышает урожай на межполосном поле.

Дополнительно на межполосных полях мульчируют поверхность почвы соломой, торфом, пленкой, что уменьшает отрицательную солнечную радиацию, изменяет альбедо (отношение отраженной радиации к суммарной).

Влажность приземного слоя воздуха на межполосных участках выше, чем на открытых: относительная – на 2–3 %, абсолютная – на 0,5–1,0 %. Во время суховея эти показатели соответственно увеличиваются до 8–10 и 1,5–3,0 % [2, 3].

Оптимальная относительная влажность воздуха 60–70 % наблюдается на расстояниях до 8–10 H . Относительная влажность приземного слоя воздуха ниже 30 % отмечается на межполосных полях только при очень сильных суховеях [5].

Лесные полосы уменьшают испаряемость с поверхности почвы, сохраняя почвенную влагу. Особенно сильно снижается испаряемость на расстоянии до 3–5 H в наветренную сторону от лесных полос (за счет уменьшения скорости ветра, повышенной влажности воздуха и пониженного турбулентного обмена).

Испарение с водной поверхности под влиянием лесных полос уменьшается на 10–40 % в зависимости от времени суток, конструкции лесных полос, размеров водных объектов (каналов, малых рек и т. п.), природно-климатических условий. Особенно сильно испаряемость с водной поверхности уменьшается в зоне до 3 H [2, 4, 5].

Плодородие почв определяется водным и пищевым режимом. Благодаря зимне-весеннему увлажнению и сокращению испарения на полях с лесными полосами в слое почв 0–100 см дополнительно накапливается почвенная влага, что положительно сказывается на условиях роста и развития сельскохозяйственных культур.

Кроме этого, на межполосных полях под влиянием лесных полос происходит изменение морфогенетических показателей эродированных почв: постоянно наращивается их мощность, идет накопление гумуса.

Под воздействием лесных полос на склонах утяжеляется гранулометрический состав верхних горизонтов почв. Под лесным пологом увеличивается скорость фильтрации вод местного стока, что вызывает выщелачивание карбонатов и их миграцию вниз профиля.

В настоящее время на севере Ростовской области, в некоторых районах Волгоградской, Воронежской и других областей происходит естественное восстановление сети западин и мелких озерц (мочажин) в связи с уменьшением техногенного воздейст-

вия на агроландшафты. Такие резервуары местного стока на территориях агроландшафтов будут обеспечивать питание водоносных горизонтов и служить преградой распространению опустынивания степной зоны.

Продуктивность агроценозов в связи с полезашитным лесоразведением исследована многими учеными в полевых опытах на неорошаемых и орошаемых землях. Результаты исследований, обобщенные В. М. Трибунской и др. [4, 6], положены в основу нормативов прибавок урожая основных сельскохозяйственных культур от мелиоративного влияния систем полезашитных лесных полос (таблица 2).

Таблица 2 – Нормативы прибавок урожая основных сельскохозяйственных культур от мелиоративного влияния систем полезашитных лесных полос (в целом по лесостепной и степной зонам) [6]

Культура	Прибавка урожая			
	фактическая		скорректированная на площадь лесных полос	
	т/га	%	т/га	%
Неорошаемые и неосушенные земли				
Зерновые в целом	0,17	10	0,13	8
в т. ч.:				
пшеница озимая	0,22	9	0,17	7
рожь озимая	0,14	10	0,09	7
пшеница яровая	0,15	14	0,12	8
ячмень яровой	0,16	10	0,12	8
кукуруза на зерно	0,22	8	0,16	6
овес	0,14	10	0,11	8
просо	0,11	15	0,08	8
Технические культуры:				
сахарная свекла	2,98	13	2,13	9
подсолнечник	0,11	9	0,08	7
Кормовые культуры:				
кукуруза на силос	1,91	14	1,58	12
однолетние травы (сено)	0,35	19	0,27	14
многолетние травы (сено)	0,23	13	0,18	10
Орошаемые земли				
Зерновые:				
пшеница озимая	0,29	9	0,22	7
ячмень яровой	0,16	11	0,10	7
Сахарная свекла	8,20	23	6,80	19
Кукуруза на силос	4,00	14	3,43	12

Нормативное количество защитных лесных полос по отношению к площади пашни принято для лесостепных районов равным 2,3–2,7 %, для степных – 3–4 %, для районов сильной ветровой эрозии, склоновых земель и легких песчаных почв – 5–7 %. Под противозерозионные лесонасаждения отводится от 3 до 7 % сельскохозяйственных угодий. Защитные лесонасаждения на песках лесной зоны занимают 50–60 %, в степи – 20–30 % и в пустынных районах – 12–15 % мелиорируемой территории [7].

Таким образом, защитные лесные насаждения нормализуют и стабилизируют экологическую обстановку, образуют устойчивые агролесоландшафты с высокой степенью саморегуляции, оптимизируют влагооборот, тепло- и газообмен территории.

Защитные лесонасаждения снижают скорость ветра, распределяют снег, способствуют уменьшению смыва, размыва и дефляции почвы и испарения влаги с ее поверх-

ности, защищают сельскохозяйственные культуры от засух, суховеев, пыльных бурь, благоприятно сказываются на урожае сельскохозяйственных культур.

Мелиоративное влияние лесных полос во многом зависит от их конструкции. Целесообразно применение плотной, продуваемой и ажурной конструкций лесных полос.

Список использованных источников

1 Агролесомелиорация: монография / под ред. А. Л. Иванова, К. Н. Кулика; ВНИАЛМИ. – Волгоград, 2006. – 746 с.

2 Ивонин, В. М. Лесомелиорация ландшафтов: научные исследования / В. М. Ивонин, Н. Д. Пеньковский. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. – 152 с.

3 Ивонин, В. М. Лесные мелиорации ландшафтов: учеб. пособие для вузов / В. М. Ивонин. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001. – 188 с.

4 Родин, А. Р. Лесомелиорация ландшафтов: учеб. пособие / А. Р. Родин, С. А. Родин, С. Л. Рысин. – М.: МГУЛ, 2002. – 126 с.

5 Павловский, Е. С. Устройство агролесомелиоративных насаждений / Е. С. Павловский. – М., 1973. – 126 с.

6 Агроэкономическая эффективность защитных лесных насаждений / В. М. Трибунская, Н. Ф. Костина, Л. Б. Щербакова, Н. В. Астафьев. – М.: Лес. пром-сть, 1974. – 112 с.

7 Ивонин, В. М. Агролесомелиорация водосборов: монография / В. М. Ивонин. – Новочеркасск, 1993. – 200 с.

УДК 631.67:633.11

А. П. Тищенко

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация

ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ МЕТОДУ

Целью исследований являлась разработка методики управления режимами орошения, позволяющей рационально расходовать поливную воду, энергоносители, способствующей сохранению, а возможно и повышению, плодородия почвы, а также поддержанию благоприятной мелиоративной обстановки на орошаемых землях Крыма. Методика разработана на основе результатов многолетних научных исследований по изучению процесса суммарного испарения с полей, занятых различными сельскохозяйственными культурами, и по определению водно-физических свойств нормально сложенных почв с глубоким и близким залеганием уровня грунтовых вод и маломощных карбонатных черноземов, подстилаемых известняково-щебнистыми отложениями.

Ключевые слова: режим орошения, суммарное испарение, поливная норма, дата полива, уровень грунтовых вод.

Дальнейшее развитие орошаемого земледелия требует постоянной тщательной и всесторонней оценки природных условий, в первую очередь гидрологического режима, претерпевающего наиболее сильные изменения при мелиорации. Поэтому отставание во внедрении научно обоснованных методов регулирования водного режима почв или задержка их внедрения будут наносить все более ощутимый вред сельскому хозяйству.

Важнейшим резервом рационального использования оросительной воды является оперативное управление режимами орошения, при котором влагозапасы в корнеоби-таемом слое почвы находятся в оптимальных пределах, т. е. в интервале от наименьшей влагоемкости (НВ) до влажности разрыва капилляров (ВРК) [1]. При этом формирова-

ние урожая не зависит от суммарного испарения, а применение удобрений наиболее эффективно.

Разработкой рациональных режимов орошения занимались многие ученые: С. М. Алпатыев, А. Р. Константинов, В. А. Писаренко, В. А. Ушкаренко, С. И. Харченко и др.

При возделывании сельскохозяйственных культур на орошаемых землях зависимость между урожаем и оросительной нормой непропорциональна. Прибавка урожая по мере увеличения оросительной нормы до определенного предела возрастает, а затем снижается и приближается к нулю. Это свидетельствует о том, что доля участия каждого из поливов в формировании урожая неодинакова, т. е. при избыточной подаче воды последняя, ухудшая условия аэрации и способствуя развитию процессов вторичного засоления и заболачивания, отрицательно влияет на формирование урожая, приводя к его снижению. Поэтому при правильном управлении режимами орошения есть возможность уменьшить затраты поливной воды и получить при этом экономически выгодную сельскохозяйственную продукцию.

В Крыму главным фактором, влияющим на формирование урожая, является влагообеспеченность. Это объясняется тем, что величины суммарного испарения почти в 2,4 раза превышают количество выпадающих осадков. Если величина суммарного испарения с орошаемого поля при оптимальном увлажнении достигает в год 1050–1100 мм, то сумма осадков в среднем за год составляет в центральной части 450 мм, и из них в вегетационный период выпадает 250 мм. Поэтому для получения высокого и гарантированного урожая сельскохозяйственных культур разницу между суммарным испарением и осадками необходимо компенсировать с помощью поливов. Таким образом, в Крыму гарантированный проектный урожай можно получить только на орошаемых землях.

До недавнего времени смысл управления режимами орошения сводился к тому, что после расходования определенного объема почвенной влаги на суммарное испарение, обычно равного поливной норме, назначается очередной срок полива. Однако во время вегетации часто возникают такие природные явления, когда даже при достаточных влагозапасах в почве возникает ситуация, которая может привести к частичной, а иногда и полной потере урожая. К таким явлениям относятся термодиффузия, суховей, воздушная засуха. Несмотря на различную природу указанных явлений, борются с ними одинаково – с помощью полива относительно небольшой нормой 250–300 м³/га. Никакими другими агротехническими мероприятиями бороться с ними невозможно.

Режим орошения обеспечивает оптимизацию ростовых и продукционных процессов растений, регулирование водного, солевого, питательного и теплового режимов растений и почвы, что способствует сохранению и повышению плодородия почвы.

В условиях Степного Крыма оперативное управление режимами орошения можно осуществлять на основе инструментального метода, который базируется на непосредственных измерениях суточных величин элементов водного баланса, входящих в расчет режима орошения. Такой подход наиболее полно учитывает особенности погодных условий не только по отдельным периодам, но и в течение суток. В расчет режима орошения входят осадки, поливы (приходная часть водного баланса поля) и суммарное испарение (расходная часть). Кроме того, при близком залегании грунтовых вод измеряется глубина залегания их уровня. При этом осадки измеряются осадкомерами (один прибор на 500–600 га), поливы – водомерами или по заданной гидротехником поливной норме на каждое орошаемое поле, а величины суммарного испарения – гидравлическими почвенными балансомерами (ГПБ), представляющими собой крупногабаритные модельные установки, в которых используется принцип гидростатического взвешивания. Подробнее конструкция приборов описана в монографии автора 2003 г. [2]. ГПБ размещаются стационарно на сельскохозяйственных полях.

Исследованиями установлено, что величины суммарного испарения, измеренные балансомерами, могут быть использованы при управлении режимами орошения в радиусе до 100 км от места установки приборов при близком и глубоком залегании уровней грунтовых вод.

Поливная норма – это количество воды, поданное на поле за один полив, которое аккумулируется в расчетном слое почвы и расходуется растениями на суммарное испарение [3].

Сложность управления режимами орошения в Крыму заключается в том, что на относительно небольшой территории встречаются полнопрофильные нормально сложенные почвы с глубоким и близким залеганием грунтовых вод, а также маломощные карбонатные черноземы с различной глубиной залегания известняково-щебнистых отложений различных структур и плотности. Поэтому в каждом конкретном случае режим орошения имеет свои существенные особенности [2, 4].

Поливы должны проводиться в нужные сроки и в объемах, необходимых для обеспечения растений влагой в период вегетации, исключая при этом сброс и фильтрацию поливной воды в нижележащие горизонты почвы и грунтовые воды.

Для расчета поливной нормы необходимо знать водоудерживающие характеристики почвы, а именно: наименьшую влагоемкость (НВ), влажность разрыва капилляров (ВРК) и влажность завядания (ВЗ), которые для различной мощности расчетного слоя почвы вычисляются по формулам, выведенным на основании экспериментальных исследований.

НВ почвы – это количество влаги, прочно удерживаемое капиллярными силами почвы после стекания гравитационной воды. Этот показатель характеризует собой верхний предел содержания влаги в почве, до которого доводятся влагозапасы после полива. НВ вычисляется по экспериментальной формуле, м³/га:

$$НВ = 3300 \cdot a,$$

где a – расчетный слой почвы, м.

ВРК характеризует нижний предел содержания легкодоступных (активных) влагозапасов, является границей, ниже которой начинается ухудшение условий водоснабжения растений. Для почв Крыма ВРК имеет величину 71 % от НВ. При достижении ВРК необходимо начинать полив. Величина ВРК для различной мощности почвенного слоя вычисляется по экспериментальной формуле, м³/га:

$$ВРК = 2350 \cdot a. \quad (1)$$

ВЗ, т. е. влагозапасы, по достижении которых растения увядают от недостатка влаги, рассчитывается по формуле, м³/га:

$$ВЗ = 1450 \cdot a.$$

Активные влагозапасы представляют собой разность между НВ и ВРК и рассчитываются по формуле, м³/га:

$$АВ = НВ - ВРК = 950 \cdot a.$$

Продуктивные влагозапасы представляют собой разность между НВ и ВЗ и характеризуют собой количество почвенной влаги, которое в состоянии потребить растение из почвы до наступления завядания. Рассчитываются по формуле, м³/га:

$$ПрВ = НВ - ВЗ = 1850 \cdot a.$$

Условное деление почв на мощные и маломощные определяется слоем почвы, перекрывающим известняково-щебнистые отложения. Мощными считаются почвы, имеющие этот слой 0,8 м и более, а маломощными, соответственно, менее 0,8 м.

Почвы с близким или глубоким уровнем грунтовых вод определяются глубиной их залегания 2,5 м (менее – близкое залегание, более – глубокое).

Расчет поливных норм для нормально сложенных полнопрофильных почв при глубоком (глубже 2,5 м) залегании грунтовых вод.

На основании исследований водоудерживающей способности почвы и водосбере-

гающих режимов орошения установлено, что на нормально сложенных почвах с глубоким (глубже 2,5 м) уровнем залегания грунтовых вод при используемых типах дождевальных машин для исключения потерь поливной воды на очаговую фильтрацию за пределы досягаемости корневой системы поливная норма не должна превышать 500 м³/га, м³/га:

$$m = 950 \cdot a.$$

Норма влагозарядкового полива, целью которого является обеспечение влагой озимых культур в межполивной осенне-зимний период, рассчитывается по формуле, м³/га:

$$M_{\text{влз}} = 2000 - B_{0,7}, \quad (2)$$

где $B_{0,7}$ – общие влагозапасы в слое 0,7 м, определяемые термостатно-весовым методом, перед проведением влагозарядкового полива.

При рациональных режимах орошения переменное увлажнение почвы в диапазоне от НВ до ВРК удерживается в слое почвы 0,55–0,60 м. В более глубокие слои почвы влага попадает в небольших количествах за счет капиллярного растекания, а также за счет наложения обильных осадков на полив. Таким образом, слой почвы, расположенный ниже 0,6 м, является резервной емкостью для случайного избыточного увлажнения. Влага, попавшая в почвенный слой 0,6–1,2 м, будет потреблена растениями. Если же доводить до НВ метровый слой почвы, то в этом случае будет оставаться большой (450 м³/га) объем резервной активной влаги, которая при обильных осадках переместится в более глубокие, недоступные для растений слои почвы и в конечном счете будет для них безвозвратно потеряна.

Поливные нормы для маломощных почв, подстилаемых известняково-щебнистыми отложениями [4, 5].

Поливная норма вегетационных поливов рассчитывается по формуле, м³/га:

$$m = 950 \cdot a - 100,$$

где a – расчетный слой почвы, подлежащий увлажнению, м:

$$a = A - 0,15,$$

где A – общий перекрывающий известняково-щебнистые отложения слой почвы, м.

Норма осеннего влагозарядкового полива рассчитывается по формуле (2).

Необходимо отметить, что на почвах с глубиной залегания известняка менее 0,8 м (отсюда и деление на мощные и маломощные) нельзя размещать озимые культуры, так как указанная мощность почвенного слоя является минимальной для аккумуляции воды, необходимой для нормальной перезимовки растений и выхода к началу вегетативных поливов весной.

На маломощных почвах поливы должны производиться дождевальными машинами, работающими только в движении («Фрегат» – на одной позиции), интенсивность дождя не должна превышать 1,3 мм/мин, в противном случае часть воды уйдет на очаговую фильтрацию в известняково-щебнистые отложения.

Нельзя допускать смыкания почвенной влаги с известняком, так как последний, обладая большей по сравнению с перекрывающей почвой всасывающей способностью, забирает влагу из почвы намного интенсивнее, чем растения, а это ведет к потерям поливной воды, которая в данном случае безвозвратно теряется в известняке, а не работает на урожай.

Поливные нормы для почв с близким (менее 2,5 м) залеганием уровня грунтовых вод.

На основании многолетних исследований установлено, что при глубине залегания 2,5 м и ниже грунтовые воды не оказывают существенного влияния на процессы, происходящие в корнеобитаемом слое почвы. Если грунтовые воды находятся ближе 2,5 м к поверхности поля, они активно воздействуют на водный режим корнеобитаемого слоя почвы, и неправильное управление режимами орошения в этом случае приводит к возникновению процессов вторичного засоления и заболачивания, что в конечном счете вы-

водит орошаемые поля из сельскохозяйственного оборота на длительное время.

Поливная норма для вегетационных поливов рассчитывается по формуле, м³/га:

$$m = 250 \cdot (H - 0,5),$$

где H – глубина грунтовых вод в день полива, м.

Норма влагозарядкового полива рассчитывается по формуле, м³/га:

$$M_{\text{влз}} = \text{НВ}_a - \text{В}_a,$$

где НВ_a – НВ в слое почвы a , м³/га;

В_a – общие влагозапасы в слое почвы a , измеренные термостатно-весовым методом непосредственно перед поливом, м³/га.

При этом a определяется по формуле, м:

$$a = 0,4 \cdot (H - 0,5) - 0,2,$$

где H – уровень грунтовых вод на поле перед поливом в день определения влагозапасов.

При поливе дождевальными машинами с водозабором от временных оросителей (ДДА-100МА и др.) поливная норма нетто m равняется разности между объемом воды, прошедшим через начало оросителя (гидрант), и фильтрационными потерями во временном оросителе. Для почв Крыма эти потери составляют 20 м³/ч на 1 км длины временного оросителя и являются безвозвратно потерянными для данного поля (А. П. Тищенко, 1999).

Назначение очередного срока полива осуществляется для каждого поля в отдельности. При этом измерение элементов водного баланса, входящих в расчет режима орошения (осадков, поливов, суммарного испарения), расчетного (корнеобитаемого) слоя почвы проводится ежедневно, что позволяет вычислить на конец текущего дня остаток активных влагозапасов на каждом поле. Изменение влагозапасов при рациональном режиме орошения находится в пределах поливной нормы, в расчетном слое почвы нижним пределом увлажнения является ВРК. После снижения влагозапасов до этой величины необходимо провести полив.

В количественном выражении ВРК соответствует 71 % НВ, или 2350 м³/га общих влагозапасов в метровом слое почвы. При этом, как указывалось выше, поливная норма не должна превышать 500 м³/га. После полива указанной нормой общие влагозапасы в метровом слое почвы составят: 2350 + 500 = 2850 м³/га. При этом до НВ увлажнится не вся метровая толща, а только верхний (0,55 м) слой почвы, нижележащий же слой останется увлажненным до уровня ВРК, т. е. увлажнение останется на том же уровне, что и до полива. Речь идет о слое почвы 0,55–1,00 м. В нем образуется почвенная емкость, в которой может аккумулироваться 430 м³/га. В случае наложения на полив значительных по величине осадков они будут аккумулироваться в этом слое почвы, предотвращая таким образом потери влаги за пределы метрового слоя почвы, что в конечном счете предупредит потери поливной воды, а с ней и питательных веществ на фильтрацию за пределы корнеобитаемого слоя почвы.

В основе назначения очередного срока полива орошаемого поля лежит уравнение водного баланса расчетного слоя почвы, м³/га:

$$\text{АВ}_{\text{исх}} + M + X = E + \text{АВ},$$

где $\text{АВ}_{\text{исх}}$ – исходные активные влагозапасы, определенные термостатно-весовым методом;

M – поливная норма нетто;

X – осадки;

E – суммарное испарение;

АВ – остаток активных влагозапасов на конец текущего дня.

После расходования активных влагозапасов АВ на суммарное испарение E наступит дата очередного полива. Расчет выполняется в расчетной ведомости (таблица 1).

Для того чтобы ввести данное поле в управляемый режим орошения, необходимо

термостатно-весовым методом определить исходные общие влагозапасы $V_{исх}$ до глубины 1,0 м, из которых затем вычесть влагозапасы ВРК, рассчитанные по формуле (1). Полученная разность представляет собой исходные активные влагозапасы $AB_{исх}$, которые будут являться начальной величиной для оперативных расчетов.

Таблица 1 – Учетная ведомость элементов водного баланса орошаемого поля

Дата	Приход, м ³ /га		Расход, м ³ /га		Остаток активных влагозапасов на конец текущего дня $AB = AB_{исх} + M + X - E$, м ³ /га	Примечание
	Поливы M	Осадки X	Суммарное испарение E			
10.06					125	
11.06			35		90	
12.06		180	35		235	
13.06			45		190	
14.06		10	10		190	«Полив» (отменен)
15.06			25		165	
16.06		30	35		160	
17.06		10	35		135	
18.06			25		110	
19.06		10	20		100	
20.06		5	30		75	
21.06			30		45	
22.06			25		20	
23.06	575		25		570	«Полив»
24.06			35		535	
25.06			45		490	
26.06			45		445	
27.06			35		410	
28.06			30		380	
29.06			35		345	
30.06			45		300	
01.07		10	30		280	
02.07			60		220	
03.07			50		170	
04.07						
05.07						
06.07						«Полив»

Например (таблица 1), поле решили ввести в управляемый режим орошения с 10 июня. Исходные общие влагозапасы $V_{исх}$, определенные 10 июня в метровом слое термостатно-весовым методом, составили 2475 м³/га. По формуле (1) ВРК для метрового слоя почвы равняется 2350 м³/га. Следовательно, исходные активные влагозапасы $AB_{исх}$ составят $2475 - 2350 = 125$ м³/га. Эти 125 м³/га заносятся в учетную ведомость данного поля как исходная величина в графу 5. После расходования этих 125 м³/га на суммарное испарение при отсутствии осадков наступит срок полива. Дальнейшие расчеты режима орошения понятны из таблицы 1.

Прогноз даты очередного полива выдается на три дня по тенденции хода суммарного испарения за три прошедших дня. Например (таблица 1), на поле, занятом кукурузой на зерно, остаток активных влагозапасов на конец 3 июля составил 170 м³/га. Интенсивность суммарного испарения с 1 по 3 июля составила в среднем за сутки 50 м³/га. Разделив 170 на 50, получаем, что через три дня, т. е. 6 июля, необходимо на-

чинать полив. Таким образом, 6 июля будет датой прогноза полива. Дата прогноза отмечается в учетной ведомости в графе 6 словом «полив».

Выпавшие осадки отодвигают очередной полив на более позднюю дату. Например (таблица 1), 11 июня был дан прогноз полива на 14 июня, но осадки, выпавшие 12 июня и в последующие дни, отодвинули полив с 14 на 23 июня. Сдвигка в очередном поливе целесообразна в том случае, если создалась напряженная обстановка в режимах орошения. Например, поливы озимой пшеницы еще не закончены, а время поливов кукурузы уже подошло. В данном случае за счет осадков необходимо произвести сдвигку в поливах кукурузы на более позднюю дату и закончить поливы озимой пшеницы.

Первый весенний вегетационный полив необходимо начинать при наличии в почве 120–200 м³/га активных влагозапасов. Если первые поливы начинать при нуле активных влагозапасов, то окажется, что все поля к поливу подойдут практически одновременно. Поэтому в поливной режим сельскохозяйственные поля надо вводить постепенно, в соответствии с наличием дождевальных машин и воды в каналах.

Выводы

1 Управление режимами орошения на орошаемых землях Крыма необходимо осуществлять на основе измеренных величин водного баланса орошаемого поля в суточных интервалах. Для этой цели лучше всего подходит инструментальный метод.

2 При определении величин поливных норм необходимо учитывать особенности почвенно-климатических условий (водно-физические свойства почвы, уровень залегания грунтовых вод, глубину залегания известняково-щебнистых отложений), чтобы избежать негативных последствий влияния орошения на мелиоративное состояние поливных земель.

Список использованных источников

1 Астапов, С. В. Мелиоративное почвоведение (практикум) / С. В. Астапов. – М.: Сельхозгиз, 1958. – 335 с.

2 Тищенко, А. П. Управление режимами орошения сельскохозяйственных культур по инструментальному методу: монография / А. П. Тищенко. – Симферополь: Таврия, 2003. – 240 с.

3 Горюнов, Н. С. Орошение сельскохозяйственных культур и мелиорация засоленных почв / Н. С. Горюнов. – Алма-Ата: Кайнар, 1970. – 104 с.

4 Тищенко, А. П. Расчет поливных норм на орошаемых землях Крыма: информ. листок / А. П. Тищенко. – Симферополь: Крымский РЦНТЭИ, 1999. – 4 с.

5 Тищенко, А. П. Управление режимами орошения озимой пшеницы и кукурузы, обеспечивающее высокую продуктивность культур и стабилизацию экологической обстановки на маломощных карбонатных черноземах: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Тищенко Александр Павлович. – Херсон, 1990. – 25 с.

УДК 631.6:631.5:633.18

Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РИСОВОДЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье приведен анализ современного состояния рисоводческой отрасли в Ростовской области. Представлено описание фактического состояния Пролетарской оросительной системы, как наиболее крупного массива рисосеяния. Приведены данные о хозяйствах, занимающихся выращиванием риса, об урожайности, а также

новых сортах риса. Отмечено, что, несмотря на высокие показатели урожайности, производство риса на Дону является низкоэффективным вследствие высоких затрат воды, складывающихся из завышенных поливных норм и потерь на транспортировку из-за низкого технического уровня рисовых оросительных систем, что влечет за собой ухудшение мелиоративного состояния земель.

Ключевые слова: рис, урожайность, Донской магистральный канал, Пролетарская оросительная система, оросительная норма.

Рис является одной из самых эффективных и самых важных мировых продовольственных культур. Годовой объем мирового импорта и экспорта риса составляет примерно 13,5 млн т, а это, в свою очередь, 4 % от всего урожая на Земле. Основные экспортеры риса – это Южная Америка и Азия. Главный импортер – Европа.

Рис выращивается и в нашей стране. Более того, он обеспечивает порядка 80 % выручки крупных аграрных компаний, так как занимает ведущее место по объемам продаж из всей бакалейной продукции [1].

В России рис выращивают преимущественно в Южном федеральном округе (ЮФО). Валовые сборы в ЮФО в 2013 г. составили 834,9 тыс. т, или 90,2 % всего производства российского риса.

Первое место по валовым сборам риса занимает Краснодарский край, где в 2013 г. было собрано 727,5 тыс. т, это 78,6 % от общероссийского производства. Ростовская область является вторым по величине регионом по выращиванию рисовой культуры (62,7 тыс. т, или 6,8 % от общих сборов по РФ [2]). Площадь рисовых оросительных систем здесь составляет 44,3 тыс. га.

Ретроспективный анализ возделывания риса за периоды 1981–1985 и 1985–1990 гг. на Нижнем Дону и в Пролетарском массиве свидетельствует о высокой его экономической эффективности. За указанный период рис возделывался в области на площади 24,5 тыс. га. Среднегодовой валовый сбор риса при этом составлял в 1981–1985 гг. 83,4 тыс. т, в 1985–1990 гг. – 89,7 тыс. т при средней урожайности 35 ц/га. В ОПХ «Пролетарское» наблюдалась самая высокая урожайность, в 1981–1985 гг. она составляла 53,3 ц/га, что на 10 ц/га выше плановой.

Рисоводство в области в эти годы имело высокую рентабельность (60–70 %), и его целесообразность не вызывала сомнений.

Сейчас Ростовская область утратила лидирующее положение в производстве зерна риса. За период 2000–2004 гг. посевные площади риса в Ростовской области продолжали снижаться с 13,0 до 8,7 тыс. га, но следует отметить, что с 2005 г. наблюдается устойчивая тенденция к увеличению посевных площадей (до 13–15 тыс. га). Валовый сбор зерна за этот период увеличился с 44,5 до 65,1 тыс. т [3].

Экономическая эффективность производства риса особенно показательна на засоленных почвах. Более половины земель, отводимых в Ростовской области под рисовые севообороты, в той или иной степени засолены, заболочены. Возделываемые на них сельскохозяйственные культуры малопродуктивны. Однако применяя передовые способы возделывания на высоком агротехническом фоне и на этих землях в условиях современных рисовых систем можно ежегодно получать большие урожаи риса. Кроме того, через культуру риса могут быть освоены (мелиорированы) десятки и сотни тысяч гектаров, которые дадут стране дополнительный урожай других сельскохозяйственных культур [4].

В настоящее время в области имеется два основных массива рисосеяния, которые располагаются в пойме реки Маныч, на бывшем морском дне. Здесь при глубине залегания грунтовых вод 1–1,5 м минерализация на большей части площадей составляет 5–7 г/л, а местами доходит до 14 г/л [5]. Один из них – Манычский, расположенный на правом и левом берегах озера Маныч (между г. Пролетарском и станицей Багаевской), общей площадью 10,17 тыс. га. Второй разместился в пойме Дона, посеvy под рисом

в этом массиве составляют 3,8 тыс. га. Здесь, на засоленных землях, рис выращивается при постоянном затоплении [3].

Рис – наиболее водоемкая и водозатратная из всех возделываемых культур, и проблема нерационального водопользования является одной из ведущих в этой отрасли.

Орошение риса при постоянном затоплении должно быть основано на четкой и правильной организации водопользования, куда входят операции по забору воды из источника орошения, по ее доставке и распределению между хозяйствами и внутри хозяйства, а также поддержание оптимального водного режима риса и других сельскохозяйственных культур в течение всего оросительного периода.

Нерациональный расход оросительной воды сверх потребности приводит к перегрузке сбросной сети, к заболачиванию и вторичному засолению земель, прилегающих к рисовому массиву, и почв в суходольном клине рисового севооборота [4].

На территории Ростовской области самой водоемкой и водозатратной является Пролетарская рисовая оросительная система, которая строилась на засоленных землях правобережья р. Маныч с 1957 по 1972 г. и считается первой инженерной рисовой системой в области (рисунок 1) [6].



Рисунок 1 – Схема Пролетарской рисовой оросительной системы

Главной водной артерией данной системы является Пролетарский канал, который в свою очередь получает воду из Донского магистрального канала. В настоящее время состояние данного канала вызывает серьезные вопросы. Некоторые водовыделы не функционируют в связи с утратой работоспособности, облицованные участки канала подверглись разрушению, а участки в земляном русле – размыву и зарастанию (рисунок 2). На магистральном канале производятся только визуальные наблюдения за уровнем воды, а современные средства измерений не используются.

Утвержденные нормы водопотребления при выращивании риса отсутствуют, поэтому при расчетах подачи воды Пролетарским филиалом хозяйствам-водопользователям Мартыновского и Пролетарского районов использовались данные, представленные в методике возделывания риса «Северный рис» З. Ф. Туляковой.

Расход воды на выращивание риса довольно сильно колеблется в пойме Дона и Пролетарском массиве в зависимости от типа почвы. Средняя оросительная норма для Пролетарского массива составляет 22,0–23,5 тыс. м³/га [4].



а *б*
а – участок канала в земляном русле (ПК 1428 + 50);
б – участок канала, подвергшийся разрушению (ПК 1428 + 50)

**Рисунок 2 – Состояние русла Пролетарского канала
[авторы фото Т. С. Пономаренко (2, а), А. В. Бревева (2, б)]**

По данным, предоставленным Пролетарским филиалом, оросительная норма риса находится в пределах 24,4 тыс. м³/га, однако фактически достигает 40 тыс. м³/га, к тому же объем, который необходим для подпитки и рассоления водохранилищ, тоже используется для нужд орошения, так как хозяйства, находящиеся в концевой части канала, не получают необходимый объем воды.

Отсутствие современных средств водоучета, как и утвержденных поливных норм, приводит к перерасходу воды, переполнению водоотводной сети и в некоторых случаях к ухудшению мелиоративного состояния системы и прилегающих неорошаемых земель и, как следствие, дефициту воды в Донском магистральном канале.

Несмотря на это, Пролетарская рисовая оросительная система является самой большой по площади и урожайности в области.

В Пролетарском массиве имеется восемь рисоющих хозяйств: СПК «Цимлянский», СПК «Луч», ООО «Буденновский», ОПХ «Пролетарское», ООО «Аргамак», ООО «Энергия», ООО «Приманьчешский» и ООО «МерАл» (рисунок 3) [3].

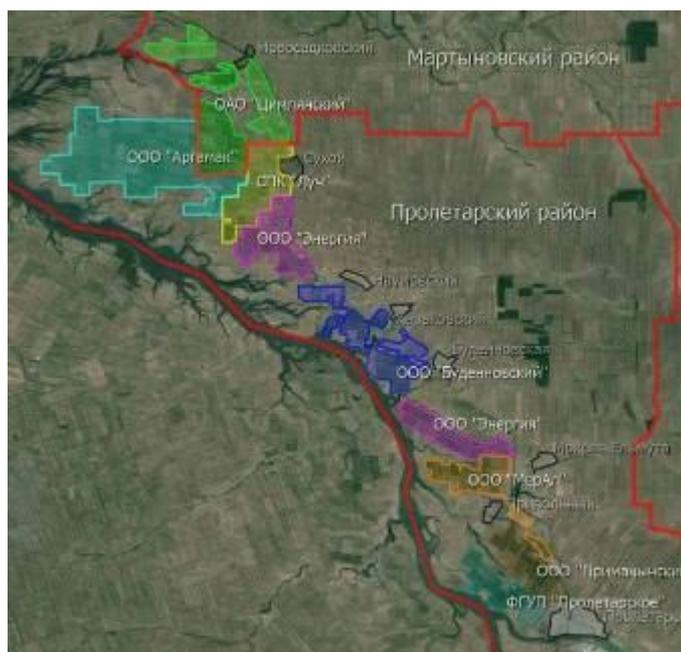


Рисунок 3 – Схема расположения хозяйств

На рисунке 4 представлены фактические площади посева риса по каждому из вышеперечисленных хозяйств.

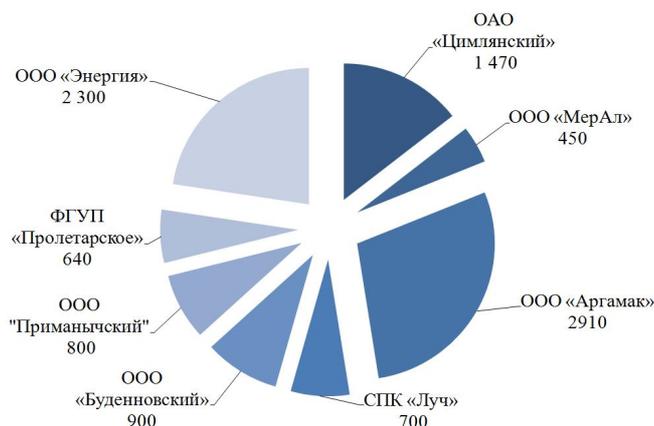


Рисунок 4 – Фактические площади посева риса по хозяйствам на территории Пролетарской оросительной системы (данные 2014 г.), тыс. га

Пролетарский район в 2011 г. вошел в состав 30 районов – лидеров ЮФО по валовому намолоту зерна и по-прежнему является крупнейшим производителем риса в Ростовской области. Доля объема риса, произведенного рисоводами Пролетарского района, в общем урожае области составляет 65 % [7]. Производственные данные об урожайности риса в районе представлены на рисунке 5.

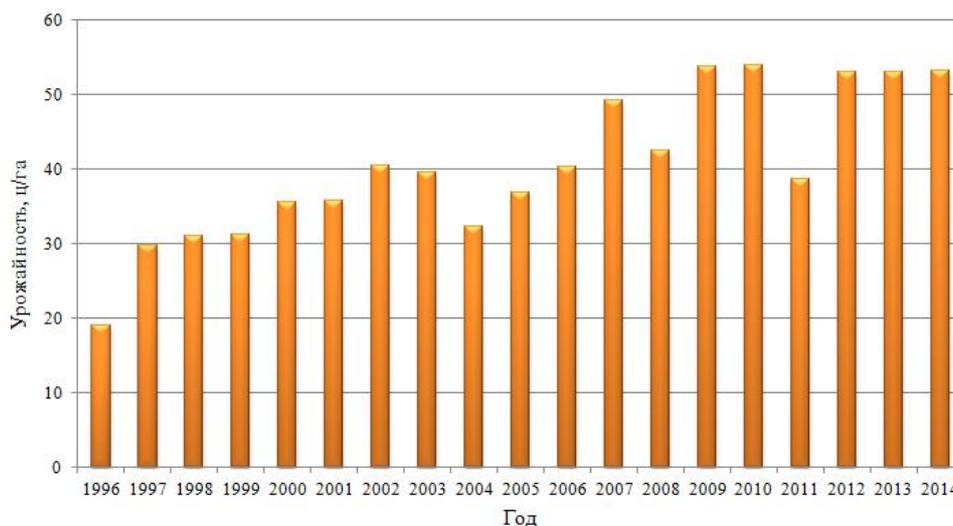


Рисунок 5 – Производственные данные об урожайности риса в Пролетарском районе

В последние годы в области районированы следующие сорта риса: Раздольный, Боярин, Златый, Контакт, Привольный, Стрелец, Приманычский, которые обладают достаточно высоким потенциалом продуктивности и устойчивостью к полеганию (таблица 1) [8].

Так как посевы риса в Ростовской области расположены на засоленных, слабодренированных землях, получить максимальный урожай риса можно с использованием скороспелых и солеустойчивых сортов.

В настоящее время выведены и проходят конкурсное испытание новые скороспелые сорта Вираз, Светлый и Дончак. Сорта показывают отличное качество крупы, отличаются устойчивостью к полеганию и осыпанию, сравнительно холодостойкие (таблица 2) [3].

Таблица 1 – Характеристики сортов риса Ростовской области

Признак	Сорт						
	Раздольный	Боярин	Златый	Контакт	Привольный	Стрелец	Приманьческий
Урожайность, т/га	6,77	7,53	6,53	6,16	6,56	5,0–5,5	5,99
Период вегетации, дней	118–120	117–120	120	104–106	120	125	107–110

Таблица 2 – Характеристики новых сортов риса в Пролетарском массиве

Признак	Сорт		
	Вираж	Светлый	Дончак
Урожайность, т/га	5,63	6,34	6,04
Период вегетации, дней	105	107	105

Анализируя современное состояние отрасли рисоводства на Дону, можно отметить, что, несмотря на высокие показатели урожайности, производство риса является низкоэффективным вследствие высоких затрат воды, складывающихся из завышенных поливных норм и потерь на транспортировку из-за низкого технического уровня рисовых оросительных систем, что влечет за собой ухудшение мелиоративного состояния земель.

Список использованных источников

1 Свой бизнес: выращивание и продажа риса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://openbusiness.ru/biz/business/svoy-biznes-vyrashchivanie-i-prodazha-risa>, 2015.

2 Российский рынок риса в 1990–2013 гг., в январе 2014 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ab-centre.ru/articles/rossiyskiy-rynok-risa-proizvodstvo-risa-v-rossii-import-risa-v-rossiyu-eksport-risa-iz-rossii-ceny-na-ris-v-rossii>, 2014.

3 Особенности агротехники возделывания риса в Ростовской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/52.pdf>, 2015.

4 Тулякова, З. Ф. Рис на Северном Кавказе / З. Ф. Тулякова. – Ростов н/Д.: Рост. кн. изд-во, 1973. – 116 с.

5 Борешевская, О. А. Восстановление плодородия почв при мелиорации засоленных почв на рисовых оросительных системах Ростовской области / О. А. Борешевская // *Зерновое хозяйство России*. – 2011. – № 2. – С. 49.

6 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. В 2 ч. Ч. 1 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 283 с.

7 Пролетарский район – крупнейший производитель риса в Ростовской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://donbiz.ru/archive/articles/2638.html>, 2011.

8 Костылев, П. И. Агротехнологические паспорта донских сортов риса / П. И. Костылев, В. И. Степовой. – Ростов н/Д.: Книга, 2010. – 82 с.

УДК 631.674:635.646

С. Г. Балакай

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ СТРУЙНОГО ВНУТРИПОЧВЕННОГО ПОЛИВА СЕМЯН ПРИ ПОСЕВЕ НА РОСТ И УРОЖАЙНОСТЬ БАКЛАЖАНОВ

Целью исследований является изучение влияния внутрисочвенного струйного полива семян баклажанов при посеве на рост и развитие растений и формирование

урожайности. В соответствии со схемой опыта семена баклажанов (сорта Алмаз) высевались на глубину 2–3 и 4–5 см и подавался расчетный объем воды для смачивания контура почвы вокруг семян радиусом от 1 до 4 см. Исследования изменения размеров контуров увлажнения вокруг семян сразу после посева и через 1 сут показали, что увлажненный контур почвы через сутки после посева расширяется в стороны на 1–2 см и в большей степени вниз на 3–5 см в зависимости от объемной массы (рыхлости) почвы под семенами. При струйном поливе всходы получены раньше на 6–11 сут, чем без полива, сроки созревания и уборки урожая наступили раньше на 4–10 сут, продолжительность периода сбора плодов увеличилась на 5–7 сут, что обеспечило и более высокую урожайность. Более высокая урожайность (4,11 и 4,17 кг/м²) наблюдалась в вариантах с радиусом контура увлажнения 2–3 см и глубиной посева семян как 2–3 см, так и 4–5 см.

Ключевые слова: внутрпочвенный полив, режим орошения, урожайность, почва, струйный полив, семена, семенное ложе, устройство.

Введение. В настоящее время в достаточной мере разработаны режимы орошения и способы полива большинства сельскохозяйственных культур, подобрана дождевальная и другая техника, системы капельного орошения, отработаны технологии орошения. Однако все эти мероприятия невозможно проводить при отсутствии поливной воды в оросительных каналах в весенний период. При этом, как показывает производственный опыт возделывания овощных культур посевом семян в грунт, оптимальные сроки посева семян на орошаемых полях и сроки подачи оросительной воды в инженерные оросительные сети не совпадают.

В условиях Ростовской области оптимальные сроки посева баклажанов семенами в грунт приходятся на вторую декаду апреля, а воду в оросительную сеть Донского магистрального канала начинают подавать в первой декаде мая. В случае отсутствия осадков невозможно получить полноценные всходы, так как отсутствует влага в верхнем слое почвы 0–5 см, и невозможно провести предпосевные и довсходовые увлажнительные поливы в связи с отсутствием оросительной воды в каналах.

Такие условия создаются каждые два-три года из пяти. Поэтому сельхозтоваропроизводителям приходится изыскивать возможность забора воды для орошения из других водных источников (местного стока, если он имеется), или сдвигать сроки посева на две-три недели, или рисковать и сеять семена в надежде на будущие дожди [1].

В связи с этим актуальной становится разработка ресурсо- и энергосберегающих способов и режимов орошения сельскохозяйственных культур, позволяющих получать дружные всходы, особенно мелкосеменных овощных культур, в весенний период. Нами разработано устройство для внутрпочвенного струйного полива семян одновременно с посевом [2]. Создаваемый устройством контур увлажнения вокруг семян обеспечивает получение дружных всходов без проведения предпосевного влагозарядкового или довсходового полива. Схема и принцип работы устройства приведены в полученных патентах [3, 4].

Материалы и методы. Местоположение объекта – Ростовская область, Октябрьский район, Бирючукская опытная овощная селекционная станция ФГБНУ «ВНИИ овощеводства». Почвенный покров однороден и представлен лугово-черноземными почвами разного гранулометрического состава.

Исследования влияния объема поданной к высеванным семенам воды на полевую всхожесть баклажанов проводились в двухфакторном опыте по следующим вариантам:

- фактор А:

- а) вариант 1. Смачивание почвы вокруг семян расчетным радиусом 1 см;
- б) вариант 2. Смачивание почвы вокруг семян расчетным радиусом 2 см;
- в) вариант 3. Смачивание почвы вокруг семян расчетным радиусом 3 см;
- г) вариант 4. Смачивание почвы вокруг семян расчетным радиусом 4 см;

- фактор Б:

а) вариант 1. Глубина посева – 2–3 см;

б) вариант 2. Глубина посева – 4–5 см.

Основная и предпосевная подготовка почвы выполнялась в соответствии с зональными системами земледелия [5]. Предшественник – озимая пшеница. Осенью вносилась азофоска в дозе 300 кг/га, осуществлялась вспашка на 25–27 см. Ранней весной проводилось ранневесеннее боронование, культивация и выравнивание поверхности почвы. Предпосевная культивация производилась на глубину 5–6 см с одновременным боронованием.

Зональными системами земледелия рекомендованы сроки посева баклажанов семенами в грунт при прогревании почвы на глубине 0–10 см до 12–14 °С, такие условия создаются в начале третьей декады апреля. В опытах посев семян производился 22–23 апреля 2015 г. Весна 2015 г. оказалась влажной, осадки выпадали равномерно, и почва в слое 0–10 см имела высокую влажность (80–82 % НВ), поэтому для создания условий среднесухого года осуществлялось искусственное иссушение верхнего слоя почвы путем проведения дополнительной предпосевной культивации. Культивация одновременно способствовала и выравниванию поверхности почвы, что очень важно для равномерной заделки мелких семян овощных культур.

Во время посева влажность почвы в слое 0–10 см составила 68,5 % НВ. Такая влажность почвы не позволяет семенам набрать достаточного количества влаги для быстрого прорастания, поэтому требовался предпосевной полив или струйный внутрипочвенный полив одновременно с посевом.

Для моделирования струйного полива исполнителями использовалась однорядная ручная сеялка, оборудованная водопроводящей системой струйного полива. Устройство ручной сеялки позволяет устанавливать различную глубину посева за счет изменения глубины проникновения сошника в почву от 1–2 до 8–10 см. Объем подачи воды к семенам регулировался скоростью передвижения сеялки и расходом воды, подаваемой в трубопровод. Измерение влажности почвы на глубине посева семян позволяло рассчитать необходимый объем воды для смачивания почвы и создания увлажненного контура вокруг семян различного диаметра. Для каждого варианта опыта отладка расхода воды производилась отдельно в защитной зоне участка.

Размеры контура увлажнения (смачивания) почвы регулировали в зависимости от потребности культуры во влаге, продолжительности прорастания семян, наличия влаги в почве и прогноза метеоусловий на период получения всходов.

Внутрипочвенный струйный полив производился такой нормой и таким способом, чтобы влага не увлажняла самый верхний слой почвы и на поверхности не образовывалась почвенная корка, поэтому в каждом конкретном случае необходимо рассчитывать поливную норму и концентрацию веществ в растворе, если полив ведется раствором питательных веществ или пестицидов.

В соответствии со схемой опыта семена баклажанов высевались на глубину 2–3 и 4–5 см и подавался расчетный объем воды для смачивания почвы вокруг семян радиусом от 1 до 4 см.

В опытах высевались семена районированного сорта баклажанов Алмаз, который дает всходы на 10–15 день после посева [6].

Результаты и обсуждение. Исследования изменения размеров контуров увлажнения вокруг семян сразу после посева и через 1 сут показали, что увлажненный контур почвы через сутки после посева расширяется в стороны на 1–2 см и в большей степени вниз на 3–5 см в зависимости от объемной массы (рыхлости) почвы под семенами.

Фенологические наблюдения за всходами семян баклажанов в 2015 г. показали, что они взошли по сравнению с контрольным вариантом на 6–11 сут раньше. Более быстрые всходы, на шестые сутки, были получены при посеве семян на глубину как 2–3 см, так и 4–5 см и создании контура увлажнения радиусом 3–4 см (таблица 1).

Таблица 1 – Даты посева и получения всходов баклажанов при струйном поливе семян одновременно с посевом, 2015 г.

Глубина посева, см	Радиус контура увлажнения, см	Дата посева	Дата всходов	Дней от посева до получения полных всходов	Без струйного полива, $\pm\Delta$, сут
2–3	1	22.04	08.05	16	–6
	2	22.04	04.05	12	–10
	3	22.04	03.05	11	–11
	4	22.04	03.05	11	–11
4–5	1	22.04	07.05	15	–7
	2	22.04	05.05	13	–9
	3	22.04	03.05	11	–11
	4	22.04	03.05	11	–11
Без струйного полива	Без увлажнения (контроль)	22.04	14.05	22	0

При уменьшении контура увлажнения до 2 и 1 см всходы баклажанов были получены на 1 и 5 дней позже, видимо, из-за недостаточного запаса влаги в почве. В сравнении с вариантом без создания контура увлажнения фенологическая фаза полных всходов (взошло 75 % семян от нормы высева 100 тыс. всхожих семян на 1 га) наступает на 6–11 дней раньше при посеве на глубину 2–3 см и на 7–11 дней раньше при посеве на глубину 4–5 см. В сравнении с вариантом без создания контура увлажнения баклажаны на опытных участках с внутрпочвенным поливом вступают в фенологическую фазу полных всходов (взошло 75 % семян от нормы высева 100 тыс. всхожих семян на 1 га) на 6–9 дней раньше при посеве на глубину 2–3 см и на 4–7 дней раньше при посеве на глубину 4–5 см.

Аналогично изменялись и сроки наступления фаз бутонизации, цветения и технической спелости баклажанов (таблица 2).

Таблица 2 – Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений баклажанов, 2015 г.

Глубина посева, см	Радиус контура увлажнения, см	Дата наступления фенологической фазы						Продолжительность вегетации	
		посева	всходов	бутонизации	цветения	технической спелости			
						начало	конец	сут	$\pm\Delta$
2–3	1	22.04	08.05	27.05	16.06	10.08	07.10	152	+6
	2	22.04	04.05	23.05	12.06	09.08	07.10	156	+10
	3	22.04	03.05	23.05	12.06	07.08	07.10	157	+11
	4	22.04	03.04	22.05	11.06	07.08	07.10	157	+11
4–5	1	22.04	07.05	28.05	17.06	11.08	07.10	151	+7
	2	22.04	05.05	25.05	13.06	10.08	07.10	155	+9
	3	22.04	03.05	24.05	11.06	08.08	07.10	157	+11
	4	22.04	03.05	24.05	11.06	08.08	07.10	157	+11
Без струйного полива	Без увлажнения (контроль)	22.04	14.05	01.06	21.06	17.08	07.10	146	0

При глубине посева семян баклажанов 2–3 см и радиусе контура увлажнения 4–5 см все фенологические фазы наступали раньше на 6–9 сут по сравнению с другими

вариантами. Техническая спелость баклажанов также наступила раньше на 3–4 дня. Здесь и период созревания и начала уборки урожая увеличился на промежуток до 11 сут по сравнению с вариантом без струйного полива.

Ускорение сроков созревания позволило произвести большее количество сборов урожая (шесть против пяти на контроле) и получить более высокую урожайность баклажанов (на 1,7–16,8 %) (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность баклажанов (биологическая), 2015 г.

Глубина посева, см	Радиус контура увлажнения, см	Продолжительность периода сбора урожая, сут	Количество сборов, шт.	Суммарная урожайность, кг/м ²	Отклонение от контроля	
					$\pm\Delta$, кг/м ²	%
2–3	1	57	6	3,63	+0,06	1,7
	2	58	6	3,78	+0,21	5,9
	3	60	6	4,08	+0,51	14,3
	4	60	6	4,11	+0,54	15,1
4–5	1	56	6	3,87	+0,30	8,4
	2	57	6	3,98	+0,41	11,5
	3	59	6	4,17	+0,60	16,8
	4	59	6	4,07	+0,50	14,0
Без струйного полива	Без увлажнения (контроль)	51	5	3,57	0	0
НСР (AB), кг/м ²	-	-	-	0,21	-	-

Глубина посева не оказала существенного влияния на величину урожая. Увеличение же контура увлажнения с 1 до 4 см способствовало повышению урожайности на 14,3–16,8 %.

Таким образом, в вариантах с применением струйного полива всходы баклажанов были получены на 6–11 сут раньше, чем без полива, сроки созревания и уборки урожая наступили раньше на 4–10 сут, продолжительность периода сбора плодов увеличилась на 5–7 сут, что обеспечило и более высокую урожайность. Более высокая урожайность (4,11 и 4,17 кг/м²) наблюдалась в вариантах с радиусом контура увлажнения 2–3 см при глубине посева семян как 2–3 см, так и 4–5 см.

Выводы. Установлено, что при применении одновременно с посевом внутрипочвенного струйного полива семян баклажанов всходы были получены раньше на 6–11 сут, чем без полива, сроки созревания и уборки урожая наступили раньше на 4–10 сут, продолжительность периода сбора плодов увеличилась на 5–7 сут, это обеспечило и более высокую урожайность. Более высокая урожайность (4,11 и 4,17 кг/м²) наблюдалась в вариантах с радиусом контура увлажнения 2–3 см и глубиной посева семян как 2–3 см, так и 4–5 см.

Список использованных источников

1 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: монография / В. Н. Щедрин [и др.]; под общ. ред. В. Н. Щедрина. – М.: Мелиоводинформ, 2009. – 342 с.

2 Устройство и технология внутрипочвенного полива высеваемых семян [Электронный ресурс] / Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай, А. Н. Бабичев, С. Г. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2011. – № 3(03). – 11 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=37&id=47>.

3 Пат. 2483516 Российская Федерация, МПК А 01 С 7/20. Устройство для внутрипочвенного полива семян при посеве / Балакай Г. Т., Балакай Н. И., Балакай С. Г., Бабичев А. Н.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2012106788/13; заявл. 24.02.12; опубл. 10.06.12, Бюл. № 16. – 6 с.

4 Пат. 2302094 Российская Федерация, МПК А 01 В 49/06, А 01 С 5/08. Устройство для посева семян / Балакай Г. Т., Калашников В. И., Балакай А. Г.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2005116429/12; заявл. 30.05.05; опубл. 10.07.07, Бюл. № 19. – 6 с.

5 Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы: в 3 ч. – Ростов н/Д.: Дон. издат. дом, 2013.

6 Технология посева овощных культур с одновременным поливом / Г. Т. Балакай, А. Н. Бабичев, Н. И. Балакай, С. Г. Балакай // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-техн. конф., г. Минск, 16–17 октября 2013 г. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2014. – Т. 1. – С. 150–154.

УДК 631.6:631.445.53

Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, Г. И. Табала

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЛОНЦОВ ЧЕРНОЗЕМНЫХ

Цель исследования – изучить влияние комплекса агромелиоративных приемов (химической мелиорации, внесения навоза и мелиоративной вспашки) на физические свойства солонцов черноземных. Исследования проводились в Ростовской области на двух фонах: фон 1 – мелиоративная вспашка трехъярусным плугом (ПТН-3-40); фон 2 – мелиоративная вспашка плужно-фрезерным орудием (ПТН-2-40Ф). Результаты исследований показали, что коренное улучшение физических свойств исследуемых солонцов возможно только при комплексном применении мелиоративных приемов: механическом воздействии путем глубокой мелиоративной обработки и химической мелиорации с использованием фосфогипса в дозе не менее 10 т/га. При этом достигается долговременное значительное улучшение физических показателей корнеобитаемого слоя: плотность почвы снижается до уровня свежеспаханной (1,15–1,16 т/м³), коэффициент дисперсности сокращается более чем в 2 раза, свидетельствуя о глубоких качественных изменениях в структуре солонца.

Ключевые слова: солонцы черноземные, химическая мелиорация, фосфогипс, навоз, мелиоративная вспашка, плотность сложения почвы.

Введение. Получение информации об агрофизическом состоянии почвенного покрова дает возможность анализировать и управлять процессами, то есть оптимизировать условия жизни растений, почвенной биоты, сохранности и повышения устойчивости агроценозов [1].

Известно, что при повышенной плотности сложения пахотного (более 1,3 т/м³) и подпахотного (более 1,4–1,5 т/м³) слоев ухудшается водно-воздушный режим почв и сдерживаются или нарушаются рост и развитие растений, так как в них подавлена биологическая активность, образуются токсичные недоокисленные вещества, которые снижают запасы подвижных элементов питания и блокируют их доступность для возделываемых культур [2, 3].

Уплотнение, наблюдаемое на макроуровне, чаще всего происходит за счет механического воздействия сельскохозяйственной техники.

Причинами высокой плотности и обесструктуренности почв чаще всего являются низкое содержание гумуса и кальция, наличие солонцеватости и щелочности, которая диспергирует почвенную массу. Такие явления возникают в природных солонцах и образующихся солонцеватых почвах при поливах слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава [4].

Для устранения негативных свойств таких почв требуется проведение комплексной мелиорации, которая позволяет улучшить не только физико-химические свойства, но и физические [5].

Целью настоящих исследований является изучение влияния комплекса агро-мелиоративных приемов на физические свойства солонца черноземного.

Материалы и методы. Исследования проводились в ООО «Цимлянский» Мартыновского района Ростовской области. Территория исследуемого объекта находится на второй надпойменной террасе р. Западный Маныч (Сало-Манычского водораздела) и расположена на правом берегу Веселовского водохранилища. Орошение осуществляется с 1962 г. водой Цимлянского водохранилища, транспортируемой Донским магистральным и Пролетарским каналами. По химическому составу вода гидрокарбонатно-натриевая с минерализацией 0,9–1,1 г/дм³.

Среди черноземов южных террасовых преобладают слабосолонцеватые их разности с количеством обменного натрия 6–7 % от суммы почвенного поглощающего комплекса (ППК) в комплексе с глубокостолбчатыми, среднестолбчатыми и корковыми солонцами, составляющими 25–50 %. Согласно классификации это солонцы черноземные. Отличительной особенностью этих солонцов является наличие большого количества обменного натрия не только в солонцовом горизонте (16 % от Σ ППК), но и по всему почвенному профилю.

Сильно осолонцован (24 %) верхний слой 0–20 см, наиболее ценный с точки зрения сельскохозяйственного использования, что является следствием длительного орошения природно-солонцеватых почв водой неблагоприятного качества без проведения мероприятий, предупреждающих осолонцевание. Слои глубже 40 см также содержат значительное количество поглощенного натрия в ППК, чему способствовало периодическое поднятие грунтовых вод, тоже неблагоприятного сульфатно-натриевого состава, выше критического уровня (2 м). В то же время в исследуемых солонцах отмечается наличие карбонатов, расположенных близко к поверхности, в размере 8–9 %.

В верхнем пахотном слое солонцов отмечается сильное уплотнение почвы (в среднем 1,31 т/м³, а местами до 1,34 т/м³). Солонцовый горизонт имеет еще большую плотность (в среднем 1,36 т/м³), а с глубины 60 см почва уплотнена до 1,41 т/м³.

Количество гумуса в верхнем слое солонцов находится в пределах 3 %. С глубиной содержание его уменьшается постепенно и приближается к 1 %. Низкое содержание гумуса предопределяет необходимость внесения органических удобрений.

Солонцы черноземные отличаются наличием щелочности во всей исследуемой толще 0–100 см, которая дисперсирует почвенную массу. Щелочность в наших исследованиях характеризовалась отношением $\frac{\text{HCO}_3 + \text{CO}_3}{\text{Ca} + \text{Mg}}$, рассчитываемым по водной вы-

тяжке. Значение меньше 1 характеризует нещелочную среду, а больше 1 – щелочную [6]. С поверхности ионы $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$ и $\text{Ca} + \text{Mg}$ находятся в более или менее равновесном состоянии, но глубже отметки 20 см отмечается резкое преобладание катионов над анионами, отношение $\frac{\text{HCO}_3 + \text{CO}_3}{\text{Ca} + \text{Mg}}$ достигает значения 1,57. В слое 40–60 см отмечает-

ся максимальная щелочность, отношение $\frac{\text{HCO}_3 + \text{CO}_3}{\text{Ca} + \text{Mg}}$ достигает значения 1,67.

В орошаемых солонцах, в отличие от богарных, наличие водорастворимых солей отмечается с поверхности, что обусловлено поливами водой неблагоприятного состава. В верхнем слое сумма солей составляет в среднем 0,133 %, с глубиной их содержание постепенно увеличивается. Максимум засоленности приходится на слои 60–80 и 80–100 см, где их средняя по скважинам величина достигает соответственно 0,793 и 0,978 %. Такое засоление глубинных слоев объясняется следами лугового процесса, который они прошли. Распределение токсичных солей, выделенных из их общей суммы, повторяет распределение всей суммы солей. С поверхности их содержание составляет в среднем 0,092 %, достигая к метровой глубине величины 0,497 %.

Гранулометрический состав солонцов представлен физической глиной (57–62 %).

При орошении изменяются свойства черноземных солонцов. Анализ этих изменений свидетельствует о необходимости проведения в первую очередь мелиоративных (глубоких) вспашек с целью разрушения плотного солонцового горизонта с содержанием поглощенного натрия до 16 % от Σ ППК, препятствующего проникновению влаги в нижние слои почвы, в результате чего вода застаивается и просачивается через более водопроницаемые зональные почвы комплекса (южные черноземы). Такие процессы приводят к усилению осолонцевания зональных почв, по своей генетической природе уже слабосолонцеватых, в результате чего количество пятен солонцов в почвенном покрове увеличивается.

При проведении глубоких мелиоративных обработок (агробиологический метод) происходит перемешивание кальцийсодержащего (карбонатного) и солонцового горизонтов и натрий ППК заменяется кальцием. Согласно рекомендациям [7], допустимым условием для проведения мелиоративных обработок солонцов является содержание гипса > 0,3 % или карбонатов > 3 %, достаточное для обеспечения процесса «само-мелиорации».

Исследование влияния комплексной мелиорации на физические свойства черноземных солонцов проводилось на двух фонах: фон 1 – мелиоративная вспашка трехъярусным плугом (ПТН-3-40); фон 2 – мелиоративная вспашка плужно-фрезерным орудием (ПТН-2-40Ф).

Схема опыта: 1) контроль (без мелиорантов); 2) 40 т/га навоза (40 т/га Н); 3) 10 т/га фосфогипса (10 т/га Ф); 4) 5 т/га фосфогипса + 40 т/га навоза (5 т/га Ф + 40 т/га Н); 5) 10 т/га фосфогипса + 40 т/га навоза (10 т/га Ф + 40 т/га Н); 6) 10 т/га фосфогипса + 20 т/га навоза (10 т/га Ф + 20 т/га Н).

Повторность опыта трехкратная, площадь делянок – 200 м².

Для исследования физических свойств солонца на постоянных динамических площадках до мелиорации, в первый и четвертый годы последствия комплексной мелиорации отбирались образцы почв по слоям 0–20, 20–40, 40–60 см, в которых определялся гранулометрический, микроагрегатный состав (ГОСТ 12536–79 [8]).

Анализ проб проведен в эколого-аналитической лаборатории, по данным анализа сделан расчет коэффициента дисперсности.

В полевых условиях в шурфах методом кольца по Качинскому определялась плотность сложения почв по слоям 5–10, 15–20, 25–30, 35–40, 45–50, 55–60 см, которая в последующем пересчитывалась на слои 0–20, 20–40, 40–60 см.

Результаты и обсуждение. Улучшение физико-химических свойств солонцов под влиянием комплексной мелиорации сопровождается оптимизацией и физических показателей, которые оценивались по плотности сложения почв и коэффициенту дисперсности.

Благодаря глубокой мелиоративной обработке почвенная толща стала более рыхлой, а внесение кальция в составе химических мелиорантов способствовало оструктуриванию почвы. Если на контроле, где проводилась только мелиоративная обработка, уменьшение плотности почвы в первый год в слое 0–40 см достигало только 6 % от ис-

ходного по обоим фонам обработки, то при внесении сочетания, содержащего 5 т/га фосфогипса, изменение достигло 8 % (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Изменение физического состояния солонцов черноземных при химической мелиорации на фоне обработки ПТН-3-40

Вариант опыта	Плотность сложения почвы, т/м ³			Коэффициент дисперсности		
	Слой, см			Слой, см		
	0–20	20–40	40–60	0–20	20–40	40–60
До мелиорации						
Контроль (без мелиорантов)	1,30	1,36	1,41	27	20	24
40 т/га Н	1,32	1,38	1,40	28	19	23
10 т/га Ф	1,34	1,37	1,45	29	22	20
5 т/га Ф + 40 т/га Н	1,28	1,34	1,41	22	19	26
10 т/га Ф + 40 т/га Н	1,34	1,39	1,39	28	17	22
10 т/га Ф + 20 т/га Н	1,33	1,38	1,39	27	20	24
Первый год последействия						
Контроль (без мелиорантов)	1,29	1,22	1,39	26	14	23
40 т/га Н	1,32	1,23	1,40	27	15	23
10 т/га Ф	1,15	1,22	1,43	13	12	22
5 т/га Ф + 40 т/га Н	1,19	1,27	1,39	20	14	25
10 т/га Ф + 40 т/га Н	1,13	1,21	1,40	14	13	23
10 т/га Ф + 20 т/га Н	1,12	1,23	1,39	13	12	24
Четвертый год последействия						
Контроль (без мелиорантов)	1,30	1,24	1,40	26	16	24
40 т/га Н	1,34	1,31	1,41	27	17	23
10 т/га Ф	1,17	1,20	1,41	11	12	21
5 т/га Ф + 40 т/га Н	1,22	1,31	1,40	20	17	25
10 т/га Ф + 40 т/га Н	1,15	1,20	1,38	13	13	23
10 т/га Ф + 20 т/га Н	1,11	1,22	1,37	11	11	23

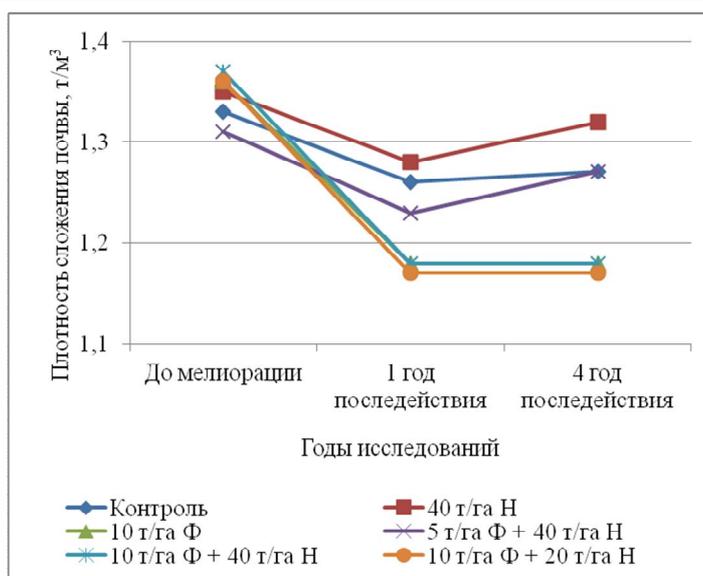


Рисунок 1 – Изменение плотности сложения солонцов черноземных при химической мелиорации на фоне ПТН-3-40 в слое 0–40 см

Плотность почвы составила 1,22–1,23 т/м³, что по классификации означает переход почв из категории «почва сильно уплотнена» в категорию «почва уплотнена».

В вариантах с сочетаниями, содержащими фосфогипс в количестве 10 т/га, уплотнение почвы еще более заметно: на фоне обработки серийным плугом ПТН-3-40 почва разрыхлилась до 1,18 т/м³ (10 Ф), 1,17 т/м³ (10 Ф + 40 Н, 10 Ф + 20 Н); на фоне плужно-фрезерного орудия ПТН-2-40Ф – до 1,15 т/м³ (10 Ф + 40 Н), 1,16 т/м³ (10 Ф, 10 Ф + 20 Н) (таблица 2, рисунок 2). Такие значения плотности почвы в первый год последействия соответствуют по классификации «культурной свежевспаханной почве». К четвертому году последействия в этих вариантах отмечается слабая тенденция к обратному уплотнению почвы, поэтому для сохранения достигнутых показателей требуется повторение мелиоративных мероприятий. В контрольных вариантах рост плотности почвы к четвертому году более заметен.

Таблица 2 – Изменение физического состояния на фоне обработки плужно-фрезерным орудием (ПТН-2-40Ф)

Вариант опыта	Плотность сложения почв, т/м ³			Коэффициент дисперсности		
	Слой, см			Слой, см		
	0–20	0–40	40–60	0–20	20–40	40–60
До мелиорации						
Контроль (без мелиорантов)	1,29	1,35	1,40	28	17	24
40 т/га Н	1,27	1,33	1,37	23	15	21
10 т/га Ф	1,30	1,35	1,39	28	19	23
5 т/га Ф + 40 т/га Н	1,31	1,34	1,42	26	18	20
10 т/га Ф + 40 т/га Н	1,32	1,39	1,35	25	17	23
10 т/га Ф + 20 т/га Н	1,34	1,39	1,40	26	19	24
Первый год последействия						
Контроль (без мелиорантов)	1,25	1,23	1,41	27	12	25
40 т/га Н	1,26	1,22	1,38	22	13	20
10 т/га Ф	1,12	1,20	1,40	12	11	22
5 т/га Ф + 40 т/га Н	1,18	1,26	1,41	19	13	20
10 т/га Ф + 40 т/га Н	1,10	1,21	1,40	12	10	22
10 т/га Ф + 20 т/га Н	1,12	1,20	1,39	11	11	23
Четвертый год последействия						
Контроль (без мелиорантов)	1,27	1,28	1,40	26	16	24
40 т/га Н	1,28	1,30	1,39	27	17	23
10 т/га Ф	1,14	1,22	1,38	11	12	21
5 т/га Ф + 40 т/га Н	1,20	1,27	1,40	20	17	25
10 т/га Ф + 40 т/га Н	1,12	1,25	1,41	13	13	23
10 т/га Ф + 20 т/га Н	1,12	1,21	1,40	11	11	23

Показатели, полученные в варианте с 40 т/га навоза, сравнимы с результатами на контроле независимо от фона обработки. В первый год после обработок плотность снизилась от 1,30–1,35 до 1,24–1,27 т/м³, но к четвертому году ее значения снова достигли 1,29–1,32 т/м³. На основании этого можно сделать вывод, что внесение навоза в больших количествах, способствующих подщелачиванию почвенной среды, приводит к дальнейшей диспергации почвенных частиц и уплотнению почв, практически сводя на нет механическое разрыхление почвенной массы, достигнутое мелиоративными обработками.

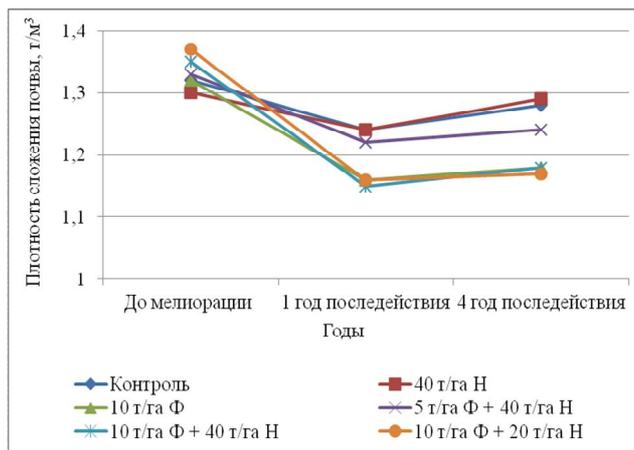


Рисунок 2 – Изменение плотности сложения солонцов черноземных при химической мелиорации на фоне ПТН-2-40Ф в слое 0–40 см

В таблицах 1, 2, на рисунках 3, 4 также показано воздействие комплексной мелиорации на изменение коэффициента дисперсности исследуемых солонцов.

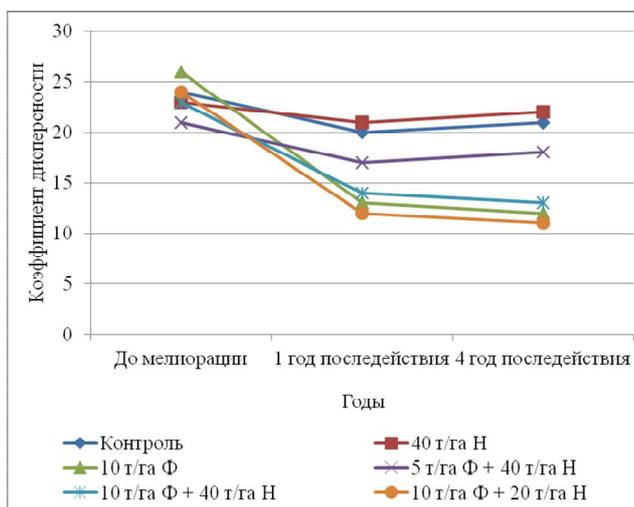


Рисунок 3 – Изменение коэффициента дисперсности в солонце черноземном при химической мелиорации на фоне ПТН-3-40 в слое 0–40 см

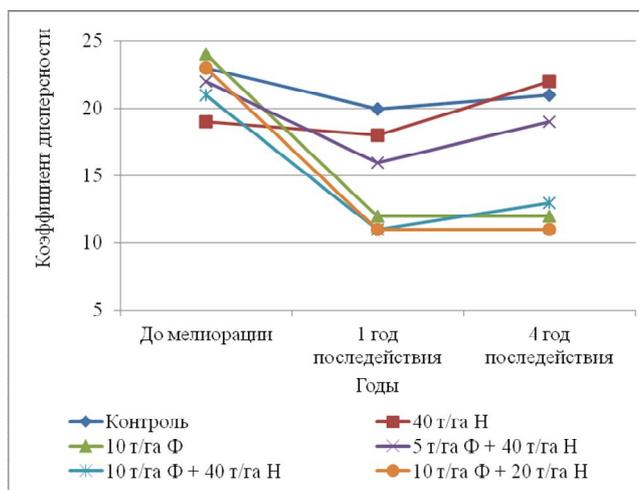


Рисунок 4 – Изменение коэффициента дисперсности в солонце черноземном при химической мелиорации на фоне ПТН-2-40Ф в слое 0–40 см

Использование в качестве химической составляющей сочетания фосфогипса в количестве 10 т/га и навоза в количестве 20 т/га дает наилучшие результаты: в первый год после мероприятий коэффициент дисперсности снижается в 1,8 раза на фоне ПТН-3-40 и в 2,1 раза на фоне ПТН-2-40Ф, к четвертому году – до 2,2–2,3 раза соответственно, причем это снижение стабильно.

Что касается других сочетаний, то в вариантах с их применением к четвертому году мелиоративный процесс затухает либо снова начинается распад почвенных агрегатов. То же самое можно сказать про контрольный вариант и вариант с 40 т/га навоза. Положительный процесс здесь отмечается только в первый год после мелиорации, с каждым последующим годом ситуация ухудшается.

Выводы. Коренное улучшение физических свойств исследуемых солонцов возможно только при комплексном применении мелиоративных приемов: механическом воздействии путем глубокой мелиоративной обработки и химической мелиорации с использованием фосфогипса в дозе не менее 10 т/га. При этом достигается долговременное значительное улучшение физических показателей корнеобитаемого слоя: плотность почвы снижается до уровня свежеспаханной, коэффициент дисперсности сокращается более чем в 2 раза, свидетельствуя о глубоких качественных изменениях в структуре солонца.

Список использованных источников

1 Гончаров, В. М. Проблемы агрофизической оценки комплексного почвенного покрова / В. М. Гончаров // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 6(100). – С. 560–564.

2 Бондарев, А. Г. Некоторые пути определения оптимальных параметров агрофизических свойств почв / А. Г. Бондарев, В. В. Медведев // Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв: науч. тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – М., 1980. – С. 85–98.

3 Скуратов, Н. С. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева, О. Ю. Шалашова. – Новочеркасск, 2000. – 85 с.

4 Мелиорация солонцовых почв в условиях орошения / Н. С. Скуратов [и др.]; под ред. Н. С. Скуратова. – Новочеркасск: НОК, 2005. – 180 с.

5 Влияние комплексной мелиорации на физико-химические свойства солонцов черноземных [Электронный ресурс] / Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – № 4(20). – 18 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=366&id=369>.

6 Усанина, Т. В. Мелиорация солонцов лугово-черноземных в условиях орошения Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Усанина Татьяна Владимировна. – Новочеркасск, 2005. – 24 с.

7 Выбор приемов воспроизводства плодородия солонцовых почв при орошении: рекомендации / под ред. В. Н. Щедрина, Г. Т. Балакай; ФГБНУ «РосНИИПМ». – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 23 с.

8 ГОСТ 12536–79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – Введ. 1980-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 17 с.

УДК 633.2:581.524

А. В. ВдовенкоВсероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт,
Волгоград, Российская Федерация**БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ
АГРОЛАНДШАФТОВ ВОЛГО-МАНЫЧСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ**

Цель исследований заключалась в оценке биоразнообразия растительных фитоценозов в системе сохранившейся лесной полосы «Волгоград – Элиста – Черкесск», определении продуктивности сформировавшихся кормовых угодий. Исследования продуктивности травостоя лесопастбищ проводились на характерных участках с древостоем: одиночно расположенным, мелкими группами по 5–9 шт. и крупными группами от 20 шт. Установлено, что одиночно расположенные деревья находятся в неудовлетворительном состоянии, практически все они суховершинные и только до 10 % находится в хорошем состоянии. Древостой, расположенный мелкими группами находится в удовлетворительном состоянии, практически все они суховершинные, и только в блюдецобразных углублениях древостой находится в удовлетворительном состоянии (20 % от всего древостоя). В крупных куртинах состояние древостоя удовлетворительное. В крупных куртинах образуется свой микроклимат, позволяющий деревьям противостоять отрицательному влиянию окружающей среды, некоторые особи плодоносят (2 % древостоя). Проведена оценка биоразнообразия и экологической устойчивости агроландшафтов Волго-Манычского междуречья с участием древесного яруса в аридных условиях Республики Калмыкии. Изучена роль сохранившихся лесных полос в стабилизации окружающих ландшафтов, сделаны предложения по рациональному использованию образовавшихся лесопастбищных угодий саванного типа.

Ключевые слова: гослесополоса, пастбищные экосистемы, деградация, опустынивание, лесопастбища.

Введение. Главная причина современного роста опустынивания и снижения биоразнообразия экосистем в различных странах мира – экологический кризис, вызванный несоответствием сложившейся структуры хозяйственного использования природных ресурсов потенциальным природным возможностям данного ландшафта, ростом народонаселения, увеличением антропогенных нагрузок, несовершенством социально-экономического устройства ряда стран.

В России этому процессу подвержена территория в 50 млн га. Нерациональное использование земель, в частности бесконтрольный выпас скота, привело к появлению единственной в Европе пустыни Черные земли в Калмыкии. При норме выпаса не более 750 тыс. овец здесь постоянно выпасалось 1650 тыс. этих животных. Кроме того, на этой территории постоянно обитало свыше 200 тыс. сайгаков. Перегрузка пастбищ превышала норму в 2,5–3,0 раза. В результате более трети площади пастбищ (650 тыс. га) превращено в подвижные пески. Постепенно калмыцкая степь становится бесплодной пустыней [1, 2].

Деревья и кустарники, защитные лесные насаждения (ЗЛН) образуют экологическую инфраструктуру и каркас агроландшафтов, защищая их от неблагоприятного воздействия окружающей среды и дополнительной антропогенной нагрузки [3, 4].

Цель работы – оценить биоразнообразие растительных фитоценозов в системе сохранившейся лесной полосы «Волгоград – Элиста – Черкесск», определить продуктивность сформировавшихся кормовых угодий, сделать предложения по ее повышению и увеличению зооэкологической комфортности.

Материалы и методы. Объекты исследований – пастбища с участием древесного яруса (гослесополоса «Волгоград – Элиста – Черкесск», Республика Калмыкия (рисунок 1).



Рисунок 1 – Растительный покров на участке гослесополосы «Волгоград – Элиста – Черкесск», июнь 2014 г.

Работа выполнена на базе методологических решений, подготовленных учеными ВНИАЛМИ и успешно реализованных при разработке национальных программ действия по борьбе с опустыниванием, Концепции адаптивного лесоаграрного природопользования в аридной зоне и других проектов [5].

В 2011–2014 гг. были проведены исследования на участке гослесополосы площадью 100 га. Участок гослесополосы «Волгоград – Элиста – Черкесск», где проходили рекогносцировочные исследования, находится в 40 км от Элисты на водоразделе балок Аргамджа и Зегиста [3, 4]. На участке практически круглогодично выпасается скот (КРС, овцы).

В водораздельной части имеется масса потяжин и блюдцеобразных западин. По лесорастительному районированию участок госполосы относится к Южно-Ергенинскому подрайону. Территория представлена светло-каштановыми суглинистыми почвами, в различной степени солонцеватыми, в комплексе с солонцами до 10 %.

Лесные насаждения на исследуемом участке созданы в 1965 г. посадкой однолетних сеянцев вяза перистоветвистого и шершавого. К 2011 г. большая часть древостоя сохранилась по естественным микропонижениям (куртины от 5 до 50 шт.), есть и одиночно стоящие деревья (рисунок 1). Практически весь древостой суховершинный, много погибших деревьев.

Подготовка почвы при создании лесных культур проводилась по системе однолетнего черного пара: осенняя зяблевая вспашка, 4-кратная культивация в весенне-летний период, осенняя плантажная вспашка на глубину до 45 см.

Способ посадки лесных культур – рядовой, обеспечивающий полную механизацию работ как по посадке, так и по уходу за лесными культурами в рядах и междурядьях. Ширина госполосы – 100 м при размещении культур $4,5 \times 1,0$ м.

До 1980 г. регулярно проводились механизированные уходы за лесными насаждениями, в последующие 10 лет проводилась только осенняя перепашка междурядий. Начиная с 1990 г. полностью прекращен уход за древостоем. С момента прекращения ухода за лесными культурами степная растительность активно начала осваивать всю занимаемую полосой площадь.

Изучение растительного покрова осуществляется при геоботанических обследованиях согласно общепринятым методикам и инструкциям [6–8].

Исследование продуктивности травостоя лесопастбищ, сформированных в результате распада гослесополосы, проводилось на основных ключевых участках, где выполнялся комплексный сбор полевого материала, позволяющий осуществить качественную оценку фитомелиоративного состояния кормовых угодий с древесным ярусом [4].

Результаты и обсуждение. Продолжено изучение биоразнообразия травянистой растительности и продуктивности кормовых угодий на отрезке госполосы «Волгоград – Элиста – Черкесск» на ранее подобранных характерных участках с древостоем: одиночно расположенным, мелкими группами по 5–9 шт. и крупными группами от 20 шт.

Одиночно расположенные деревья находятся в неудовлетворительном состоянии (220 шт./га, средняя высота – 5,4 м, диаметр кроны – 4,5 м, диаметр ствола – 29 см). Практически все они суховершинные, и только до 10 % находится в хорошем состоянии (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика образовавшихся лесопастбищных угодий, гослесополоса «Волгоград – Элиста – Черкесск», 2013–2014 гг.

Участок гос-лесополосы	Количество деревьев, шт./га	Высота, м	Диаметр кроны, м	Диаметр ствола, см	Состояние древостоя	Продуктивность кормовых угодий, ц/га воздушно-сухой массы	
						2013 г.	2014 г.
Одиночное расположение	220	5,4	4,5	29,0	Суховершинный	15,0	16,0
Расположение мелкими группами	630	5,8	5,0	30,8		16,0	18,0
Расположение крупными группами	1000	6,8	3,8	30,0		19,0	20,5

Древостой, расположенный мелкими группами, на исследуемых участках находится в удовлетворительном состоянии, в полосах число деревьев достигает 630 шт./га, они практически все суховершинные, и только в блюдцеобразных углублениях, где есть дополнительное увлажнение за счет снега и стока воды в весенне-летний период, древостой находится в удовлетворительном состоянии. Количество таких экземпляров достигает 20 % от всего древостоя.

В крупных куртинах, состоящих из 20 и более деревьев, плотность древостоя составляет 1000 шт./га. Средняя высота древостоя – 6,8 м при диаметре кроны 3,8 м и диаметре ствола 30,0 см. Состояние древостоя в крупных группах удовлетворительное, несмотря на то что лесные насаждения находятся в таких же условиях, как и отдельные деревья и мелкие группы. В крупных куртинах образуется свой микроклимат, позволяющий деревьям противостоять отрицательному влиянию окружающей среды, некоторые особи плодоносят (2 % древостоя).

Травянистая растительность на исследуемых участках госполосы представлена разнотравно-полынно-злаковыми ассоциациями (рисунок 2) при одиночном и мелкогрупповом расположении древостоя, разнотравно-злаковыми и злаково-разнотравными с небольшим участием полыни – при расположении древостоя крупными группами. В степи преобладают злаково-полынные ассоциации, разнотравье чаще встречается в микропонижениях.

Из разнотравья в составе фитоценозов чаще всего присутствуют тысячелистник, зопник, подмаренник распростертый, чабрец степной, живокость полевая, смолевка мелкоцветная, люцерна желтая [9]. Видовой состав травянистой растительности наиболее разнообразен на участках с большим количеством древостоя, находящихся в лучших условиях, т. е. расположенных по потяжинам.

При рекогносцировочном обследовании травянистой растительности на участке распадающейся госполосы «Волгоград – Элиста – Черкесск» в межполосном пространстве (между массивами лесополос) выявлено более 60 видов растений, что говорит о высоком биоразнообразии и устойчивости образовавшихся экосистем [4, 5] (рисунок 2).



Рисунок 2 – Травянистый покров на различных участках гослесополосы, первая декада июня 2013 г.

Средняя высота травостоя в степи – 20–28 см, в потяжинах – 30–45 см (микрорасселениях), в зоне крупных куртин достигает 1,2 м.

Выявленные в 2014 г. растения относятся к 18 семействам, из которых наибольшим количеством видов представлено семейство астровых (11), мятликовых (8), губоцветных (6), маревых (4), гвоздичных (3). Остальные семейства представлены 1–2 видами.

Биоразнообразие в зоне лесной полосы представлено 50 (в 2013 г. – 53 видами) и более видами, в коренной степи – 30 (2013 г. – 32 вида) (таблица 2). Количество преобладающих видов в 2014 г. осталось таким же, как и в 2013 г. [1]. По данному направлению планируется возобновить исследования в 2016 г. в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы.

Таблица 2 – Видовой состав травянистой растительности гослесополосы «Волгоград – Элиста – Черкесск», июнь 2014 г.

Видовое название	Семейство	Встречаемость	В зоне лесополосы	Степь
1	2	3	4	5
1 Василек раскидистый	Астровые	*	+	+
2 Василисник простой	Лютиковые	*	+	
3 Вьюнок полевой	Вьюнковые	*	+	+
4 Вязель пестрый	Бобовые	*	+	
5 Горец птичий	Гречишные	*	+	+
6 Грудница мохнатая	Астровые	*	+	
7 Грыжник седоватый	Гвоздичные	**	+	+
8 Живокость полевая	Лютиковые	***	+	+
9 Житняк гребенчатый	Мятликовые	*	+	
10 Зопник колючий	Губоцветные	***	+	
11 Ковыль Лессинга	Мятликовые	***	+	+
12 Козлобородник большой	Астровые	*	+	
13 Коровяк фиолетовый	Норичниковые	*	+	
14 Коровяк черный	Норичниковые	*	+	
15 Костер японский	Мятликовые	*	+	+
16 Кохия простертая (прутняк)	Маревые	*		+
17 Лапчатка серебристая	Розоцветные	**	+	+

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
18 Лапчатка волосистая	Розоцветные	*	+	
19 Латук татарский	Астровые	*	+	
20 Лебеда татарская [#]	Маревые	*	+	+
21 Лебеда простертая [#]	Маревые	*	+	
22 Лен голубой (ленок)	Льновые	*	+	+
23 Липучка ежевидная [#]	Бурачниковые	*	+	+
24 Люцерна желтая	Бобовые	**	+	+
25 Молочай лозный	Молочайные	*	+	+
26 Молочай Сегье	Молочайные	*	+	+
27 Мятлик луковичный	Мятликовые	*	+	+
28 Неравноцветник кровельный	Мятликовые	*	+	+
29 Овсяница валлиская	Мятликовые	*	+	+
30 Пижма тысячелистниковая	Астровые	**	+	+
31 Подмаренник распростертый	Мареновые	***	+	+
32 Подмаренник цепкий	Мареновые	*	+	
33 Подорожник ланцетолистный	Подорожниковые	*	+	
34 Полынь австрийская	Астровые	**	+	+
35 Полынь таврическая	Астровые	***	+	+
36 Пустырник пятилопастный	Губоцветные	**	+	
37 Пырей средний	Мятликовые	*	+	+
38 Резак поручейниковый	Зонтичные	*	+	
39 Синеголовник полевой	Зонтичные	**	+	+
40 Смолевка мелкоцветковая	Гвоздичные	***	+	+
41 Смолевка клейкая	Гвоздичные	*	+	
42 Татарник колючий	Астровые	*	+	
43 Тысячелистник обыкновенный	Астровые	***	+	+
44 Тюльпан Биберштейна	Лилейные	*	+	+
45 Тюльпан Шренка	Лилейные	*	+	+
46 Цикорий обыкновенный	Астровые	*	+	
47 Чабрец степной	Губоцветные	**	+	+
48 Чертополох крючковатый	Астровые	*		+
49 Шалфей степной	Губоцветные	**	+	
50 Шалфей эфиопский	Губоцветные	*	+	
51 Шандра пустырниковая	Губоцветные	**	+	
52 Эбелек [#]	Маревые	*	+	
Итого	18		50	30
# – встречается только на противопожарной опашке гослесополосы; *** – встречается очень часто; ** – встречается часто; * – встречается реже; неотмеченные виды встречаются редко, единично.				

Продуктивность в 2014 г. составила: на участках с одиночными деревьями – 16,0 ц/га, мелкие группы – 18,0 ц/га, крупные группы – 20,5 ц/га, что в 1,2 раза выше, чем в 2013 г.

В прилегающей степи урожайность сухой фитомассы – 12–13 ц/га (практически не изменяется по годам). В микропонижениях формируются лучшие почвенно-эдафические условия для произрастания древесной и травянистой растительности, уро-

жайность здесь выше, чем в степи, почти в 2 раза. Доля непоеданной фитомассы при одиночном расположении древостоя –15–25 % (преобладают злаки). При мелко- и крупногрупповом расположении – 20–30 % (преобладают многолетние растения).

При мелкогрупповом размещении древостоя непоеданная часть представлена крупными частями полыни (доля полыни – 50–60 %) и некоторыми рудеральными, ядовитыми и лекарственными растениями.

На участках с сохранившимся древостоем высота травянистого покрова выше в 1,5–2,0 раза, а общая продуктивность больше в 1,4–2,0 раза по сравнению с открытой степью. За период исследований (2011–2014 гг.) в составе и структуре фитоценозов на исследуемых участках происходили незначительные изменения по годам, в основном зависящие от климатических характеристик вегетационного периода каждого года, нагрузка скота на лесопастбищах не изменялась.

Выводы. В мае наиболее эффективно используются скотом открытые участки пастбищ и места с одиночно растущими деревьями [в травостое преобладают злаки (50–80 %)]. В летний период, когда открытые пастбищные участки практически стравлены и повышается дневная температура воздуха, наиболее комфортные условия формируются на куртинных лесопастбищах, где можно укрыться от солнцепека и летней жары, а также использовать еще не полностью стравленные участки для кормления (пастбища с мелкогрупповым и крупногрупповым размещением деревьев).

Сохранившиеся лесные полосы способствуют поддержанию биоразнообразия окружающих ландшафтов, рациональное природопользование должно быть направлено на сохранение образовавшихся лесопастбищ саванного типа и повышение их продуктивности и долговечности.

Список использованных источников

1 Опустынивание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gran-dars.ru/shkola/geografiya/opustynivanie.html>, 2015.

2 Дедова, Э. Б. Повышение природно-ресурсного потенциала деградированных сельскохозяйственных угодий Калмыкии средствами комплексной мелиорации: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.02 / Дедова Эльвира Батыревна. – М., 2012. – 48 с.

3 Иванцова, Е. А. Формирование и продуктивность кормовых угодий в условиях Ергенинской возвышенности, Республика Калмыкия / Е. А. Иванцова, А. В. Вдовенко, А. А. Дудко // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика: материалы Всерос. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 12–13 октября 2015 г. – Волгоград: ВолГУ, 2015. – С. 50–54.

4 Разработать новые и усовершенствовать существующие технологии лесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства нарушенных и деградированных агроландшафтов: отчет о НИР: 03.05.02 / ГНУ «ВНИАЛМИ». – Волгоград, 2013. – 177 с. – Исполн.: Манаенков А. С. [и др.].

5 Субрегиональная национальная программа действий по борьбе с опустыниванием (НДПБО) для юго-востока европейской части Российской Федерации / под ред. Е. С. Павловского [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. – 282 с.

6 Общесоюзная инструкция по проведению геоботанического исследования природных кормовых угодий и составлению крупномасштабных геоботанических карт / Е. И. Гайдамах [и др.]. – М., 1984. – 77 с.

7 Алехин, В. В. Методика полевого изучения растительности и флоры / В. В. Алехин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наркомпрос, 1938. – 208 с.

8 Исследования структуры и строения растительного покрова / под ред. Н. И. Рорышина. – Л.: Ленингр. ун-т, 1973. – 286 с.

9 Левина, Ф. Я. Растительность полупустыни Северного Прикаспия и ее кормовое значение / Ф. Я. Левина. – М.: Наука, 1964. – 336 с.

УДК 631.616

Л. Г. Романова

Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация;

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация

В. О. Пешкова, Н. А. Тимофеева

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация

КОМПЛЕКС ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА ОРОШАЕМЫХ И ПРИЛЕГАЮЩИХ К НИМ ТЕРРИТОРИЯХ СТЕПНОЙ И СУХОСТЕПНОЙ ЗОН ПОВОЛЖЬЯ

Целью исследований является разработка предложений по улучшению экологической ситуации на орошаемых и прилегающих к ним территориях степной и сухостепной зон Поволжья на базе материалов экспериментальных исследований ФГБНУ «ВолжНИИГиМ», ФГБНУ «ВНИИГиМ» и других научных учреждений, работающих в Поволжье по рассматриваемой проблеме. Объектом исследований являлись орошаемые агроландшафты степного и сухостепного Поволжья, уровень плодородия которых в значительной мере предопределяется комплексом гидролого-мелиоративных факторов. При эксплуатации орошаемых земель Поволжья необходимо учитывать основные группы агроэкологических требований: агробиологические, почвенно-мелиоративные, экологические и организационно-хозяйственные. Для обеспечения благоприятного экологического состояния агроландшафта влагообмен между почвенными и грунтовыми водами (в долях от суммарного испарения) необходимо сохранять в пределах 0,01–0,05 в степной зоне и 0,05–0,07 в сухостепной зоне, УГВ на площади оросительных систем в степной зоне не должен находиться ближе 8–10 м к поверхности, в сухостепной – ближе 5–7 м, оросительная норма должна составлять 130–270 мм для степной и 400–500 мм для сухостепной зоны. Мероприятия, способствующие повышению эффективности водопользования, должны предусматривать контроль за внедрением норм водоподдачи и режимов орошения, оперативную корректировку режимов орошения, обеспечение водоизмерительными средствами дождевальными машин и оросительной сети, уменьшение подпитывания грунтовых вод путем реконструкции существующих оросительных систем с открытой сетью и низким КПД. Для сохранения благоприятного экологического состояния ландшафта площадь сельхозугодий в степной зоне должна составлять не более 70–80 % территории, в сухостепной – не более 65–75 %. Доля орошаемых земель не может превышать 0,3–0,5 в степной и 0,5–0,6 в сухостепной зоне от площади сельхозугодий. В структуре посевов под кормовые культуры следует отводить не менее 65 % пашни. В группе кормовых культур не менее 50 % всей площади должно быть отведено под многолетние травы, остальная площадь – под кукурузу в чистом виде или в смеси с суданской травой, злаково-бобовые смеси. Из зерновых культур предпочтение должно отдаваться озимой пшенице, кукурузе.

Ключевые слова: орошаемые земли, агроландшафты, мелиорация, орошаемая территория, экологическое состояние, устойчивость, агроэкологические требования, агробиологические, почвенно-мелиоративные, экологические и организационно-хозяйственные мероприятия.

Эколого-мелиоративное состояние агроландшафтов находится в прямой зависимости от умения управлять природными процессами путем правильного выбора пара-

метров и режимов функционирования мелиоративных систем в сочетании с соответствующими системами земледелия. Для принятия оптимизационных решений нужно знать существо протекающих природных процессов, уметь предвидеть их развитие, обладать необходимой базой и соответствующими техническими средствами. Только на этой базе возможна разработка целостной системы мероприятий для направленного формирования экологического равновесия определенного типа, создание агроландшафтов с заданными параметрами.

Мелиорация земель, как сильный природообразующий фактор, может приводить к негативным экологическим последствиям. Необходимо отметить, что и в настоящее время продолжают следовать следующие негативные процессы: сокращение общей площади сельскохозяйственных угодий; уменьшение площади орошаемых земель; ухудшение их мелиоративного состояния и хозяйственного использования; нарастание отрицательного баланса гумуса на пашне [до 1–3 т/(га·год)]; усиление процессов эрозии и опустынивания; загрязнение почв тяжелыми металлами и радионуклидами; увеличение площадей с сильнокислыми почвами, на которых ограничивается сельскохозяйственное производство; интенсивное развитие заболачивания и подтопления земель; зарастание древесно-кустарниковой растительностью; ухудшение естественных лугов и пастбищ. Все это приводит к резкому сокращению площадей сельскохозяйственных угодий, ухудшению водно-физических, физико-химических свойств почв и снижению их плодородия. Экологическая устойчивость природных систем в результате развития указанных процессов значительно понижается. Поэтому неперменной составляющей работ по мелиорации земель является недопущение ущерба природным системам и другим землепользователям или компенсация этого ущерба, что требует дополнительных мероприятий и затрат.

Опасность ухудшения эколого-мелиоративной обстановки орошаемых агроландшафтов степной и сухостепной зон Поволжья возникает при нерациональном водопользовании, нарушении правил эксплуатации мелиоративных систем, при несоответствии их параметров и режимов функционирования целям поддержания рационального экологического баланса природных систем. При эксплуатации орошаемых земель Поволжья необходимо учитывать основные группы агроэкологических требований: агробиологические, почвенно-мелиоративные, экологические и организационно-хозяйственные.

Определяющую роль в формировании водного режима орошаемой территории играют техника (оросительная сеть и дождевальные машины) и технология (оросительные и поливные нормы) полива. Орошение должно обеспечивать соответствие интенсивности водоподдачи и впитывания, водопотребления, исключение потерь воды на сброс и глубинную фильтрацию, высокое качество технологического процесса полива, сохранение структуры, водно-физических и физико-химических свойств верхних горизонтов почвы, высокую надежность технологического процесса полива, исключение аварийного сброса воды, оптимизацию и строгое выдерживание сроков и норм полива с учетом складывающихся погодных условий, получение высоких и стабильных урожаев при сохранении благоприятной мелиоративной и экологической обстановки на орошаемых агроландшафтах.

Регулирование водного режима при орошении необходимо осуществлять с учетом резервов естественной дренированности, ни в коем случае не превышая ее, в соответствии с рельефом местности, сохраняя природную направленность почвообразовательных процессов. Дополнительный приход влаги и солей в гидрогеохимический поток при орошении не должен превышать естественный отток и искусственную дренированность.

Для обеспечения благоприятного экологического состояния агроландшафта влагообмен (в долях от суммарного испарения) между почвенными и грунтовыми водами

необходимо сохранять в пределах 0,01–0,05 в степной зоне и 0,05–0,07 в сухостепной зоне [1]. При развитии орошения необходимо сохранять качество поверхностных и оросительных вод, исключать истощение речного стока, вторичное засоление почв. При длительном использовании для орошения воды с минерализацией 0,5–1,0 г/л происходит пополнение водорастворимыми солями зоны аэрации, и в дальнейшем повышение УГВ вызывает процессы вторичного засоления.

Во многих районах Саратовской области для полива используют воду с минерализацией 1 г/л и более. В почву поступает 1 кг солей с каждым кубометром оросительной воды, содержащей солей 1 г/л, а если оросительная норма составляет 1000 м³/га, то на орошаемый гектар поступает 1 т солей.

На засоленных почвах необходимо уменьшать норму полива, исходя из поправочных коэффициентов к оросительным нормам для сельскохозяйственных культур при различной степени минерализации грунтовых вод, разработанных в ВолжНИИГиМ [2, 3]. При сокращении поливных и оросительных норм происходит снижение минерализации грунтовых вод, так как основная масса солей поступает вместе с поливной водой.

Также при проектировании не следует включать в орошение территории с высокими геологическими запасами солей, всемерно снижать минерализацию и объемы дренажного стока.

При мелиоративном освоении территории УГВ на площади оросительных систем в степной зоне не должен находиться ближе 8–10 м к поверхности, в сухостепной – ближе 5–7 м. При глубине залегания грунтовых вод менее 3 м формируется гидроморфный режим почвообразования и происходит накопление солей в корнеобитаемом слое почвы под влиянием испарения и транспирации [4]. Близкий УГВ приводит к переувлажнению посевов, заболачиванию и засолению почвогрунтов. Это вызывает снижение урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур.

Питание грунтовых вод в результате нисходящего потока влаги не должно превышать 30–40 мм для степной и 40–80 мм для сухостепной зоны. При среднемноголетней величине осадков (50 % обеспеченности дефицита влажности) благоприятная оросительная норма составляет 130–270 мм для степной и 400–500 мм для сухостепной зоны. Предел регулирования влажности корнеобитаемого слоя для степной зоны составляет 0,70–0,80 НВ, для сухостепной – 0,70–0,85 НВ [5, 6].

Техническая часть мелиоративной системы должна минимально нарушать естественный ландшафт. Природная составляющая мелиоративной системы должна включать в себя экосистемы естественного и антропогенного происхождения в определенных допустимых соотношениях.

Мероприятия, способствующие повышению эффективности водопользования в орошаемом земледелии, должны предусматривать контроль за внедрением норм водоподдачи и режимов орошения, оперативную корректировку режимов орошения с учетом погодных условий и конкретных почвенно-мелиоративных условий агроландшафта, обеспечение водоизмерительными средствами дождевальными машин и оросительной сети с целью учета и контроля качества технологического процесса полива, уменьшение подпитывания грунтовых вод путем реконструкции существующих оросительных систем с открытой сетью и низким КПД, сокращение холостых сбросов из напорных магистралей, создание местных бассейнов и прудов с последующим их использованием для различных нужд, в том числе и для орошения.

Технология сохранения или восстановления экологически неблагоприятных земель должна учитывать буферные свойства почвы, биологические особенности возделываемых культур. В состав комплекса агротехнических мер, обеспечивающих сохранение плодородия почв, должно входить рациональное формирование структуры посе-

вов сельскохозяйственных культур, освоение высокопродуктивных и эрозионно безопасных севооборотов, подбор и внедрение в посевы наиболее продуктивных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, применение почвозащитных приемов обработки почвы.

Соблюдение экологически благоприятного водного режима орошаемой территории обеспечивает сохранение плодородия почв, в частности оптимальные водно-физические характеристики, содержание гумуса в пределах 5–7 % для почв степной зоны и 3–4 % для сухостепной зоны, засоление корнеобитаемого слоя, не превышающее 0,1–0,3 % в степной и 0,2–0,3 % в сухостепной зоне [6].

Для сохранения благоприятного экологического состояния ландшафта площадь сельхозугодий в степной зоне должна составлять не более 70–80 % территории, в сухостепной – не более 65–75 %. Доля орошаемых земель не может превышать 0,3–0,5 в степной и 0,5–0,6 в сухостепной зоне от площади сельхозугодий [1].

Наиболее продуктивными культурами для основного посева при орошении в степном и сухостепном Поволжье являются: из кормовых – люцерна, люцерно-злаковые смеси, кукуруза, сорго, суданская трава, сорго-суданковый гибрид, кормовая свекла, смешанные посевы кукурузы с сорго, подсолнечником, соей, суданкой; из зерновых, пропашных и технических культур – озимая пшеница, кукуруза, соя.

Для промежуточных посевов рекомендуются озимые (пшеница, рожь, тритикале), яровые [горох + овес + рапс яровой + подсолнечник, рапс + ячмень + подсолнечник, горох + подсолнечник (с подсевом суданки)]. В качестве поукосных и пожнивных культур используются кукуруза, сорго, сорго-суданковые гибриды, суданка, их смеси с подсолнечником, соей, просо, гречиха, подсолнечник + рапс яровой + овес, горох + подсолнечник + рапс яровой.

На ближайшую перспективу под кормовые культуры следует отводить не менее 65 % пашни. В группе кормовых культур не менее 50 % всей площади должно быть отведено под многолетние травы (люцерну, кострец безостый, козлятник восточный), остальная площадь – под кукурузу в чистом виде или в смеси с суданской травой, злаково-бобовые смеси. Из зерновых культур предпочтение должно отдаваться озимой пшенице, кукурузе [7].

Для компенсации дефицита природного увлажнения, предупреждения развития гидроморфизма, вторичного засоления, ошелачивания и слитизации почв в засушливой зоне Поволжья необходимы агротехнические (включая системы обработки почв и специальные севообороты), агрохимические (с увеличением доли внесения органических удобрений) и агролесомелиоративные мероприятия, биологические способы борьбы с болезнями растений, вредителями и сорняками.

Таким образом, экологическая устойчивость орошаемых земель может быть обеспечена при проведении мероприятий с учетом конкретных почвенно-климатических, гидрологических и гидрогеологических условий территории, оптимальной нагрузке орошения на площади, сочетании экономии водных ресурсов с экологической безопасностью конструкций ГМС, соответствии параметров и технических показателей применяемой техники и технологии орошения природоохранным требованиям, почвозащитной организации территории, поддержании оптимального гидрохимического баланса почв при внесении удобрений и использовании средств защиты растений, регулировании водного режима почв с учетом реальной обстановки на поле, обеспечении роста плодородия почв, максимальном использовании естественных осадков, качественной оросительной воды, защите водоемов и водостоков, применении ресурсо- и энергосберегающих технологий, повышении достоверности проводимых прогнозов состояния орошаемых земель.

В настоящее время орошаемое земледелие в степной и сухостепной зонах

Поволжья нуждается в реформировании в составе общей системы земледелия по следующим направлениям:

- оптимизация количества орошаемых земель и максимальная адаптация орошаемого земледелия в разрезе микрзон на основе комплекса факторов, учитывающих почвенно-климатические условия, обеспеченность трудовыми и материально-техническими ресурсами, накопленный научно-производственный опыт его ведения;

- поэтапное проведение комплексной реконструкции оросительных систем, обеспечивающей максимальное энерго- и ресурсосбережение и рациональное природопользование. Строительство новых объектов орошения целесообразно лишь в локальном виде на основе местного стока. Вовлечение в более активный сельскохозяйственный оборот лиманных земель;

- оптимизация размеров хозяйств различных направлений в отношении площади пашни, концентрации посевов и орошаемых земель с четким определением роли и места последних;

- совершенствование структуры посевных площадей на орошаемых землях и отведение их, прежде всего, для выращивания кормовых, зернофуражных, овощных и наиболее ценных технических культур;

- повышение общей культуры ведения орошаемого земледелия и прежде всего обеспечение качественного и своевременного выполнения всего технологического цикла по возделыванию сельскохозяйственных культур.

Список использованных источников

1 Кирейчева, Л. В. Концепция создания устойчивых мелиоративных агроландшафтов / Л. В. Кирейчева, Н. М. Решеткина. – М., 1997.

2 Морковин, В. Т. Расчет экологически безопасных норм водопотребления и режимов орошения сельскохозяйственных культур / В. Т. Морковин, В. В. Иванов, В. В. Корсак // Техническое совершенствование и эксплуатация оросительных систем в засушливой зоне Российской Федерации: сб. науч. тр. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2000. – С. 140–147.

3 Методические рекомендации по дифференциации режимов орошения сельскохозяйственных культур в орошаемых севооборотах для засушливых условий Поволжского региона / В. А. Шадских, В. О. Пешкова, Л. Г. Романова, В. Е. Кижаева // Научно-практический каталог паспортов «Научно-технические достижения, рекомендуемые для использования в мелиорации и водном хозяйстве» / ЦНТИ «Мелиоводинформ». – 2014. – Вып. 37. – С. 15–16.

4 Янюк, В. М. Влияние мелиорации на природу степного Заволжья / В. М. Янюк, А. Н. Галибин, Л. Г. Романова // Мелиорация и водное хозяйство. – 1997. – № 6. – С. 37.

5 Романова, Л. Г. Основы оптимизации мелиоративного состояния земель Поволжья в зоне ирригационного воздействия / Л. Г. Романова // Аграрная наука в 21 веке: проблемы и перспективы: сб. науч. ст. IX Всерос. науч.-практ. конф. – Саратов: Бу-ква, 2015. – С. 152–154.

6 Критерии оценки компонентов агроландшафта, обеспечивающих экологическую устойчивость орошаемой территории / В. А. Шадских, Л. Г. Романова, В. Е. Кижаева, А. Г. Лапшова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – Вып. № 1(57). – С. 180–185.

7 Пронько, Н. А. Изменение плодородия темно-каштановых почв Поволжья при длительном орошении и приемы его восстановления / Н. А. Пронько, Л. Г. Романова // Плодородие. – 2005. – № 4. – С. 31.

УДК 633.2

С. Ю. ТуркоВсероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт,
Волгоград, Российская Федерация**ПРОДУКТИВНОСТЬ ОПЫТНЫХ ПОСЕВОВ КОРМОВЫХ
РАСТЕНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПАСТБИЩ АРИДНОЙ ЗОНЫ
(ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ВНИАЛМИ)**

Целью исследований являлось изучение биоэкологии и урожайности многолетних трав ставропольской селекции, которые прошли первичную интродукцию в поликомпонентных посевах, являются устойчивыми в новых экологических условиях. Проведен мониторинг продуктивности опытных посевов кормовых растений для улучшения пастбищ аридной зоны. Результатом исследований явилось проведение отбора и испытание кормовых растений и способов их культивирования на песках сухой степи и полупустыни. Получены новые данные по биоэкологии и урожайности кормовых видов с учетом почвенно-климатической неоднородности территории, а также выявлены наиболее перспективные виды и сорта кормовых растений.

Ключевые слова: кормовые травы, поликомпонентные посева, деградация пастбищ, фитомелиорация, продуктивность, рост и развитие, аридные территории.

Введение. Актуальность восстановления и повышения природно-ресурсного потенциала малопродуктивных земель возрастает ежегодно, так как увеличивается антропогенная нагрузка на пастбища, деградирует растительный покров, нарушается сезонность использования [1–3].

Продуктивность природных пастбищных экосистем аридных регионов России характеризуется бедным видовым составом, низкой продуктивностью и резкими колебаниями ее по годам и сезонам. Бессистемное использование пастбищ с ранней весны до поздней осени приводит к изреживанию растительности, выпадению из травостоя ценных кормовых трав, а также к интенсивной деградации угодий и уменьшению продуктивности. Нерациональное использование пастбищных угодий может привести к их полной деградации, создаст угрозу для кормопроизводства, основу которого составляют пастбища и луга, дающие дешевые корма.

Для эффективного и рационального использования деградированных пастбищ необходимо шире применять фитомелиорацию территорий, при которой предусматривается создание посевов высокопродуктивных кормовых трав.

Биоклиматический потенциал перспективных видов и сортов кормовых злаковых трав ставропольской селекции, обладающих высокой кормовой ценностью и питательностью, позволяет широко использовать их при фитомелиорации деградированных угодий в регионах с засушливым климатом. Внедрение устойчивых и продуктивных растений позволит повысить урожайность и сконструировать долговечные агроценозы [3, 4].

Материалы и методы. Объектами исследований являлись наиболее продуктивные фитомелиоранты – многолетние травы ставропольской селекции, испытываемые в мелкоделяночных опытах лизиметрического комплекса ВНИАЛМИ (6-летние монокомпонентные посева на черноземовидном субстрате). Закладка опытов и наблюдения за развитием и продуктивностью проводились согласно общепринятым методикам [5].

Результаты и обсуждение. Рост и развитие растений регулируется многими факторами. Во-первых, в генетической конструкции растений встроена способность роста подвергаться биологическим ритмам. Иначе говоря, на рост растений влияет биологическая составляющая. Во-вторых, рост растений зависит от многочисленного воздействия внешней среды – температуры, освещения, снабжения водой и питательными

веществами. В-третьих, рост растений определяется характером световой периодичности. Современные знания и практические наблюдения пока не позволяют сделать это в полной мере. И тем не менее попытки раскрыть отдельные стороны указанного процесса постоянно имеют место. Не исключение и настоящая работа, касающаяся экспериментов на лизиметрическом комплексе и математического описания динамики роста пастбищных культур.

Сейчас наиболее обоснованной и объективной структурой, описывающей рост и формирование по высоте, объему, массе растений, является функция Томазиуса:

$$W(t) = W_{\max} \{1 - \exp[-K_D t(1 - e^{ct})]\}^a + W_{\min},$$

где W_{\max} , W_{\min} – максимальная и минимальная возможная величина морфометрического показателя при данных условиях роста растений;

K_D – коэффициент, зависящий от роста и вида анализа;

t – временной показатель вегетационного периода, сут;

c – коэффициент, определяемый генетическими особенностями растения и видом анализа;

a – показатель степени, равный 1 при анализе хода роста в высоту и принимаемый равным 3 при анализе урожайности растений.

Между относительной скоростью роста различных частей организма и его общим относительным ростом наблюдается зависимость вида:

$$\frac{dy}{dt} \cdot \frac{1}{y} = \frac{dx}{dt} \cdot \frac{1}{x} \cdot a_1, \quad (1)$$

где y – рост другой части тела или всего организма.

t – время;

x – рост одной части тела;

a_1 – константа.

Если проинтегрировать выражение (1), то можно получить следующую функцию:

$$\gamma = \beta \cdot \chi^\alpha. \quad (2)$$

Функция (2) впервые была использована Хуксли для описания роста животных и частей их организма. Впоследствии Миллером, Вайке, Томазиусом было доказано, что эту закономерность можно применять и при описании растений, когда необходимо увязывать линейные параметры с ростом по объему или массе [6, 7].

Частым случаем соотношения (2) является ход роста объектов, обладающих стереометрическими формами (пропорциональным ростом). В этом случае показатель степени α равен 3.

В монокомпонентных посевах в 6-летнем возрасте самые низкорослые растения (100–105 см) формирует житняк, среднерослые особи вырастают у костреца (135–160 см), а самые высокорослые растения бывают у пырея (145–170 см).

Анализируя полученные на лизиметрах данные, можно констатировать, что ход роста житняка за вегетацию значительно уступает ходу роста кострецов и пыреев. Вариабельность значений для костреца и пырея не дает возможности объективно выделить из них какие-либо приоритеты. Их можно рассматривать лишь вместе (таблица 1). Вырисовывается анализ следующей структуры: с одной стороны – житняк, с другой – кострец и пырей. Для них и находим характерные параметры роста по высоте и объему. Ход роста отмеченных культур показан на рисунке 1.

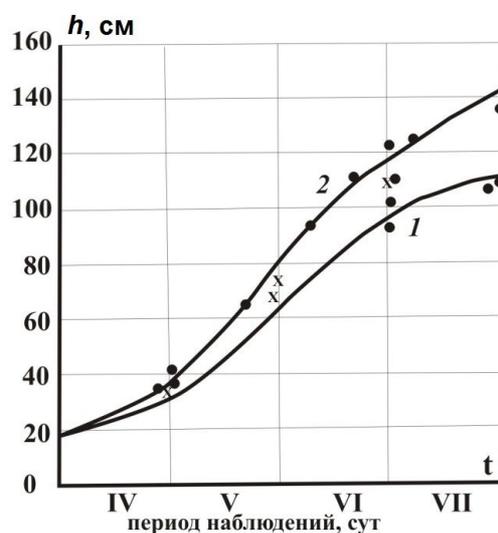
На черноземовидной почве все испытываемые культуры многолетних трав наиболее активно наращивали зеленую массу в весенне-летний период до начала колошения и цветения. Начало колошения у костреца безостого Ставропольский 35, костреца Вегур и житняка гребенчатого отмечалось примерно в одно время (8–10 мая), цветение

началось у костреца 14–15 мая, у житняка – на 1–2 дня позже. Завершилось цветение к концу 1-й декады июня. Из пыреев первым колоситься начал пырей удлиненный (с 19 мая), пырей солончаковый – единично с 24 мая. Цветение же началось у всех примерно в одно время (со 2-й декады июня), а завершилось у пырея удлиненного на неделю раньше (в 20-х числах июня), чем у солончакового (начало июля) (рисунок 2).

Таблица 1 – Ход роста пастбищных сельскохозяйственных культур, г. Волгоград, лизиметр ВНИАЛМИ, 2015 г.

Вид, сорт	Апрель	Май	Июнь	Июль
1 Житняк гребенчатый	35	59	101	107
2 Кострец безостый Вегур	34	74	110	135
3 Кострец безостый Ставропольский 35	37	71	122	135
4 Пырей солончаковый	32	68	96	138
5 Пырей удлиненный	40	73	110	153

В см



1 – житняк; 2 – кострец и пырей

Рисунок 1 – Ход роста высоты растений на лизиметрическом комплексе ВНИАЛМИ, 2015 г.



Рисунок 2 – Опытные посевы 6-летних кормовых трав на лизиметрическом комплексе ВНИАЛМИ, 2015 г.

Изучение особенностей формирования фитомассы на черноземовидных супесчаных почвах показало их пластичность. В период активного роста и кущения они

имеют приземный тип аэротопа, в период формирования колоса – бипиковый тип, который не отмечается у аборигенных растений, не имеющих селекционного отбора. Эта закономерность проявляется у всех категорий особей, образующих агроценозы.

В середине июля был проведен учет фитопродуктивности испытуемых трав, определена их урожайность и семенная продуктивность. Анализируя данные, можно отметить, что в целом исследуемые растения хорошо адаптировались в аридных условиях данного региона. В течение вегетации они имели нормальный рост и развитие. Учет фитопродуктивности показал, что самую высокую урожайность имел житняк гребенчатый (65,5 ц/га, в том числе семена – 16,9 ц/га). Кострецы Вегур и Ставропольский 35 сформировали соответственно 32,9 и 36,2 ц/га, семян – соответственно 10,1 и 13,3 ц/га. Самая низкая урожайность отмечена у пырея удлиненного и солончакового (31,4 и 30,5 ц/га) (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность и семенная продуктивность 6-летних посевов кормовых трав, ВНИАЛМИ, 2015 г. [способ посева широкорядный (45 см)]

Вид, сорт	Фитомасса		Семена	
	г/м ²	ц/га	г/м ²	ц/га
1 Житняк гребенчатый	655,1	65,5	169,7	16,9
2 Кострец безостый Вегур	329,7	32,9	101,0	10,1
3 Кострец безостый Ставропольский 35	361,6	36,2	132,5	13,3
4 Пырей удлиненный	313,8	31,4	60,9	6,1
5 Пырей солончаковый	304,7	30,5	57,0	5,7

Выводы. Исследования по оценке и вводу новых видов и сортов кормовых растений показали, что лучшие для региона высокопродуктивные многолетние травы ставропольской селекции следующие: житняк гребенчатый, кострец безостый Вегур и Ставропольский 35, пырей солончаковый, пырей удлиненный. Выявлена последовательность прохождения фаз вегетации: житняк → кострецы → пыреи, что важно учитывать при формировании зеленого конвейера.

Фитомасса отобранных кормовых многолетних трав в несколько раз превосходит естественно сформированные травостои: у житняка – в 2–5 раз, у пыреев – в 2 раза, у кострецов безостых – в 1,5 раза.

Высокий биоклиматический потенциал и особенности формирования аэротопа перспективных кормовых растений позволят использовать их при фитомелиорации деградированных угодий.

Полученные материалы могут применяться в современных технологиях восстановления и улучшения деградированных пастбищ аридной зоны. Обогащение и реконструкция кормовых угодий Северо-Западного Прикаспия позволят повысить их продуктивность, устойчивость и долговечность.

Список использованных источников

1 Турко, С. Ю. Фитомелиорация деградированных угодий на основе технологии выращивания перспективных видов кормовых растений / С. Ю. Турко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. № 1(57). – С. 68–72.

2 Воронина, В. П. Оценка кормовых ресурсов аридных лесопастбищ Северо-Западного Прикаспия / В. П. Воронина, В. С. Баянов // Научная жизнь. – М. – Саратов, 2012. – № 1. – С. 53–56.

3 Рекомендации по формированию лесопастбищ в аридной зоне / В. И. Петров [и др.]. – Волгоград, 2000. – 42 с.

4 Турко, С. Ю. Восстановление деградированных пастбищ на легких почвах с

использованием высокопродуктивных фитомелиорантов / С. Ю. Турко, М. В. Власенко, А. К. Кулик // Вестник РАСХН. – М., 2014. – № 5. – С. 58–61.

5 Петров, В. И. Фитоструктура аэротопа пастбищных экосистем Северо-Западного Прикаспия / В. И. Петров, В. П. Воронина // Доклады РАСХН. – 2007. – № 1. – С. 22–25.

6 Лир, Х. Физиология древесных растений / Х. Лир, Г. Польстер, Г.-Н. Фидлер. – М.: Лес. пром-сть, 1974. – 421 с.

7 Франс, Д. Математические модели в сельском хозяйстве / Д. Франс, Д. Х. М. Торнли. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.

УДК 631.67:633.34

В. А. Шадских, В. О. Пешкова

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация

Л. Г. Романова

Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация;

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация

Н. А. Тимофеева, А. Г. Лапшова

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация

ОТБОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ СОИ ПО УРОЖАЙНОСТИ И ОСНОВНЫМ БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Целью исследований являлся отбор перспективных сортов сои, возделываемых по ресурсосберегающей технологии в условиях сухостепной зоны Поволжского региона на орошаемых землях, по урожайности и биохимическим показателям. Проведена оценка сортов сои по биологическому урожаю и содержанию протеина, жира в зерне. Выявлены потенциальные способности сортов в условиях Поволжья при орошении. Дана характеристика сортам сои по высокобелковости и жирности. Оценена перспективность их возделывания на высокобелковое зерно и в кормосмесях. Отобраны высокопродуктивные сорта сои для возделывания по ресурсосберегающей технологии в сухостепной зоне Поволжского региона при орошении.

Ключевые слова: сорта сои, ресурсосберегающая технология, возделывание, биологический урожай, биохимические показатели, протеин, жир.

Введение. В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 6 августа 2014 г. и принятым Постановлением Правительства Российской Федерации от 6 августа 2014 г. № 560-ФЗ «О применении отдельных специальных экономических мер в условиях обеспечения безопасности Российской Федерации» утвержден перечень сельскохозяйственной продукции, на которую установлен запрет к ввозу [1].

Под запрет попали поставки сельхозпродукции из США, Австралии, Канады, Норвегии, стран ЕС, которые поставляли и зерно сои. Это обстоятельство объективно требует пересмотра аграрной политики государства, переоценки ранее принятых программ и проектов развития агропромышленного комплекса. Поставлена задача по увеличению площадей посевов сои. Среднее Поволжье является одной из перспективных зон для соеосеяния при орошении.

С увеличением производства зерна сои открываются новые возможности для повышения эффективности аграрной отрасли Саратовской области.

Оценка потенциальной способности сортов и подбор перспективных, высоко-

урожайных, высокобелковых сортов сои для возделывания при орошении позволят обеспечить уникальным и недорогим высококачественным зерном бесперебойную работу холдингов и комбинатов по производству соевых продуктов и ингредиентов, улучшить структуру и качество питания населения недорогими, разнообразными, полноценными белковыми продуктами, разнообразить ассортимент кормопроизводства высокобелковыми кормами.

Методика исследований. Исследования по отбору перспективных сортов сои по урожайности, содержанию протеина и жира проводились в сухостепной зоне Поволжья на полях ОПХ «ВолжНИИГиМ», расположенных в Энгельском районе Саратовской области, в соответствии с общепринятой методикой опытного дела и календарным планом исследований 2015 г. («Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», 1985; «Рекомендации по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте» НИИСХ Юго-Востока, 1973; ВНИИМК, 1983; «Методика полевого опыта», 2010 [2]).

Биологическая урожайность зерна определена поделяночно по пробным снопам с 1 м² в 5-кратной повторности, зерно приведено к стандартной 14%-ной влажности и 100%-ной чистоте.

Содержание протеина в зерне сои устанавливали в агрохимической лаборатории ВолжНИИГиМ по ГОСТ 13496.4–93 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина». Количество жира в сое определяли в агрохимической лаборатории ВолжНИИГиМ по ГОСТ 13496.15–97 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира» с изменением № 1, принятым в марте 2004 г. (ИУС 6-2004).

Все сорта сои возделывали по ресурсосберегающей технологии, разработанной в ВолжНИИГиМ [3].

К уборке приступали при полном созревании семян каждого сорта сои (влажность 14–16 %), и проводили ее в сжатые сроки [4].

Результаты исследований. Анализ биологического урожая 16 сортов сои различной селекции показал, что в 2015 г. во всех вариантах с нормой высева 550 тыс. шт./га и междурядьем 0,30 м все сорта вызрели, но имели разные периоды вегетации и проявились как ранне- и среднеспелые (98–124 дней). Наилучший биологический урожай отмечен у сортов Виктория, Амиго, Л-10-0082, Злата, Селекта 101, Спарта, Л-09-0077. Эти сорта сформировали урожай выше их потенциальной способности.

На основании анализа продуктивности и исследований в течение периодов вегетации при орошении в условиях сухостепной зоны Поволжского региона выявлены 16 перспективных для возделывания по ресурсосберегающей технологии сортов сои разной селекции [5]:

- Всероссийский НИИ масличных культур (г. Краснодар) – Славия, Лира, Чара;
- Самарский НИИСХ (г. Самара) и Ершовская ОСОЗ (г. Ершов) – Самер 1;
- «Евралис Семанс» (Франция) – Амфор;
- Компания «Соевый комплекс» (г. Краснодар) – Бара, Злата, Амиго, Селекта 101, Спарта, Л-009-0077, Л-10-0082;
- Белгородская ГСХА им. В. Я. Горина (г. Белгород) – Виктория, Белгородская 8;
- ООО «Соя-Север Ко» (г. Минск) – Волма, Припятъ.

Из вышеперечисленных сортов не все районированы и разрешены к возделыванию в 7, 8 регионах. Некоторые из них в настоящее время проходят сортоиспытание для включения в Госреестр селекционных достижений, но при этом обеспечили биологическую урожайность зерна 3,2–5,1 т/га при орошении в условиях сухостепной зоны Поволжья (таблица 1).

Биохимический анализ зерна сортов сои показал наибольшее содержание про-

теина в сортах Самер 1 (46,38 %), Волма (46,14 %), Бара (производственный посев) (44,90 %), Виктория (44,00 %), Припять (39,20 %), Бара (38,46 %), Амфор (37,26 %), Злата (35,55 %), Л-10-0082 (35,16 %), Лира (34,11 %), Белгородская 8 (34,02 %), Селекта 101 (33,72 %), Чара (33,52 %), Амиго (33,18 %), Спарта (31,77 %), Славия (31,32 %), Л-09-0077 (30,72 %) (таблица 1).

Таблица 1 – Перспективные сорта сои из различных сосеющих регионов

Оригинатор	Сорт	Период вегетации, сут	Биологическая урожайность, т/га	Протеин, %	Жир, %
1 Всероссийский НИИ масличных культур им. В. С. Пустовойта (г. Краснодар)	Славия	107	4,51	31,32	19,24
	Лира	100	3,93	34,11	18,81
	Чара	105	3,78	33,52	17,81
2 «Евралис Семанс» (Франция)	Амфор	124	3,71	37,26	18,03
3 ООО «Соя-Север Ко», (г. Минск)	Припять	118	3,44	39,20	16,91
	Волма	112	3,43	46,14	18,03
4 Белгородская ГСХА им. В. Я. Горина (г. Белгород)	Белгородская 8	117	3,81	34,02	19,87
	Виктория	114	5,10	44,00	21,30
5 Компания «Соевый комплекс» (г. Краснодар)	Бара	113	3,21	38,76	18,06
	Бара (производственный посев)	109	2,75	44,90	18,47
	Амиго	120	5,01	33,18	19,97
	Злата	112	4,47	35,55	17,83
	Селекта 101	123	5,05	33,72	19,69
	Л-09-0077	116	4,76	30,72	18,77
	Л-10-0082	117	5,12	35,16	17,33
	Спарта	98	5,01	31,77	19,62
6 Самарский НИИСХ, Ершовская опытная станция орошаемого земледелия, НИИСХ Юго-Востока	Самер 1	110	3,73	46,38	15,80

По данным оригинаторов сортов, содержание протеина колеблется от 27 до 43 %, что характеризует выращенное в 2015 г. по ресурсосберегающей технологии в условиях сухостепной зоны при орошении зерно как качественное.

Содержание жира в сортах сои находится в пределах 15–21 %. Для масличной культуры это среднее количество в сравнении с семенами подсолнечника, содержащими до 50 % жира.

Выявлено, что четыре сорта сои из Приморья продуктивно возделывать в кормосмесях для сбалансированности зеленых кормов по протеину и аминокислотному составу на корню в поле (таблица 2). Это рентабельно для кормопроизводства.

Эти сорта имеют объемную надземную массу, высота их достигает 130 см, они позволяют проводить укос кормосмеси два раза за период роста и развития сои.

Выводы. В условиях умеренно засушливого вегетационного периода с тремя поливами и тщательным соблюдением всех агроприемов по ресурсосберегающей технологии 16 сортов проявили себя как высокопродуктивные, неполегающие, с высоким прикреплением бобов, дающие планируемые урожаи при наименьших затратах.

Таблица 2 – Высокобелковые сорта сои для введения в кормосмеси [оригинатор – Приморский НИИСХ (г. Уссурийск)]

Сорт	Период вегетации, сут	Биологическая урожайность, т/га	Протеин, %	Жир, %
Приморская 4	139	3,17	32,84	18,21
ПримНИИСХ-7104	139	2,52	38,58	17,89
ПримНИИСХ-7077	139	3,53	32,86	18,89
ПримНИИСХ-7198	139	3,09	32,66	18,77

В результате проведенных исследований подобраны перспективные, высокоурожайные и высокобелковые сорта сои, обеспечивающие выход высококачественных семян и имеющие урожайность более 3,0 т/га в условиях сухостепной зоны Поволжского региона при орошении.

Выделены высокобелковые сорта сои селекции Приморского НИИСХ (г. Уссурийск) с объемной надземной биомассой и высотой стояния до 130 см и более, вегетационным периодом до 140 дней в сухостепной зоне Поволжья, которые рекомендованы для возделывания в многокомпонентной кормосмеси: Приморская 4 (113 см), ПримНИИСХ-7198 (124 см), ПримНИИСХ-7104 (108 см), ПримНИИСХ-7077 (122 см). Данные сорта позволяют получать сбалансированные по протеину на корню корма в поле.

Список использованных источников

1 О защите прав потребителей: Закон Российской Федерации от 7 февраля 1992 г. № 2300-1: по состоянию на 13 июля 2015 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_305.

2 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 2010. – 352 с.

3 Возделывание сои на семена на орошаемых землях Саратовского Заволжья: рекомендации / В. А. Нагорный, В. А. Шадских, П. Е. Губанов, Ю. И. Панченко; ФГНУ «ВолжНИИГиМ». – Саратов, 2009. – 15 с.

4 Общие требования стандарта организации агротехнических мероприятий при возделывании сельскохозяйственных культур для сухостепной зоны Саратовского Заволжья / В. А. Шадских, О. В. Пешкова, В. Е. Кижаяева, А. Г. Лапшова // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Мичуринск, 15–17 октября 2015 г. – Мичуринск: 2Д Мичуринск, 2015. – С. 550–558.

5 Возделывание перспективных сортов сои на основе ресурсосберегающей технологии в Поволжье / В. А. Шадских, О. В. Пешкова, В. Е. Кижаяева, А. Г. Лапшова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. № 3(59). – С. 87–91.

УДК 631.6.02:504.062

А. С. Капустян, Г. А. Сенчуков, Д. В. Мартынов

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОХРАНЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

Возросшее внимание к мелиорации со стороны государства требует интенсификации производственной деятельности со стороны как эксплуатационных органи-

заций, так и государственных контролирующих органов. Существующий мелиоративный комплекс России, включающий более 9 млн га мелиорированных земель и 50 тыс. гидротехнических сооружений с учетом увеличения их количества на перспективу, требует повышения эффективности эксплуатации мелиоративных объектов. Разработка нормативно-методического обеспечения эксплуатационных организаций и государственных контролирующих органов должна способствовать успешному развитию отечественной мелиорации и повышению продуктивности орошаемых земель.

Ключевые слова: охрана и использование, мелиорация, мелиоративные объекты, орошение, плодородие почв, сельскохозяйственное производство.

Сельскохозяйственное производство на территории Российской Федерации ведется в сложных природно-климатических условиях, поэтому среди комплекса проводимых мероприятий, обеспечивающих устойчивость сельскохозяйственного производства, особенно в засушливых регионах, важная роль отведена мелиорации земель.

Мировая практика развития земледелия показала, что орошаемые земли являются гарантом стабильности сельскохозяйственного производства и обеспечения продовольственной безопасности, поэтому повышение эффективности использования мелиоративных земель России является одной из стратегических задач развития АПК.

В современных условиях интенсификации сельскохозяйственного производства мелиоративное освоение земель должно осуществляться на основе внедрения инновационной техники и технологий орошения и рационального использования водных и земельных ресурсов с учетом сохранения и повышения почвенного плодородия. Для реализации этой цели необходим постоянный контроль за показателями охраны и использования мелиоративных земель, мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений.

В пользовании сельскохозяйственных товаропроизводителей, по данным департамента мелиорации Минсельхоза России за 2014 г., находится 9,05 млн га мелиорированных земель, в том числе 4,27 млн га орошаемых земель, из которых в сельскохозяйственном производстве используется 3,15 млн га, и 4,78 млн га осушенных земель, из которых в сельскохозяйственном обороте числится 3,14 млн га. На мелиорированных землях, занимающих около 8 % от площади пашни, производят весь рис, до 70 % овощей, более 20 % кормов для животноводства и другую продукцию.

В 2013 г. из-за неисправности оросительных систем общего и индивидуального пользования, отсутствия поливной техники и по другим причинам в России не поливалось около 2,5 млн га орошаемых земель. Полив сельскохозяйственных культур был осуществлен на площади 1,62 млн га, в том числе 0,53 млн га зерновых культур, 0,25 млн га овощных культур и картофеля, 0,58 млн га кормовых культур и 0,26 млн га прочих [1].

Реализация федеральной целевой программы «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006–2010 годы и на период до 2013 года» (далее – ФЦП «Плодородия») показала, что важнейшими итогами являются предотвращение выбытия из сельскохозяйственного оборота, вовлечение в интенсивный сельскохозяйственный оборот, защита земель от водной эрозии, затопления и подтопления на площади, вовлечение в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых сельскохозяйственных угодий и ввод в эксплуатацию мелиорированных земель.

За период реализации ФЦП «Плодородие» суммарный прирост производства сельскохозяйственной продукции в зерновых единицах составил 112,8 млн т, в том числе от проведения гидромелиоративных мероприятий, а также мероприятий по предотвращению выбытия и вовлечению земель в сельскохозяйственный оборот – 30,6 млн т зерновых единиц [1].

В ведении Минсельхоза России находится мелиоративный комплекс, включаю-

щий 50 тыс. гидротехнических сооружений государственной собственности, в том числе 232 водохранилища, более 2 тыс. регулирующих гидроузлов, 134 речных плотины, 1,7 тыс. подающих и откачивающих воду стационарных насосных станций, более 40 тыс. км водопроводящих и сбросных каналов, более 3 тыс. км защитных валов, дамб и других объектов [1].

Из общего количества гидротехнических сооружений 390 относится к потенциально опасным объектам, которые создают реальную угрозу возникновения чрезвычайной ситуации, в том числе 160 плотин водохранилищ, 43 гидроузла, 72 защитные дамбы и другие сооружения [1].

Финансирование за счет капитальных вложений, предусмотренных ФЦП «Плодородие», за период 2006–2013 гг. позволило реконструировать и ввести в эксплуатацию 314 мелиоративных объектов, провести противопаводковые мероприятия на 239 мелиоративных объектах, что снизило риски аварийности на гидротехнических сооружениях при чрезвычайных ситуациях.

Для решения стратегических задач в области сельского хозяйства разработана федеральная целевая программа «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель России на 2014–2020 годы» (ФЦП «Мелиорация»), предусматривающая ввод в эксплуатацию новых и реконструкцию старых мелиоративных объектов. Успешная реализация ФЦП «Мелиорация» позволит повысить урожайность, устойчивость и валовое производство, однако для достижения этой цели необходимо совершенствовать охрану и использование мелиоративных объектов.

Объекты мелиорации, находящиеся в ведении Минсельхоза России, подлежат учету и контролю со стороны департамента мелиорации, Россельхознадзора и Ростехнадзора.

Департамент мелиорации призван повышать эффективность использования мелиоративных объектов федеральной собственности и увеличивать объемы гарантированного производства сельхозпродукции на мелиорированных землях с целью достижения продовольственной безопасности страны.

Федеральные службы Россельхознадзора и их территориальные органы при проведении государственного земельного надзора осуществляют контроль и надзор за соблюдением требований земельного законодательства по сохранению и воспроизводству плодородия земель сельскохозяйственного назначения, включая мелиорированные земли.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) обеспечивает безопасность производственных процессов при эксплуатации гидротехнических сооружений мелиоративного назначения.

Правовая охрана земель закреплена в Конституции Российской Федерации, Земельном кодексе, законе о мелиорации, земельном законодательстве и правовых актах субъектов Российской Федерации, согласно которым она охраняется как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории, а использование земель должно осуществляться способами, обеспечивающими сохранение экологических систем, способности земли быть естественным основным средством производства в сельском и лесном хозяйствах, основой осуществления хозяйственной и иных видов деятельности.

Земельный кодекс Российской Федерации в статье 5 определил участников земельных отношений и дал определения собственникам, землевладельцам, арендаторам земельных участков и обладателям сервитута. В целях охраны земель (статья 13) обязал собственников земельных участков, землепользователей и арендаторов проводить мероприятия по сохранению почв и их плодородия, ликвидации последствий загрязнения и поддержанию достигнутого уровня мелиорации.

Законом № 327-ФЗ от 14 декабря 2013 г. рекомендовано принять ряд мер,

направленных на обеспечение защиты земель сельскохозяйственного назначения, в том числе выполнение комплекса мероприятий, обеспечивающих увеличение доли мелиорированных земель в составе сельскохозяйственных угодий.

В целях охраны земель разрабатываются федеральные, региональные и местные программы охраны земель, включающие в себя перечень обязательных мероприятий по охране земель с учетом особенностей хозяйственной деятельности, природных и других условий.

Однако до настоящего времени существуют проблемы правового регулирования в области мелиорации земель, обусловленные недостаточным урегулированием вопросов ведения и полномочия органов власти различных уровней, принципов и механизмов учета мелиорированных земель, паспортизации мелиоративных систем, отсутствием утвержденных правил проведения работ в области мелиорации, закрепленных принципов платности подачи воды и водоотведения с использованием мелиоративных систем, а также некорректностью норм об ответственности за правонарушения, связанные с мелиорацией земель.

Совершенствованию организации при осуществлении государственного земельного надзора способствовало утверждение Постановления Правительства Российской Федерации от 2 января 2015 г. № 1 «Об утверждении Положения о государственном земельном надзоре», согласно которому он должен осуществляться федеральными службами Россельхознадзора и их территориальными органами. Положение предусматривает соблюдение требований земельного законодательства об использовании земельных участков по целевому назначению и выполнение обязанностей по приведению земель в состояние, пригодное для использования по целевому назначению, по улучшению земель и охране почв от ветровой, водной эрозии и предотвращению других процессов, ухудшающих качественное состояние земель, а также соблюдение требований в области мелиорации земель, при нарушении которых рассмотрение дел об административных правонарушениях осуществляют органы государственного земельного надзора.

Для совершенствования мероприятий по проведению инвентаризации и мониторинга мелиоративных систем и гидротехнических сооружений департаментом мелиорации Минсельхоза России был разработан план мероприятий по внесению сведений в федеральную государственную информационную систему «Функциональная подсистема «Электронный атлас земель сельскохозяйственного назначения» (ФГИС ФП АЗСН) и формированию электронной базы паспортов мелиорированных систем и гидротехнических сооружений.

Весомый вклад в интенсификацию работы мелиоративного комплекса вносит и Российский НИИ проблем мелиорации (ФГБНУ «РосНИИПМ»), разрабатывая широкий спектр нормативно-методических документов по эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений.

Успешному развитию отечественной мелиорации, предотвращению деградационных процессов на мелиорированных землях, сокращению выбытия из оборота и вовлечению в сельскохозяйственный оборот новых мелиорированных земель, защите от водной и ветровой эрозии почв, повышению эффективности эксплуатации гидротехнических сооружений должна способствовать подготовка нормативно-методических документов по охране и использованию мелиоративных объектов, разработкой которых в настоящее время занимается ФГБНУ «РосНИИПМ».

Список использованных источников

1 Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. – М.: Росинформагротех, 2014. – 176 с.

УДК 631.676:631.559:635.21

А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДОЖДЯ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ ЛЕТНЕЙ ПОСАДКИ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье рассматривается динамика урожайности картофеля летней посадки в зависимости от интенсивности дождя импортной дождевальной машины, а также приведены результаты опыта по влиянию изменения доз внесения минеральных удобрений на урожайность картофеля летней посадки. Проведенные измерения интенсивности дождя импортной дождевальной машины кругового действия показали, что в зависимости от удаленности от центра машины интенсивность дождя увеличивается. Так, на расстоянии до 150 м интенсивность дождя не превышает 0,5 мм/мин. При удалении до 270 м интенсивность достигает 1,0 мм/мин. На расстоянии от 300 до 400 м от центра дождевальной машины интенсивность дождя увеличивается с 1,5 до 2,5 мм/мин. На конце машины без учета концевой дальнеструйной насадки интенсивность дождя достигает 4,0 мм/мин. При интенсивности дождя до 1,0 мм/мин урожайность картофеля является наибольшей. При увеличении интенсивности от 1,5 до 2,5 мм/мин урожайность уменьшается до 25–30 т/га. На расстоянии свыше 400 м от основания дождевальной машины при интенсивности, превышающей 2,5 мм/мин, урожайность картофеля снижается до 20 т/га.

Ключевые слова: дождевальная машина, урожайность картофеля, интенсивность дождя, поливная норма, дозы удобрений.

Исследования качества дождя и технологии орошения с применением импортных современных машин показывают, что при использовании современных дождевальных машин (ДМ) не выполняются требования к технологии орошения: равномерность распределения дождя по длине фермы не соответствует требованиям; дождеватели создают дождевое облако с крупными каплями; интенсивность дождя высокая (доходит до 4 мм/мин при заявленной 1 мм/мин), что приводит к образованию луж и поверхностного стока уже при слое дождя 20–25 мм; переувлажнение верхнего слоя почвы с последующим образованием корки отрицательно сказывается на почвенных процессах. Прекращение поступления воздуха в почву из-за корки приводит к образованию окисных и закисных форм химических элементов, токсичных для сельскохозяйственных культур, неэффективному использованию внесенных удобрений, снижению темпов роста и урожайности. В связи с этим установление влияния на почвенные процессы технологии орошения разными ДМ и поверхностными способами, разработка требований к технике и технологии орошения и предложений по их усовершенствованию являются актуальными и востребованными производством.

Полевой опыт был заложен в ООО «Агрофирма «Бессергеновская» Октябрьского района Ростовской области. Повторность опытов трехкратная. Размер делянок – $15 \times 100 \text{ м} = 1500 \text{ м}^2$. Агротехника сельскохозяйственных культур общепринятая для Ростовской области в условиях орошения.

В полевых условиях в опытах были определены следующие показатели:

- наименьшая влагоемкость почвы – методом заливаемых площадок (до закладки опытов и после трех лет воздействия);
- водопроницаемость почвы прибором ПВН – по Вадюниной (до закладки опытов и после трех лет воздействия);

- объемная масса (плотность сложения) почвы – методом режущего кольца по Качинскому в трехкратной повторности (до закладки опытов и после трех лет воздействия орошения и комплексного приема);
- показатели качества дождя ДМ и досточковая норма – по СТО АИСТ 11.1-2010;
- влажность почвы – термостатно-весовым методом, путем высушивания образцов почвы до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105 °С в течение 8–9 ч. Образцы почвы отбирались через каждые 10 см до метровой глубины через каждые 7–10 дней, а также перед поливом, через сутки после полива и выпадения осадков более 5 мм;
- дозы минеральных удобрений – балансовым методом по М. К. Каюмову [1];
- поливная норма – по формуле А. Н. Костякова [2]:

$$m = 100 \cdot H \cdot \alpha \cdot (\beta_{\text{нв}} - \beta_{\text{н}}),$$

где m – поливная норма, м³/га;

H – глубина расчетного слоя почвы, м;

α – плотность сложения почвы, т/м³;

$\beta_{\text{нв}}$ – наименьшая влагоемкость, % от массы сухой почвы;

$\beta_{\text{н}}$ – влажность почвы перед поливом, % от массы сухой почвы;

- глубина увлажнения и распространения корневой системы по фазам развития растений.

Образцы почв в каждом опыте отбирались осенью после уборки культур в каждом варианте по слоям 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100 см строго по динамическим площадкам. Отбор проб почвы осуществлялся согласно ГОСТ 28168–89.

В образцах почв определялось:

- общее содержание гумуса – по Тюрину в модификации Никитина [3] (до мелиорации и после трех лет воздействия комплексных приемов);
- подвижный P₂O₅ и обменный K₂O – по методу Мачигина [4] (ГОСТ 26205–91) (ежегодно);
- нитраты – по ГОСТ 26951–86 (ежегодно) [5].

Для установления эффективности проводимых приемов на опытных делянках урожайность сельскохозяйственных культур определялась в трехкратной повторности методом пробных площадок в зависимости от возделываемой культуры. Математическая обработка данных проводилась дисперсионным методом по Б. А. Доспехову с применением программного обеспечения Microsoft Excel.

Расчетная доза внесения удобрений – N₁₅₀P₁₇₀K₈₅ (на планируемую урожайность картофеля летней посадки 40 т/га).

В процессе исследований была изучена интенсивность дождя импортной ДМ кругового действия (рисунок 1).

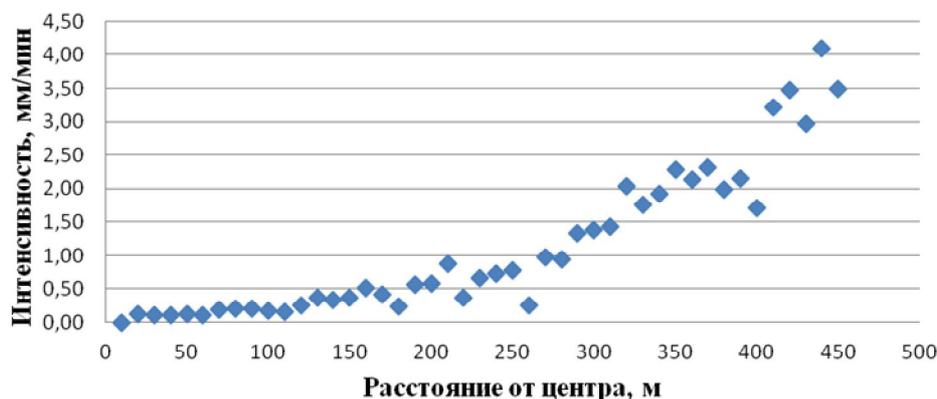


Рисунок 1 – Интенсивность дождя импортной ДМ кругового действия

Проведенные нами измерения интенсивности дождя импортной ДМ кругового действия показали, что в зависимости от удаленности от центра ДМ интенсивность дождя увеличивается. Так, на расстоянии до 150 м интенсивность дождя не превышает 0,5 мм/мин. При удалении до 270 м интенсивность достигает 1,0 мм/мин. На расстоянии от 300 до 400 м от центра ДМ интенсивность дождя увеличивается с 1,5 до 2,5 мм/мин. На конце ДМ без учета концевой дальнеструйной насадки интенсивность дождя достигает 4,0 мм/мин.

В фазе технической спелости была проведена уборка урожая картофеля. Урожайность картофеля в зависимости от удаления от центра ДМ представлена на рисунке 2.

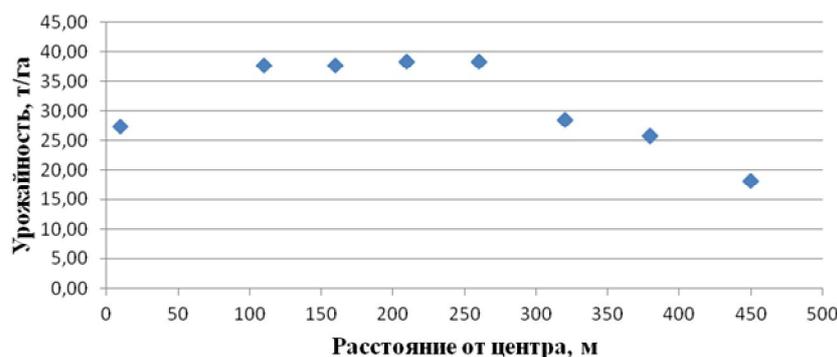


Рисунок 2 – Урожайность картофеля в зависимости от удаленности от центра ДМ

Анализ данных рисунка 2 показывает, что урожайность картофеля у основания ДМ не превышает 30 т/га. На промежутке 100–300 м от центра ДМ урожайность картофеля достигает 40 т/га и является неизменной на всем участке. При удалении от центра наблюдается уменьшение урожайности. В итоге на конце ДМ урожайность снижается до 18 т/га.

В результате исследований установлена зависимость урожайности картофеля от интенсивности дождя (рисунок 3).

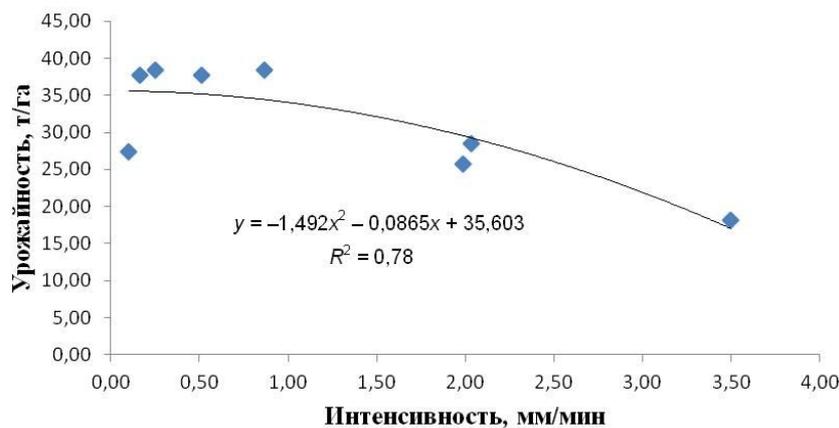


Рисунок 3 – Зависимость урожайности картофеля от интенсивности дождя

Из данных рисунка 3 видно, что при интенсивности дождя до 1,0 мм/мин урожайность картофеля является наибольшей. При увеличении интенсивности от 1,5 до 2,5 мм/мин урожайность уменьшается до 25–30 т/га. На расстоянии свыше 400 м от основания ДМ при интенсивности, превышающей 2,5 мм/мин, урожайность картофеля снижается до 20 т/га.

Таким образом, при скорости ДМ, позволяющей выдавать оросительную норму, в которой нуждается картофель, интенсивность дождя 1,0 мм/мин и менее приходится на расстояние от корня ДМ до 270 м. Высокая интенсивность дождя ДМ при орошении кар-

тофеля не позволяет получать высоких урожаев на расстоянии более 300 м от центра ДМ.

В процессе исследований также были проведены исследования влияния доз удобрений на урожайность картофеля летней посадки. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность картофеля летней посадки в зависимости от доз минеральных удобрений

Вариант опыта	Средняя урожайность, т/га	Прибавка урожая к контролю	
		т/га	%
1 Без удобрений	17,2	-12,0	-41,1
2 N ₇₀ P ₈₀ K ₀	23,1	-6,1	-20,9
3 N ₁₁₀ P ₁₃₀ K ₄₅ (контроль)	29,2	-	-
4 N ₁₅₀ P ₁₇₀ K ₈₅	39,8	10,6	36,3
НСР ₀₅ , т/га		1,04	
НСР ₀₅ , %		2,6	

Математическая обработка данных показала, что за время проведения исследований разница в урожайности между вариантами была достоверной, это подтверждается превышением наименьшей существенной разницы. Урожайность по годам исследований отличалась незначительно, а между вариантами была существенной.

Список использованных источников

1 Каюмов, М. К. Программирование продуктивности полевых культур / М. К. Каюмов. – М.: Росагропромиздат, 1989.

2 Костяков, А. Н. Основы мелиораций / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 750 с.

3 ГОСТ 26213–91. Почвы. Методы определения органического вещества // Техэксперт 2016 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт», 2016.

4 ГОСТ 26205–91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО // Техэксперт 2016 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт», 2016.

5 ГОСТ 26951–86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом // Техэксперт 2016 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт», 2016.

УДК 631.675.4

А. В. Доброхотов

Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Российская Федерация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ ПОЛИВА С ПОМОЩЬЮ ИНДЕКСА CWSI

Цель работы – проверить расчет индекса водного стресса CWSI, на примере культуры овса и установить необходимость проведения полива на основе полученных значений CWSI. Расчет индекса водного стресса CWSI показал, что он является хорошим индикатором для определения необходимости полива. На увлажненном экспериментальном участке его значение колебалось от 0,2 до 0,5, на сухом участке – от 0,6 до 1,0.

Ключевые слова: орошение, сроки проведения полива, водный стресс растений, микроклимат сельскохозяйственного поля.

Введение. Орошение – один из видов водных мелиораций в зонах недостаточного и неустойчивого естественного увлажнения, направленных на предотвращение почвенной и частично атмосферной засухи путем покрытия дефицита влажности в призем-

ном слое воздуха. Системы орошения проектируются с учетом режимов орошения. Последние характеризуют сроки и нормы подачи воды для полива с целью поддержания необходимой для роста и развития растений влажности почвы.

Автоматизация процесса орошения является актуальной проблемой агрометеорологии России. Для автоматизации необходима универсальная методика, позволяющая рассчитывать показатели режима орошения непосредственно при измерении основных метеопараметров на сельскохозяйственном поле.

Водный стресс наблюдается, когда растениям недостаточно воды, чтобы восстановить потери при транспирации. Кратковременный водный стресс приводит к потере влаги растением и, как следствие, увяданию. Длительный стресс приводит к приостановке роста и в конечном счете к гибели растения.

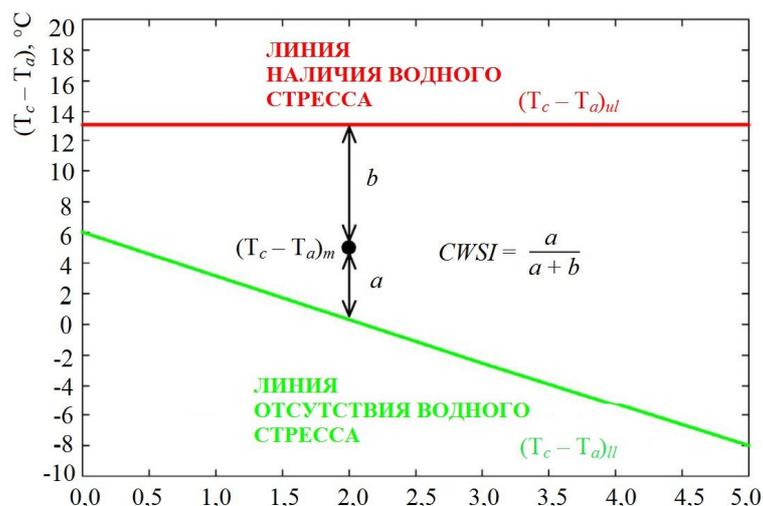
Использование температуры поверхности для определения водного стресса растений основывается на предположении, что вода становится лимитирующим фактором при развитии растения, транспирация сокращается и температура растения повышается. Данный параметр измеряется в нескольких вариантах по крайней мере полтора века. Ранние работы игнорируют метеорологические факторы и концентрируются из-за ограниченности оборудования на измерении температуры отдельных листьев. В течение первой половины прошлого века велась полемика из-за того, возможно ли, чтобы температура растений могла быть ниже, чем температура окружающего воздуха. С развитием инфракрасных радиометров появилась возможность измерять температуру нескольких растений [1].

Материалы и методы. В начале 1980-х гг. портативные инфракрасные термометры стали необходимыми инструментами для измерения температуры почвы и растений. Инфракрасные термометры дают возможность быстрых, качественных, полных измерений водного стресса растений. Идсо и др. (1981) представили эмпирический метод количественного определения стресса для сельскохозяйственных культур (линии, при которых растение не испытывает или испытывает водный стресс). Эти линии представляют собой нижний предел температуры, которой растение могло бы достичь, если бы развивалось при потенциальных условиях, без водного стресса. Верхний предел – температура, при которой транспирация не происходит (при наличии водного стресса).

Индекс водного стресса растений *CWSI* (*crop water stress index*) рассчитывается по разнице между измеренной температурой растений, температурой воздуха и нижним пределом температуры, деленными на разницу между верхним и нижним пределами (рисунок 1).

Этому эмпирическому подходу уделялось значительное внимание из-за его простоты и того факта, что для расчета нужны измерения температуры растительности, воздуха и дефицита насыщения водяного пара. В последующие годы некоторые недостатки метода стали очевидны. Критика основывалась на том, что метод не учитывает потоки излучения и скорость ветра, а также на том, что оценка верхнего предела является довольно неоднозначной. Было отмечено, что нижний предел, при котором растение не испытывает водный стресс во время прохладного периода, отличается от полученного в теплые периоды [1].

Вскоре после эмпирического подхода Идсо и др. (1981) Джексон и др. (1981) представили теоретический метод расчета *CWSI*. Теория требует оценки радиационного баланса и аэродинамического сопротивления в дополнение к температуре и парциальному давлению водяного пара, параметрам, которые требует эмпирический метод. Хотя теоретический подход показывает, как могут быть оценены верхний и нижний пределы, дополнительные измерения радиационного баланса, аэродинамического сопротивления, сопротивления растительного покрова и, возможно, некоторые уравнения, которые кажутся сложными, помешали проведению тщательных полевых испытаний преобразований, которые претерпел эмпирический метод.



T_c – температура растительной поверхности; T_a – температура воздуха;
 $(T_c - T_a)_m$ – измеренная, реальная разность температур; $(T_c - T_a)_{ul}$ – нижний предел, обозначает разницу между температурами, при которой транспирация не ограничивается наличием воды; $(T_c - T_a)_{ul}$ – верхний предел, обозначает разницу между температурами, при которой испарение равно нулю; a , b – эмпирические коэффициенты

Рисунок 1 – Линии наличия и отсутствия водного стресса при определении *CWSI* по Идсо [2]

На рисунке 2 показаны потоки, которые оцениваются в теоретическом подходе Джексона. Это солнечная радиация, противоизлучение атмосферы, транспирация (в данном случае говорится о транспирации, потому что индекс *CWSI* справедлив только для растительного покрова), излучение поверхностью листьев, излучение поверхности почвы, сопротивление конвекции, а также отражение солнечной радиации растительностью, отражение солнечной радиации почвой, отражение противоизлучения атмосферы растительностью, отражение растительностью длинноволнового излучения почвы. При этом необходимо учитывать температуру воздуха, температуру растительного покрова, относительную влажность воздуха, радиационный баланс, скорость ветра, характеристики растительного покрова (сомкнутость, альbedo, высоту и т. д.), характеристики почвы.

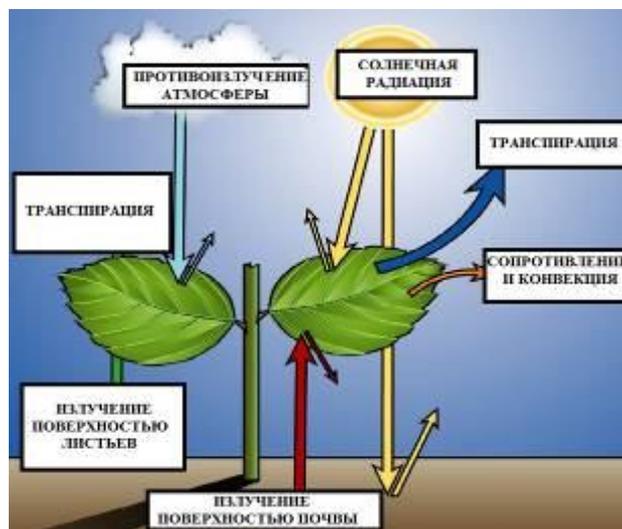


Рисунок 2 – Потоки, учитываемые в подходе Джексона [2]

Через испарение индекс водного стресса *CWSI* находится как отношение реальной эвапотранспирации к потенциальной, отнятое от единицы. Отношение реальной эвапотранспирации к потенциальной является отношением испарения к испаряемости и аналогом радиационного индекса сухости М. И. Будыко, который выступает репрезентативным геофизическим индикатором физико-географических зон и подзон. Индекс *CWSI* показывает, насколько почва недонасыщена влагой и насколько реальная эвапотранспирация отличается от потенциальной. Таким образом, при нахождении количественной характеристики потенциальной эвапотранспирации можно количественно определить реальную эвапотранспирацию, а значит, и их разность, которая будет показывать, сколько подстилающая поверхность должна получить воды, чтобы реальная эвапотранспирация стала равна потенциальной.

Индикатором полива, или сроком, когда необходимо внести поливную норму, может являться индекс водного стресса *CWSI*. Срок полива определяется временем, когда значение водного стресса приближается к некоторому пределу. Для каждой культуры в зависимости от реального испарения, типа почвы значение этого предела различно и зависит от значения легкодоступной воды, которая будет расходоваться за разный промежуток времени в зависимости от значения суммарного испарения. Значения максимально допустимого индекса водного стресса *CWSI* для некоторых сельскохозяйственных культур при различном суммарном испарении представлены в таблице 1. По достижении критического значения *CWSI* необходимо внести поливную норму.

Таблица 1 – Значения максимально допустимого *CWSI* [3]

Группа сельскохозяйственных культур	Максимальное значение эвапотранспирации <i>ET</i> , мм/день									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1 Лук, горох, картофель	0,50	0,43	0,35	0,30	0,25	0,23	0,20	0,20	0,18	
2 Банан, кабачок, персик, томат	0,68	0,58	0,48	0,40	0,35	0,33	0,28	0,25	0,23	
3 Люцерна, бобы, цитрусовые, арахис, ананас, арбуз, пшеница	0,80	0,70	0,60	0,50	0,45	0,43	0,38	0,35	0,30	
4 Хлопок, сорго, олива, виноград, сафлор, кукуруза, соя, табак	0,88	0,80	0,70	0,60	0,55	0,50	0,45	0,43	0,40	

Индекс водного стресса *CWSI* определяется по зависимости [4]:

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a)_m - (T_c - T_a)_{ul}}{(T_c - T_a)_{ul} - (T_c - T_a)_{ll}}$$

где T_c – температура поверхности, °С;

T_a – температура воздуха, °С;

m – показывает измеряемые условия;

ll – нижний предел (транспирация растительности не ограничена увлажнением почвы);

ul – верхний предел (нетранспирирующая растительность).

Эмпирически *CWSI* был посчитан согласно Идсо в 1981 г., при этом $(T_c - T_a)_{ll}$ и $(T_c - T_a)_{ul}$ были соотнесены с дефицитом насыщения водяного пара в воздухе и со спецификой растительности, после чего были выведены эмпирические коэффициенты. Теоретически *CWSI* был посчитан согласно Джексону и др. в 1981 г. по методике, которая использовала энергетический баланс поверхности, чтобы определить нижний и верхний пределы. Для вычисления нижнего предела Идсо представил эмпирическую формулу [5]:

$$(T_c - T_a)_{ll} = a + b \cdot VPD,$$

где a , b – эмпирические коэффициенты, определенные Идсо в 1981 г., различные для разных культур. Пример коэффициентов a , b представлен в таблице 2;

VPD – дефицит насыщения водяного пара, Па.

Таблица 2 – Коэффициенты a , b для различных сельскохозяйственных культур [3]

Сельскохозяйственная культура	a	b
Люцерна	0,51	-1,92
Ячмень (до цветения)	2,01	-2,25
Ячмень (после цветения)	1,72	-1,23
Бобы	2,91	-2,35
Свекла	5,16	-2,30
Кукуруза (без початков)	3,11	-1,97
Хлопок	1,49	-2,09
Огурец	4,88	-2,52
Салат-латук	4,18	-2,96
Картофель	1,17	-1,83
Соя	1,44	-1,34
Сорго	2,14	-1,81
Томаты	2,86	-1,96
Пшеница (до цветения)	3,38	-3,25
Пшеница (после цветения)	2,88	-2,11
Арбуз	3,05	-1,11

Джексон для вычисления нижнего предела представил следующую теоретическую формулу [4]:

$$(T_c - T_a)_{ll} = \frac{r_a(R_n - G)}{\rho C_p} \cdot \frac{\gamma(1 + r_{cp}/r_a)}{\Delta + \gamma(1 + r_{cp}/r_a)} - \frac{VPD}{\Delta + \gamma(1 + r_{cp}/r_a)},$$

где r_a – аэродинамическое сопротивление, с/м;

R_n – радиационный баланс, Вт/м²;

G – поток тепла в почву, Вт/м²;

ρ – плотность воздуха, кг/м³;

C_p – теплоемкость при постоянном давлении, Дж/кг·°С;

γ – психрометрическая постоянная, Па/°С;

r_{cp} – сопротивление растительного покрова при потенциальной транспирации, с/м;

Δ – наклон насыщения водяного пара к температурной кривой, Па/°С.

Для вычисления верхнего предела Идсо предложил эмпирическую формулу [5]:

$$(T_c - T_a)_{ul} = a + b \cdot VPG,$$

где VPG – разница между давлением насыщения водяного пара при температуре T_a и давлением насыщения при температуре $T_a + a$.

Джексон предложил следующую формулу для вычисления верхнего предела:

$$(T_c - T_a)_{ul} = \frac{r_a(R_n - G)}{\rho C_p}.$$

Результаты и обсуждение. Для проверки расчета индекса водного стресса $CWSI$ были выбраны данные полевого эксперимента над овсом на Меньковской опытной станции в 2011 г., которые были получены с помощью прибора АМПАК (автоматизированный мобильный полевой агрометеорологический комплекс), разработанного в Агрофизическом научно-исследовательском институте.

Эксперимент заключался в измерении метеопараметров сельскохозяйственного поля и температуры поверхности растительности над увлажненным и сухим участком поля. Для этого был выбран жаркий летний день и был произведен полив одного участка поля. Затем поочередно были произведены измерения на двух участках: с 08:30 до 10:30 над увлажненным участком, с 11:00 до 13:00 над сухим участком. Результаты расчета *CWSI* представлены на рисунке 3.

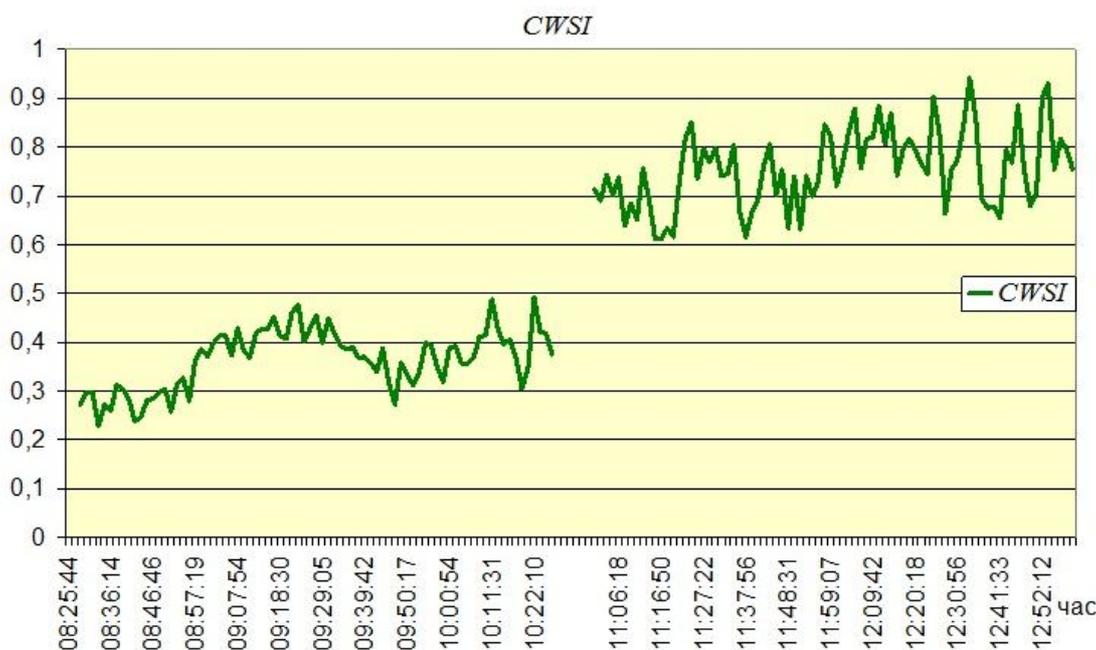


Рисунок 3 – Индекс водного стресса *CWSI* над увлажненным и сухим участками

Расчет индекса водного стресса *CWSI* показал, что он является хорошим индикатором для определения необходимости полива. На увлажненном экспериментальном участке его значение колебалось от 0,2 до 0,5, на сухом участке – от 0,6 до 1,0.

Список использованных источников

- 1 Jackson, D. Canopy Temperature and Crop Water Stress / D. Jackson // *Advances in Irrigation*. – 1982. – Vol. 1. – P. 43–85.
- 2 Measuring Crop Water Stress Index: Empirical Versus Theoretical Approaches [Electronic resource]. – Mode of access: <http://apogeeinstruments.com/content/CWSI.pdf>, 2016.
- 3 Aqua Stress [Electronic resource]. – Mode of access: <http://aquastress.net>, 2016.
- 4 Jackson, R. D. A Reexamination of the Crop Water Stress Index / R. D. Jackson, W. P. Kustas, B. Choudhury // *J. Irrig. Sci.* – 1988. – Vol. 9. – P. 309–317.
- 5 Idso, S. Non-water-stressed baselines: a key to measuring and interpreting plant water stress / S. Idso // *Agricultural Meteorology*. – 1982. – Vol. 27. – P. 59–70.

УДК 635.657:631.5:631.6

Н. Н. Лавренко

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОСЕВОВ НУТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ ВЫРАЩИВАНИЯ

Целью исследований являлось определение фотосинтетического потенциала посевов нута в зависимости от технологических приемов выращивания. Представлены результаты полевых исследований по усовершенствованию элементов технологии

выращивания нута в разных условиях влагообеспечения. Установлено, что максимальные показатели фотосинтетического потенциала посевов нута в межфазные периоды «ветвление – цветение» [1,074 млн м²/(га·сут)] и «цветение – созревание» [2,290 млн м²/(га·сут)] были сформированы в вариантах с применением отвальной обработки почвы на глубину 28–30 см, внесением минеральных удобрений в дозе N₉₀P₉₀, густотой стояния растений до 1,5 млн шт./га на фоне орошения.

Ключевые слова: фотосинтетический потенциал, нут, обработка почвы, удобрения, густота растений, орошение, межфазный период.

Введение. Поиск показателей, характеризующих потенциальную фотосинтетическую продуктивность, – задача, которая вызывает постоянный интерес исследователей. Первоначально внимание было сосредоточено на таких показателях, как интенсивность фотосинтеза, удельная поверхностная плотность хлорофилла и т. д. Начиная с листового индекса, предложенного Уотсоном (1947), получили развитие «валовые» показатели, отражающие величину фотосинтезирующей поверхности листьев, а позже и всего растения. Эти исследования легли в основу теории фотосинтетической продуктивности растений, в разработке которой принимали участие многие представители отечественных научных центров [1–3].

Возможность использования в практической работе показателей потенциальной продуктивности растений, опирающихся на величину фотосинтезирующей поверхности, таких как листовая индекс, листовая фотосинтетический потенциал, фотосинтетический потенциал всего растения и его структура, вызвала большой интерес у селекционеров и растениеводов [3].

Интегральным показателем листовой поверхности является фотосинтетический потенциал, который определяется суммой площади ассимиляционной поверхности листьев за весь период функционирования. Кроме того, он характеризует фенотипические особенности растений, систему удобрения, водный режим почвы, систему ухода за посевами, а также определяет уровень урожайности [1, 4].

Известно, что лучшее использование климатических, почвенных ресурсов, а также приемов агротехнического воздействия происходит в посевах с оптимальной листовой поверхностью. Для многих зерновых культур оптимальным считается индекс листовой поверхности 4–5 м²/м², а фотосинтетический потенциал – не менее 2 млн м²/(га·сут) [5].

Материал и методы. Исследования по усовершенствованию элементов технологии выращивания нута в условиях юга Украины были проведены в течение 2012–2014 гг. на землях сельскохозяйственного кооператива «Радянська земля» Белозерского района Херсонской области (Украина).

В полевых опытах изучались такие факторы и их варианты: фактор А – основная обработка почвы: отвальная на глубину 20–22 см, отвальная на глубину 28–30 см; фактор В – фон питания: без удобрений, N₄₅P₄₅, N₉₀P₉₀; фактор С – густота растений, млн шт./га: 0,5; 1,0; 1,5; фактор D – условия увлажнения: без орошения, орошение.

Полевые опыты были заложены в четырехкратной повторности. Расположение вариантов осуществлялось методом расщепленных делянок с частичной рендомизацией. Учетная площадь делянок четвертого порядка составляла 57,6 м². Во время проведения исследований руководствовались общепризнанной методикой проведения полевых опытов.

Агротехника нута была общепризнанной для условий юга Украины. В опытах выращивали сорт нута Розанна. После уборки предшественника (озимой пшеницы на зерно) проводили двукратное дискование стерни на глубину 6–8 и 10–12 см. Основную обработку почвы выполняли на глубину согласно схеме опытов. Под основную обработку вносили минеральные удобрения сеялкой СЗ-3,6 в дозе согласно схеме опыта. С целью дополнительного уничтожения сорняков и выравнивания почвы выполняли культивацию на глубину 12–14 см. При наступлении физической спелости почвы весной проводили боронование. Предпосевную культивацию выполняли на глубину за-

делки семян. Посев осуществлялся на глубину 5–7 см трактором John Deere 8400 с сеялкой John Deere 740А. Норму высева устанавливали согласно схеме опытов.

Семена за 1–2 ч до посева обрабатывали биопрепаратами селекционных высокоэффективных штаммов клубеньковых бактерий (ризобифит нутовый + фосфоэнтэрин + биополицид) при расчетной дозе инокулюма 106 бактерий/1 семя. После посева поле прикатывали. Для борьбы с сорняками до всходов культуры вносили почвенный гербицид «Гезагард 500 FW» к. с. нормой 3,0 л/га. Против вредителей в фазу «бутонизация – начало цветения» использовали инсектицид «Нурел Д» нормой 1,0 л/га. Влажность почвы в орошаемых вариантах поддерживали на уровне 75–80 % НВ. Уборку зерна проводили прямым комбайнированием при полной спелости бобов.

Результаты и обсуждение. Эффективность формирования ассимиляционной поверхности растениями характеризует фотосинтетический потенциал посевов нута. Этот показатель в фазу «ветвление – цветение» существенно изменялся в зависимости от изучаемых факторов (таблица 1). Наибольшие изменения прослеживались при различных условиях влагообеспечения. В вариантах без орошения фотосинтетический потенциал посевов нута в среднем по опыту составлял 0,460 млн м²/(га·сут), при орошении – в 1,88 раза больше [0,867 млн м²/(га·сут)].

Таблица 1 – Фотосинтетический потенциал посевов нута по фазам роста и развития в зависимости от исследуемых факторов (среднее за 2012–2014 гг.)

Условия увлажнения	Основная обработка почвы	Фон питания	В млн м ² /(га·сут)		
			Густота растений, млн шт./га		
			0,5	1,0	1,5
Межфазный период «ветвление – цветение»					
Без орошения	Отвальная на глубину 20–22 см	Без удобрений	0,359	0,430	0,476
		N ₄₅ P ₄₅	0,396	0,469	0,516
		N ₉₀ P ₉₀	0,418	0,498	0,546
	Отвальная на глубину 28–30 см	Без удобрений	0,365	0,432	0,481
		N ₄₅ P ₄₅	0,396	0,481	0,527
		N ₉₀ P ₉₀	0,418	0,507	0,564
Орошение	Отвальная на глубину 20–22 см	Без удобрений	0,646	0,755	0,845
		N ₄₅ P ₄₅	0,770	0,889	1,002
		N ₉₀ P ₉₀	0,813	0,948	1,054
	Отвальная на глубину 28–30 см	Без удобрений	0,666	0,769	0,856
		N ₄₅ P ₄₅	0,782	0,913	1,021
		N ₉₀ P ₉₀	0,824	0,979	1,074
Межфазный период «цветение – созревание»					
Без орошения	Отвальная на глубину 20–22 см	Без удобрений	0,696	0,806	0,844
		N ₄₅ P ₄₅	0,782	0,898	0,943
		N ₉₀ P ₉₀	0,837	0,958	1,009
	Отвальная на глубину 28–30 см	Без удобрений	0,712	0,809	0,854
		N ₄₅ P ₄₅	0,785	0,923	0,965
		N ₉₀ P ₉₀	0,839	0,985	1,055
Орошение	Отвальная на глубину 20–22 см	Без удобрений	1,398	1,599	1,742
		N ₄₅ P ₄₅	1,700	1,924	2,115
		N ₉₀ P ₉₀	1,799	2,058	2,240
	Отвальная на глубину 28–30 см	Без удобрений	1,454	1,625	1,765
		N ₄₅ P ₄₅	1,732	1,979	2,159
		N ₉₀ P ₉₀	1,833	2,139	2,290

Углубление вспашки с 20–22 до 28–30 см увеличило фотосинтетический потенциал посевов нута при естественном влагообеспечении на 1,5 %, а при орошении – на 2,1 %.

Минеральные удобрения – мощный фактор изменения условий роста и развития любой сельскохозяйственной культуры, а потому в неудобренных вариантах фотосинтетический потенциал был наименьшим и составлял при естественном увлажнении в среднем по опыту 0,424 млн м²/(га·сут), а при орошении – 0,756 млн м²/(га·сут). Внесение начальной дозы удобрений (N₄₅P₄₅) увеличило показатель на 9,4 и 18,5 % соответственно. Максимальные значения фотосинтетического потенциала были получены при внесении N₉₀P₉₀. На этом фоне показатель вырос до 0,418–0,564 млн м²/(га·сут) в неорошаемых условиях и до 0,646–1,074 млн м²/(га·сут) при искусственном увлажнении.

Загущенные посевы имели больший фотосинтетический потенциал в сравнении с разреженными посевами нута. При густоте растений 1,5 млн шт./га показатель составлял в среднем по опыту 0,518 млн м²/(га·сут) в вариантах без орошения. Последовательное снижение густоты стояния растений на каждые 0,5 млн шт./га уменьшило фотосинтетический показатель на 10,2 и 32,1 % соответственно. При орошении исследуемый показатель был выше, но динамика была аналогичной. При густоте растений нута 0,5 млн шт./га фотосинтетический потенциал составлял в среднем по опыту 0,750 млн м²/(га·сут) и был наименьшим среди исследуемых вариантов. Загущение посева нута до 1,0 и 1,5 млн шт./га увеличило показатель на 16,8 и 30,0 % соответственно.

В межфазный период «цветение – созревание» фотосинтетический потенциал имел большие показатели, чем за предыдущий период. Этот рост объясняется большей площадью листовой поверхности и меньшей длительностью межфазного периода. Вспашка на глубину 20–22 см обеспечила формирование фотосинтетического потенциала на уровне 0,696–1,055 млн м²/(га·сут), что в сравнении с более глубокой обработкой на 28–30 см было меньшим на 2,0 % при естественном увлажнении. При орошении эта разница была большей и составляла 2,4 %.

Эффект от орошения в сравнении с естественными условиями влагообеспечения был выше в 2,14 раза.

При выращивании нута без внесения минеральных удобрений и при естественном увлажнении фотосинтетический потенциал сформировался на уровне 0,787 млн м²/(га·сут). При внесении N₄₅P₄₅ исследуемый показатель увеличился на 0,096 млн м²/(га·сут), а при внесении N₉₀P₉₀ – на 20,3 %. При орошении максимальные значения фотосинтетического потенциала посевов нута составляли в среднем по опыту 2,060 млн м²/(га·сут) и были больше контрольных вариантов и дозы N₄₅P₄₅ на 29,0 млн м²/(га·сут) и 6,5 % соответственно.

Загущение посевов нута с 0,5 до 1,5 млн шт./га увеличило фотосинтетический потенциал с 0,775 до 0,945 млн м²/(га·сут) при естественном увлажнении. При орошении фотосинтетический потенциал был получен больше: соответственно 1,653 и 2,052 млн м²/(га·сут).

Выводы. Максимальные показатели фотосинтетического потенциала посевов нута в межфазные периоды «ветвление – цветение» [1,074 млн м²/(га·сут)] и «цветение – созревание» [2,290 млн м²/(га·сут)] были сформированы в вариантах с применением отвальной обработки почвы на глубину 28–30 см, внесением минеральных удобрений в дозе N₉₀P₉₀, густотой стояния растений до 1,5 млн шт./га на фоне орошения.

Список использованных источников

1 Ничипорович, А. А. Фотосинтез и вопросы продуктивности растений / А. А. Ничипорович. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 158 с.

2 Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А. А. Ничипорович, Л. Е. Строганова, С. Н. Чмара, М. П. Власова. – М.: АН СССР, 1961. – 133 с.

3 Андрианова, Ю. Е. Хлорофилльные индексы и хлорофилльные фотосинтетические потенциалы – критерии оценки потенциальной продуктивности сельскохозяйственных растений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.12 / Андрианова Юлия Евгеньевна. – М., 1998. – 50 с.

4 Шатилов, Н. С. Фотосинтетический потенциал и урожай зерновых / Н. С. Шатилов, А. Г. Замараев, Г. В. Чаповская // Известия КГСХА. – 1979. – № 4. – С. 18–29.

5 Семькин, В. А. Фотосинтетический потенциал озимой пшеницы в условиях Черноземья России / В. А. Семькин, И. Я. Пигорев // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 2. – С. 42–47.

УДК 631.963.3

В. А. Пармонов

Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Российская Федерация

А. В. Вдовенко

Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт, Волгоград, Российская Федерация

КОМПЛЕКС АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ ПРИ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ И МАЛОПРОДУКТИВНЫХ АРИДНЫХ ПАСТБИЩ

В статье рассмотрены проблемы рационального использования малопродуктивных и деградированных кормовых угодий Астраханской области. Целью исследований было изучение агротехнических приемов возделывания и введения в культуру новых видов и экотипов кормовых растений путем посева кормовых трав и внедрения высокопродуктивных видов полукустарников и кустарников, позволяющего повысить продуктивность (в 2–3 раза) и устойчивость фитоценозов, а также изменить сезонность использования угодий на круглогодичную. Впервые в условиях юго-восточной части аридной зоны России проведены интродукционно-селекционно-семеноводческие исследования с кустарниковыми, полукустарниковыми и травянистыми видами растений, имеющими значительный биоклиматический потенциал и обладающими высокой кормовой ценностью.

Ключевые слова: аридные кормовые растения, новые виды и экотипы, эффективные технологии, кормовые растения.

Введение. Естественные аридные пастбища представлены в основном травянистой растительностью. Продуктивность пастбищ как в сухостепной зоне, так и в полупустынной низкая и подвержена значительным колебаниями по годам и сезонам года.

Основные приемы восстановления деградированных пастбищных угодий аридных районов разработаны еще в 70–90 гг. В эти же годы они получили экспериментальное подтверждение в широкомасштабных работах и мероприятиях по приостановлению процессов опустынивания и восстановлению деградированных кормовых угодий [1–4]. В последнее десятилетие, благодаря усилиям Всероссийского научно-исследовательского агролесомелиоративного института, ВНИИ кормов, Прикаспийского НИИ аридного земледелия, Калмыцкого НИИСХ, ВНИИР и других научных учреждений, эти исследования получили новое развитие [5, 6].

Интродукция новых видов и рациональное использование аборигенных дикорастущих растений с целью обогащения культурной флоры, подбора высокоурожайных, высокопитательных видов и их экотипов для производства зеленого корма, сена, сенажа и силоса являются важнейшими современными задачами не только кормопроизводства, но и восстановления деградированных кормовых угодий на юге России [5, 7].

Ценные кормовые кустарники, полукустарники и травы из состава дикорастущей флоры, перспективные для возделывания в местных условиях, а также некоторые

культурные виды, привлеченные из других природных условий, являются одним из источников увеличения продуктивности и устойчивости кормовых угодий.

Фитомелиорация деградированных и малопродуктивных пастбищ путем посева кормовых трав и внедрения высокопродуктивных видов полукустарников и кустарников позволит значительно увеличить урожайность (в 2–3 раза) и устойчивость фитоценозов, а также изменить сезонность использования угодий на круглогодичную [6].

Практическая значимость работы заключается в том, что впервые в условиях юго-восточной части аридной зоны России проводятся интродукционно-селекционно-семеноводческие исследования с кустарниковыми, полукустарниковыми и травянистыми видами растений.

Цель работы – изучить эффективные агротехнические приемы возделывания и введения в культуру новых видов и экотипов кормовых растений.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2013–2015 гг. на территории научно-исследовательских объектов Прикаспийского НИИ аридного земледелия (полигон по разработке и усовершенствованию методов новых технологий сельскохозяйственных культур) и в природных агроэкосистемах Нижнего Поволжья (Астраханская и Волгоградская области, Республика Калмыкия, Республика Казахстан).

Семена кустарниковых видов растений собираются в фазу полной спелости. Во время сбора семян применяются экотипический, массовый и индивидуальный сборы.

Сбор семян проводился в центрах происхождения того или иного вида растений, где наблюдается наибольшее разнообразие, а также на границе ареала, где можно отобрать формы, приспособленные к крайним условиям существования.

Объектами исследований являлись ксерогалофитные виды и формы аридных кормовых растений:

- деревья: саксаул черный (рисунок 1);
- кустарники: кандым мелкоплодный, растопыренный и шерстистоопушенный, солянка малолитная, терескен серый и Эверсмана;
- полукустарники: терескен серый и Эверсмана, изень каменистый, песчаный и солонцовый, камфоросма Лессинга и Марсельская, полынь солелюбивая и пятидольчатая, солянка корявая и др.;
- травы: пырей сизый, растопыренный и бескорневищный, песчаный овес, житняк гребневидный и ширококолосый, типчак, волоснец ситниковый и сибирский, черноголовник многобрачный, астрагал лисовидный, шароголовый, нутовый, лисий и шерстистоопушенный, вайда Буасье и красильная, кохия скопария и др. [1, 8, 9].



Рисунок 1 – Саксаул черный (*Haloxylon amodendron*), лесопастбище, Харабалинский район Астраханской области, сентябрь 2015 г. (автор фото А. В. Вдовенко)

Результаты и обсуждение. Перечисленные выше виды кормовых растений являются представителями дикорастущей флоры и нуждаются в селекционном улучшении их хозяйственно полезных свойств и признаков в ракурсе изучения возможности использования их в системе биотических мелиораций деградированных земель в аридных районах Российской Федерации на основе создания долголетних пастбищ. Следует отметить, что полезные растения природной флоры неоднобразны в смысле возможностей введения их в культуру, так как в составе природной флоры выделяются три экогенетических элемента – автономный, миграционный и адвентивный, не равноценные в смысле эколого-биологических предпосылок введения в культуру отдельных видов. Из этого следует, что введение в культуру перспективных дикорастущих кормовых и лечебно-кормовых растений и расширение их видового разнообразия имеют большое значение в укреплении кормовой базы в аридных районах юго-восточной части России.

Богатейшим источником генетического разнообразия и редко встречающихся биологических и хозяйственно ценных признаков и свойств являются дикорастущие сородичи возделываемых культур и дикорастущие виды. Экологическая сущность аридных территорий может быть определена как царство экстремальных факторов, многие из которых являются нерегулируемыми, и в этих условиях единственный фактор поддержания продуктивности кормовых растений и пастбищных агрофитоценозов – это устойчивость к ним самих растений [9, 10].

Получение высокопродуктивных долголетних устойчивых травостоев зависит от правильного выбора участка и подбора растений-биомелиорантов. Условия выращивания растений и создание семенных посевов требуют высокого уровня агротехники, оптимального сочетания всего комплекса агротехнических приемов. Последний состоит из выбора участка, обработки почвы и размещения посевов, сроков посевов, норм высева семян, способа и техники посева, глубины заделки семян и ухода за посевами.

Для улучшения пастбищных угодий подбираются участки с учетом почвенных, гидрологических, климатических и пастбищно-кормовых условий.

В зависимости от срока использования пастбищ (весенне-летние, летне-осенние, круглогодичные) в первую очередь выбирают изреженные естественные массивы с преобладанием видов с невысокой фитоценотической активностью или испорченные в результате нерационального использования участка с бедной растительностью (рисунок 2).



Рисунок 2 – Участок пастбища, подвергшегося деградации в результате нерационального использования, Харабалинский район Астраханской области, июль 2015 г. (автор фото А. В. Вдовенко)

Подготовка почвы – это важный агротехнический прием в системе мероприятий по улучшению пастбищ. Во избежание ветровой эрозии полосы или массивы необходимо распахать перпендикулярно господствующему направлению ветра. Залог высо-

ких урожаев – правильная и доброкачественная подготовка почвы к посеву. Вспашка проводится на глубину 18–20 см, для маломощных почв – до 30 см надсолонцового горизонта. После на глыбистой почве проводят дисковое лушение на глубину 7–8 м, в весенний период при наступлении спелости – боронование для уничтожения всходов сорняков и закрытия влаги. Затем осуществляется предпосевная культивация с боронованием и прикатывание до и после посева (все работы проводятся поперек направления господствующих ветров) [2, 10].

Соблюдение оптимальных сроков посева кормовых растений обеспечивает получение желаемой полноты всходов. Лучшими сроками сева семян дикорастущих кормовых растений в сухостепной и полупустынной зонах для полукустарников (изеня, терескена, солянки лиственной, некоторых видов кандыма и эфедры) являются конец октября – начало ноября, для многолетних трав (пырея, житняка, черноголовника, астрагала, вайды, катрана и др.) – середина октября.

Заделка семян полукустарников проводится непременно при подготовке почвы с выровненной поверхностью на оптимальную глубину 0,5–1,0 см, кандыма – на 4,5 см. Одновременно с севом семян проводится прикатывание катками. Важным агротехническим приемом при посеве является установление оптимальной нормы высева. Последнюю устанавливали на основании определения хозяйственной пригодности семян по классам.

В зависимости от посевных качеств дикорастущие виды кормовых растений подразделяются на три класса: 1-й – до 80 %, 2-й – до 65 %, 3-й – до 50 % лабораторной всхожести при 90%-ной чистоте посевного материала.

При недостатке семян, особенно ценных кормовых растений (камфоросмы, терескена, изеня, астрагала, пажитника и др.) растений, и для ускоренного их размножения применяются разреженные посевы с междурядьем 60–70 см для полукустарников. Основной способ – механизированный посев зернотравяной сеялкой.

Необходимо учитывать, что многие семена дикорастущих кормовых растений имеют опушение и крылатки, обуславливающие плохую их сыпучесть. При применении зерновых сеялок семенной материал следует смешивать с балластом в соотношении 1 : 3.

Выводы. При фитомелиорации деградированных и малопродуктивных аридных пастбищ следует соблюдать следующие положения:

- создание экономически эффективных, энергосберегающих и экологически безопасных систем интенсивного и устойчивого кормопроизводства на ландшафтном уровне, максимально адаптированных к местным условиям;
- сохранение продуктивного долголетия кормовых угодий;
- поиск, мобилизация растительных ресурсов – источников новых кормовых растений для обогащения пастбищных угодий;
- подбор жизненных форм, видов и экотипов, их биологическая и фитоценотическая совместимость применительно к особенностям природных условий:
 - а) изучение внутривидового разнообразия;
 - б) процесс изучения комплекса внутривидовых экотипов;
 - в) система и агротехника семеноводства кормовых растений.

Дальнейшее изучение и оценка интродукционно-селекционного материала аридных растений и их использование в повышении продуктивности кормовых угодий, разработка эффективных агротехнических приемов возделывания и применение наработок при фитомелиорации деградированных пастбищ будут способствовать образованию устойчивых и долголетних экосистем.

Список использованных источников

1 Черепанов, С. К. Свод дополнений и изменений к «Флоре СССР» (Т. 1–30) / С. К. Черепанов. – Л., 1973. – 668 с.

2 Парамонов, В. А. Кормовые растения, интродуцируемые в сухостепной зоне Нижнего Поволжья / В. А. Парамонов // Новое в технологии производства и переработки продукции животноводства: сб. науч. тр. / ВНИТИ ММС и ПМЖ. – Волгоград: Перемена, 1996. – С. 193–197.

3 Пенькова, И. Н. Улучшение и использование природных пастбищ Волгоградской области: рекомендации / И. Н. Пенькова, В. А. Парамонов. – Волгоград, 1997. – 62 с.

4 Атлас опустынивания сельхозугодий Прикаспия / В. И. Петров [и др.]. – Волгоград: Изд-во ВНИАЛМИ, 1999. – 38 с.

5 Горлов, И. Ф. Улучшение и рациональное использование природных пастбищ Волгоградской области: науч.-практ. рекомендации / И. Ф. Горлов, И. Н. Пенькова, В. А. Парамонов. – Волгоград, 2002. – 180 с.

6 Использование дикорастущих растений для улучшения пастбищ в аридных районах Прикаспия / Т. Н. Дронова, Е. С. Бахтыгалиев, А. Ф. Туманян, В. А. Парамонов // Агротехнологии и научное обеспечение интенсивного земледелия Нижней Волги на современном этапе: материалы конф. – М.: Современные тетради, 2005. – С. 374–381.

7 Дикорастущие кормовые растения и их роль в повышении продуктивности аридных пастбищ Северного Прикаспия / В. П. Зволинский, В. А. Парамонов, А. Ф. Туманян, Н. З. Шамсутдинов, Ю. И. Ионис, М. М. Шагаипов // Агротехнологии и научное обеспечение интенсивного земледелия Нижней Волги на современном этапе: материалы конф. – М.: Современные тетради, 2005. – С. 312–327.

8 Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. Т. 1–3 / под ред. И. В. Ларина. – М. – Л.: Сельхозгиз, 1951. – 948 с.

9 Флора СССР. Т. 6. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936.

10 Методические указания по мобилизации растительных ресурсов и интродукции аридных кормовых растений / З. Ш. Шамсутдинов [и др.]. – М., 2000. – 82 с.

УДК 631.67:633.34

С. А. Селицкий, Т. П. Андреева

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ ПОЛИВНОГО РЕЖИМА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ

Целью исследований являлось изучение влияния уровней увлажнения на рост, развитие и урожайность сои на зерно. Опыты проводились на землях ОАО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области на лугово-черноземных почвах, среднемощных по мощности гумусового слоя и слабогумусированных по содержанию общего гумуса. Полевые исследования на опытном участке выполнялись по общепринятым методикам Б. А. Доспехова, М. М. Горянского. На посевах осуществлялись фенологические наблюдения, учеты густоты стояния в период полных всходов и перед уборкой урожая. Влажность почвы устанавливалась термостатно-весовым методом, проводился биологический и валовой учет урожая. Максимальные показатели линейного роста сои и накопления зеленой массы получены при поддержании влажности почвы в слое 0–60 см на уровне 80–100 % НВ: в фазу цветения – 64,0 см и 262 г/м² соответственно, в фазу налива семян – 93,0 см и 932 г/м² соответственно. При этом режиме орошения была получена наибольшая урожайность сои (3,11 т/га). В засушливых условиях вегетационного периода 2015 г. для поддержания указанной влагообеспеченности потребовалось провести четыре полива нормой 400 м³/га.

Ключевые слова: соя, режим орошения, поливная норма, урожайность, суммарное водопотребление, влагообеспеченность.

Введение. Соя относится к влаголюбивым культурам, весьма отзывчивым на орошение. В засушливых условиях на поливных землях соя способна устойчиво давать 3,0–3,5 т/га зерна и более, обеспечивая прибавку урожая по сравнению с возделыванием в богарных условиях на уровне 2,0–2,5 т/га. Это дает возможность хозяйствам получать гарантированную прибыль после реализации урожая, полностью покрывая все расходы на возделывание сои.

За вегетационный период эта культура потребляет воды от 3200 до 5500 м³/га. Транспирационный коэффициент ее в зависимости от условий выращивания колеблется от 500 до 700. На протяжении вегетации потребность сои в воде возрастает и достигает максимума в фазу цветения – налива семян. В этот период среднесуточный расход достигает 50–70 м³/(га·сут) [1–3]. Недостаток воды в этот период приводит к опадению цветков и снижению урожая.

Особенности возделывания сои на орошаемых землях изучались многими исследователями, однако появление новых высокопродуктивных сортов, изменяющиеся климатические условия требуют постоянного продолжения этих исследований и уточнения параметров режима орошения. Немаловажным является поиск элементов технологии возделывания, не только удовлетворяющих оптимальным требованиям культуры, но и отвечающих вопросам ресурсосбережения.

Материалы и методы. Опытный участок располагался на землях ОАО «Агро-предприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области. Почвенный покров на опытном участке однороден и представлен лугово-черноземными почвами, среднемощными по мощности гумусового слоя и слабогумусированными по содержанию общего гумуса. Слой 0–40 см лугово-черноземных почв незасолен, неосолонцован и не подвержен процессам ощелачивания. В среднем по участку наименьшая влагоемкость почвы для слоя 0–60 см составляет 28,6 %, а для слоя 0–100 см – 27,9 %. Плотность почвы в слое 0,6 м составляет 1,29 т/м³, а в метровом слое – 1,34 т/м³.

Вегетационный период сои с мая по сентябрь 2015 г. характеризовался неравномерным выпадением осадков. За май выпала половинная норма осадков, в июне выпало 74 мм, что выше многолетних значений на 23 мм. В июле количество осадков было ниже нормы на 14 мм, а в августе и сентябре осадков практически не было.

Схема опытов по изучению режима орошения и водопотребления сои включала три варианта с различным уровнем поддержания влажности: 1) в пределах 80–100 % НВ в слое почвы 0,6 м (1 м) (контроль); 2) 0,8 м; 3) 0,6 м.

Повторность опыта 3-кратная. Поливы проводились дождевальными машинами «Фрегат». Высевался сорт сои Славия. Норма высева – 600 тыс. шт./га, посев рядовой (через 70 см).

На посевах осуществлялись фенологические наблюдения, учеты густоты стояния в период полных всходов и перед уборкой урожая. Определение влажности почвы проводилось термостатно-весовым методом с подекадным отбором образцов, а также перед поливом, через сутки после полива и выпадения эффективных осадков послойно через 10 см до 1 м. Проводился биологический и валовой учет урожая.

Полевые исследования на опытном участке проводились по общепринятым методикам Б. А. Доспехова, М. М. Горянского [4, 5].

Поливную норму рассчитывали по формуле А. Н. Костякова, а суммарное водопотребление – водно-балансовым методом по формуле А. Н. Костякова.

Результаты и обсуждение. Исследованиями установлено влияние различных уровней увлажнения на рост и развитие растений сои. Линейный рост сои в фазы цветения и налива семян был максимальным в контрольном варианте 1 м (таблица 1).

В фазу ветвления высота растений была на одном уровне, поскольку условия влагообеспеченности к этому периоду были одинаковыми. В фазу цветения была отмечена

задержка роста в вариантах 0,8 м и 0,6 м. Отставание в росте от контрольного варианта составило 3,8 и 7,1 см соответственно. В фазу налива семян максимальная высота сои составила 93,0 см в контрольном варианте, минимальная – 82,3 см в варианте 0,6 м.

Таблица 1 – Линейный рост сои в зависимости от режима орошения, 2015 г.

В см

Вариант	Ветвление	Цветение	Налив семян
1) 1 м (контроль)	24	64,0	93,0
2) 0,8 м	24	60,2	86,4
3) 0,6 м	24	56,9	82,3

Снижение влагообеспеченности повлияло и на динамику накопления зеленой массы (таблица 2).

Таблица 2 – Накопление зеленой массы сои в зависимости от режима орошения, 2015 г.

В г/м²

Вариант	Фаза развития	
	Цветение	Налив семян
1) 1 м (контроль)	262	932
2) 0,8 м	250	886
3) 0,6 м	242	861

Накопление зеленой массы сои в вариантах со снижением поливных норм на 20 и 40 % было ниже, чем на контроле, на 12 и 20 г/м² в фазу цветения и на 46 и 71 г/м² в фазу налива семян соответственно.

Учет урожайности, проведенный по вариантам опыта, показал, что в контрольном варианте при поддержании уровня влагообеспеченности в пределах 80–100 % НВ получена наибольшая урожайность сои (3,11 т/га). Снижение влагообеспеченности привело к уменьшению урожайности во втором и третьем варианте на 0,58 и 0,71 т/га соответственно, или на 18,6 и 22,8 % (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность сои в зависимости от режима орошения, 2015 г.

Вариант	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
		± Δ, т/га	%
1) 1 м (контроль)	3,11	-	-
2) 0,8 м	2,84	-0,58	-18,6
3) 0,6 м	2,41	-0,71	-22,8

Поливной режим сои в 2015 г. сложился следующим образом. Во всех вариантах было проведено по четыре полива. Для поддержания уровня увлажнения в пределах 80–100 % НВ в слое почвы 0,6 м (вариант 1 м) поливная норма составила 400 м³/га, а оросительная норма – 1600 м³/га. Во втором и третьем варианте поливные нормы составили 320 и 240 м³/га соответственно, а оросительные – 1280 и 960 м³/га (таблица 4).

Таблица 4 – Поливной режим сои, 2015 г.

Вариант	Число поливов, шт.	Поливная норма, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га
1) 1 м (контроль)	4	400	1600
2) 0,8 м	4	320	1280
3) 0,6 м	4	240	960

Суммарное водопотребление сои для условий 2015 г. в орошаемых вариантах приведено в таблице 5.

Структура суммарного водопотребления состоит из оросительной нормы, коли-

чества выпавших за вегетационный период атмосферных осадков, расхода влаги из почвы. Подпитка грунтовых вод не учитывалась, так как УГВ на полях, где проводились наши исследования, был более 3 м.

Таблица 5 – Суммарное водопотребление сои в 2015 г.

Вариант	Поступление влаги, м ³ /га			Суммарное водопотребление, м ³ /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
	из почвы	оросительная вода	осадки			
1) 1 м (контроль)	266	1600	1290	3156	3,11	1014,8
2) 0,8 м	388	1280	1290	2958	2,84	1041,5
3) 0,6 м	490	960	1290	2740	2,41	1136,9

Суммарное водопотребление в вариантах опыта было разным ввиду различных условий влагообеспеченности в течение вегетации сои и изменялось от 2740 до 3154 м³/га. Поступление влаги из почвы изменялось от 266 до 490 м³/га в зависимости от конечных запасов влаги. Наиболее эффективно влага использовалась в варианте 1 м, что подтверждает наименьший коэффициент водопотребления (1014,8 м³/га). В вариантах со снижением поливных норм значения этого коэффициента увеличились до 1041,5 и 1136,9 м³/га соответственно.

Выводы. Проведенными исследованиями установлено, что поддержание влажности почвы на уровне 80–100 % НВ в слое почвы 0–60 см создает наиболее благоприятные условия для роста и развития сои, что доказывают максимальные показатели линейного роста и накопления зеленой массы растений. При этом режиме орошения была получена наибольшая урожайность сои (3,11 т/га). В засушливых условиях вегетационного периода 2015 г. для поддержания влагообеспеченности на уровне 80–100 % НВ в слое почвы 0–60 см потребовалось провести четыре полива нормой 400 м³/га.

Список использованных источников

- 1 Балакай, Г. Т. Соя на орошаемых землях / Г. Т. Балакай. – М.: Мелиоводинформ, 1999. – 200 с.
- 2 Баранов, В. Ф. Соя. Биология и технология возделывания / В. Ф. Баранов. – Краснодар, 2005. – 399 с.
- 3 Даниленко, Ю. П. Соя на орошаемых землях Нижнего Поволжья / Ю. П. Даниленко, В. В. Толоконников, В. И. Толочек // Кормопроизводство. – 2005. – № 2. – С. 15–17.
- 4 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 315 с.
- 5 Горянский, М. М. Методика полевых опытов на орошаемых землях / М. М. Горянский. – Киев: Урожай, 1970. – 84 с.

УДК 633.4:631.816.2:632.932

Д. С. Стан

Одесский государственный аграрный университет, Одесса, Украина

ПОТРЕБЛЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ КОРМОВОЙ СВЕКЛОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОРОШЕНИЯ И УДОБРЕНИЙ

В статье изложены особенности питания кормовой свеклы в зависимости от удобрений и орошения. Установлено, что внесение удобрений существенно повышает продуктивность данной культуры. При средней урожайности 82,3 т/га общий вынос элементов питания составил: азота – 216,9 кг/га, фосфора – 91,5 кг/га, калия – 385,9 кг/га. При поддержании влажности почвы на уровне 75 % НВ и внесении удобрений

ний в дозе $N_{150}P_{90}K_{120}$ происходит оптимизация процесса питания, поскольку начинает снижаться потребление азота, фосфора и калия на образование единицы продукции.

Ключевые слова: кормовая свекла, минеральные удобрения, орошение, элементы питания, вынос питательных веществ.

Введение. В обеспечении производства сочных кормов большое значение имеет выращивание кормовой свеклы. Кормление животных корнеплодами в зимний период наиболее полно приближает их кормовой рацион к летнему пастбищному. Кормовая свекла дает высокие и устойчивые урожаи в условиях достаточной влагообеспеченности на фоне органических и минеральных удобрений. В отличие от других сельскохозяйственных культур свекла в течение вегетации основные элементы питания использует в других соотношениях и в больших количествах (в 2–3 раза), чем, например, зерновые культуры [1]. Поэтому внесение удобрений обязательно в технологии выращивания, особенно при орошении, когда урожайность может увеличиваться в 1,5–2,0 раза [2].

Многие ученые занимались вопросами повышения продуктивности кормовых корнеплодов с помощью удобрений. В орошаемых условиях юга Украины рекомендуется вносить навоз нормой 60–80 т/га и минеральные удобрения в дозе $N_{180-200}P_{100-140}K_{60-90}$ [3]. Другие ученые рекомендуют в условиях северной Степи Украины для получения урожая корнеплодов 150 т/га вносить $N_{420}P_{200}K_{120}$ [4]. В опытах В. А. Писаренко при орошении была получена урожайность корнеплодов 151,8 т/га при внесении $N_{420}P_{200}$ [2]. Зарубежные ученые установили, что для получения урожая 100 т/га нужно вносить $N_{225}P_{50}K_{100}$ [5]. Рекомендации с такими высокими нормами удобрений являются обычными. Например, М. П. Тарасов сообщает о возможности вносить более 20 ц/га стандартных туков минеральных удобрений для обеспечения урожая более 100 т/га [6]. Сегодня рекомендации по выращиванию кормовой свеклы нужно пересмотреть, ведь применение таких высоких норм удобрений может негативно отобразиться на качестве продукции.

Материал и методы. Опыты по изучению эффективности доз удобрений в различных условиях влагообеспечения при выращивании кормовой свеклы проводили на опытном поле СПК «Мрия» Белгород-Днестровского района Одесской области. Опыт был заложен в четырех повторениях с систематическим размещением участков. В опыте изучались следующие факторы: режим влагообеспечения: богара (природные условия) и орошение (при поддержании влажности не ниже 60, 75 % НВ в слое почвы 0–60 см); норма удобрений: естественный фон, $N_{90}P_{60}K_{90}$, $N_{150}P_{90}K_{120}$. Агротехника была общепринятой для данной зоны.

Результаты и обсуждение. На основе анализа содержания элементов питания в почве был рассчитан вынос азота, фосфора и калия кормовой свеклой за вегетацию (таблица 1).

Таблица 1 – Общий вынос элементов питания кормовой свеклой в зависимости от удобрения и орошения

Вариант опыта		2013 г.			2014 г.		
Режим орошения, % НВ	Норма удобрения, кг д. в./га	N	P	K	N	P	K
1	2	3	4	5	6	7	8
Контроль	-	49,7	29,2	77,0	51,9	23,7	62,6
-	$N_{90}P_{60}K_{90}$	84,3	32,5	65,9	73,4	27,1	93,7
-	$N_{150}P_{90}K_{120}$	114,9	34,8	83,2	122,3	57,9	94,6
60	-	74,4	41,1	224,6	82,8	39,9	202,6
60	$N_{90}P_{60}K_{90}$	157,2	64,7	286,6	168,2	53,1	299,0

В кг/га

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
60	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₂₀	190,0	92,2	317,9	207,8	91,4	357,5
75	-	76,1	55,7	224,5	87,5	45,0	271,4
75	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	163,8	70,8	337,6	180,0	86,0	409,3
75	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₂₀	208,9	89,0	345,9	224,9	93,9	425,9

Кормовая свекла использует большое количество питательных веществ, среди которых больше всего азота и калия.

В среднем потребление азота кормовой свеклой составляло 49,7–224,9 кг/га. На неорошаемых участках применение удобрений увеличило вынос азота в сравнении с контролем на 69,6–131,2 % в 2013 г. и на 41,4–135,6 % в 2014 г. При поливе тенденция была аналогичной: общий вынос вырос на 107,0–153,1 % (при пороге влажности 60 % НВ) и на 110,1–165,2 % (при пороге 75 % НВ) в сравнении с вариантами, в которых проводилось орошение, но удобрения не вносили (60 и 75 % НВ).

Общее потребление фосфора составило 28,7–93,9 кг/га. Особенно интенсивное его потребление было при орошении. При 60 % НВ (без удобрений) этот показатель увеличился на 11,2–11,9 кг/га в сравнении с контролем, при 75 % НВ – вырос на 12,8–35,5 % в сравнении с вариантами с влажностью 60 % НВ.

Среди элементов питания кормовая свекла больше всего потребляла калий. На богаре вынос колебался от 62,6 до 94,6 кг/га, при поддержании влажности почвы на уровне 60 % НВ он вырос на 191,7 % (2013 г.) и 223,6 % (2014 г.) в сравнении с контролем. Своего максимума этот показатель достиг при наибольшей норме удобрений (345,8–425,9 кг/га). Потребление калия было выше на 65,6–89,4 % в сравнении с максимальным выносом азота.

Суммарное потребление элементов питания в течение вегетации лишь в общих чертах характеризует особенности питания кормовой свеклы, более конкретным показателем является использование питательных веществ на образование единицы сырой биомассы (таблица 2).

Таблица 2 – Вынос NPK на 1 ц сырой биомассы

В кг

Вариант опыта		2013 г.			2014 г.		
Режим орошения, % НВ	Норма удобрения, кг д. в./га	N	P	K	N	P	K
-	-	0,851	0,506	1,318	1,578	0,872	1,903
-	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	1,199	0,467	0,937	1,425	0,526	1,819
-	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₂₀	1,660	0,503	0,202	2,511	1,019	1,943
60	-	0,136	0,075	0,410	0,168	0,081	0,411
60	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	0,236	0,097	0,430	0,238	0,075	0,424
60	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₂₀	0,266	0,129	0,445	0,248	0,109	0,426
75	-	0,125	0,092	0,370	0,126	0,065	0,392
75	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	0,204	0,088	0,420	0,182	0,087	0,414
75	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₂₀	0,236	0,100	0,390	0,205	0,086	0,388

Наибольшим использование питательных веществ на 1 ц сырой массы было на богаре, поскольку здесь был получен низкий урожай. Вынос азота на участках, где вносили минеральные удобрения в дозе N₁₅₀P₉₀K₁₂₀, был выше контроля на 95,1 % (2013 г.) и на 59,1 % (2014 г.). Потребление калия и фосфора было несколько меньше, так как использование азота интенсивно происходит в начальный период вегетации, когда интенсивно формируются вегетативные органы растений. Наиболее экономно рас-

тения расходовали элементы питания при орошении без внесения удобрений, использование питательных веществ на единицу сырой биомассы в среднем за два года составило: при 60 % НВ: N – 0,152 кг; P₂O₅ – 0,078 кг; K₂O – 0,411 кг; при 75 % НВ: N – 0,126 кг; P₂O₅ – 0,079 кг; K₂O – 0,381 кг. Можно сделать вывод, что на этих участках происходило наиболее интенсивное использование естественного плодородия почвы, что логично, ведь чем ниже обеспечена элементами питания почва, тем выше коэффициенты использования питательных веществ из почвы.

При орошении и внесении удобрений вынос на единицу сырой биомассы существенно снизился. В среднем за два года при 60 % НВ внесение N₁₅₀P₉₀K₁₂₀ повысило показатели: азота – на 69,1 %, фосфора – на 52,6 %, калия – на 7,3 % – в сравнении с участками, где удобрения не вносили (60 % НВ).

При поддержании влажности почвы на уровне 75 % НВ наблюдали определенные изменения. Было установлено, что при этом уровне увлажнения происходит более экономное использование питательных элементов в сравнении с влажностью на уровне 60 % НВ. На фоне удобрений потребление азота и частично фосфора продолжало расти в сравнении с вариантами, в которых удобрения не вносились (75 % НВ). Только в 2014 г. при максимальной норме удобрений вынос фосфора был ниже в сравнении с N₉₀P₆₀K₉₀. При норме удобрений N₁₅₀P₉₀K₁₂₀ вынос калия на образование единицы сырой биомассы снизился в сравнении с N₉₀P₆₀K₉₀ на 6,7 %. Показатель был меньше аналогичных вариантов при более низкой влажности (60 % НВ), поэтому можно сказать, что при этой влажности начала происходить определенная оптимизация использования элементов питания, благодаря чему был получен более высокий урожай при одновременном уменьшении использования питательных элементов.

Итак, на фоне удобрений в орошаемых условиях существенно уменьшается вынос элементов питания на образование единицы сырой биомассы, что указывает на высокую эффективность применения удобрений именно при поддержании влажности почвы на уровне 75 % НВ.

Общий вынос элементов питания и их использование на образование единицы продукции частично отображают реальную ситуацию в посевах кормовой свеклы, более конкретно отвечает на вопрос об эффективности применения удобрений и орошения показатель урожая (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние удобрений и орошения на урожайность кормовой свеклы

В т/га

Вариант опыта		Урожайность					
Режим орошения, % НВ	Норма удобрения, кг д. в./га	2013 г.			2014 г.		
		корне-плоды	ботва	соотношение ботвы к корнеплодам	корне-плоды	ботва	соотношение ботвы к корнеплодам
-	-	5,03	0,81	0,16	2,68	0,61	0,23
-	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	6,01	1,02	0,17	4,25	0,90	0,21
-	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₂₀	5,92	1,00	0,17	3,94	0,93	0,24
60	-	44,90	9,87	0,22	40,43	8,86	0,22
60	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	54,41	12,23	0,22	58,21	12,38	0,22
60	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₂₀	58,83	12,61	0,21	71,10	12,82	0,18
75	-	50,43	10,25	0,20	58,92	10,30	0,17
75	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	67,01	13,42	0,20	84,32	14,54	0,17
75	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₂₀	73,84	14,84	0,20	93,65	16,12	0,17
НСР ₀₅ , т/га (А – удобрения; В – орошение)	А	2,80	0,50		3,14	0,70	
	В	2,80	0,50		3,14	0,70	
	АВ	4,86	0,95		5,45	1,22	

Орошение существенно повышало урожайность кормовой свеклы, однако наибольшее влияние на этот показатель имело комплексное воздействие удобрений и орошения. При поддержании влажности почвы не ниже 60 % НВ и внесении удобрений в среднем за два года была получена урожайность 60,64 т/га. Более эффективным стало применение удобрений при влажности почвы не ниже 75 % НВ, где была получена высокая урожайность корнеплодов, которая в среднем за два года составила 79,71 т/га, а также ботвы (14,73 т/га).

На неорошаемых участках в 2013 г. соотношение урожая ботвы и корнеплодов было низким (0,16–0,17). В 2014 г. соотношение было выше, несмотря на то, что урожай корнеплодов был ниже. Причиной тому были осадки в начале осени, что прости мулировало рост вегетативной массы растений, которые еще оставались, но на урожай корнеплодов это не отразилось. В вариантах, в которых поддерживалась влажность почвы не ниже 75 % НВ, картина была противоположной: соотношение ботвы и корнеплодов было меньшим. Причиной этого было образование высокого урожая корнеплодов в 2014 г., ведь, как видим, в сравнении с 2013 г. урожай ботвы был выше на 8,3–8,6 % (при внесении удобрений).

Выводы. Внесение удобрений существенно повышает продуктивность кормовой свеклы. При средней урожайности 82,3 т/га общий вынос элементов питания составил: азота – 216,9 кг/га, фосфора – 91,5 кг/га, калия – 385,9 кг/га. При поддержании влажности почвы не ниже 75 % НВ и внесении удобрений в дозе $N_{150}P_{90}K_{120}$ происходит оптимизация процесса питания, поскольку начинает снижаться потребление азота, фосфора и калия на образование единицы продукции.

Список использованных источников

- 1 Киреев, В. Н. Кормовые корнеплоды / В. Н. Киреев. – М.: Колос, 1975. – 192 с.
- 2 Шевцов, И. А. Биология и агротехника кормовой свеклы / И. А. Шевцов, А. М. Фомичев. – Киев, 1980. – 252 с.
- 3 Фомичев, А. М. Кормовые корнеплоды / А. М. Фомичев. – Киев: Урожай, 1987. – 176 с.
- 4 Евстафьев, Д. К. Минеральные удобрения под кормовую свеклу / Д. К. Евстафьев, М. Д. Григорьев, В. А. Веселкин // Химия в сельском хозяйстве. – 1987. – № 1. – С. 39–40.
- 5 Turk, M. Effects of fertilization on root yield and quality of fodder beet (*Beta vulgaris* var. *crassa* Mansf.) / M. Turk // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2010. – № 16. – P. 212–219.
- 6 Тарасов, М. П. Кормовые корнеплоды / М. П. Тарасов, А. Г. Шмакова. – Л.: Колос, 1971. – 246 с.

УДК 631.44

Г. Т. Джалилова, Н. В. Мягкова

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

ДИАГНОСТИКА СТЕПЕНИ ЭРОДИРОВАННОСТИ ГОРНЫХ ПОЧВ ПО МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

Статья посвящена морфологическим признакам почв различных элементов рельефа, подвергающихся смыву. Дано полное описание горных почв с учетом неоднородностей, проявляющихся в общем строении их профиля, в мощности гумусированного горизонта, структуре, цвете, гранулометрическом составе, глубине залегания карбонатных горизонтов. Используя представленные материалы, можно определить степень развития эрозионных процессов на территории исследования. В связи с силь-

ным развитием данных процессов территория создает впечатление чрезвычайно сильно смытого и размытого бассейна, глубоко расчлененного боковыми с хорошо разработанными днищами. Огромные запасы валунно-галечникового материала в руслах свидетельствуют об активной селевой деятельности бассейна. Оползневые явления приурочены к участкам с мощным почвенным покровом и незначительной древесно-кустарниковой растительностью, расположенным на крутых склонах северных экспозиций. На площадях, занятых средне- и высокоплотными насаждениями, явления эрозии наблюдаются лишь в единичных случаях. Этот факт говорит о важном почвозащитном свойстве леса, препятствующего смыву поверхностных слоев почвы и образованию селевых потоков.

Ключевые слова: эрозия, профиль, морфология, степень, гумусообразование, высотная зональность, свойства почв.

Под морфологическими показателями почв понимается сумма внешних признаков, которые являются результатом процессов формирования, отражая происхождение (генезис) почв, историю их развития, их физические и химические свойства. В трудах В. В. Докучаева сказано: «Морфология почв – это концентрированное отражение ее генезиса, истории ее развития». Вследствие почвообразовательного процесса морфологические признаки почв являются диагностическими показателями для определения их типов, подтипов, разностей, а также для установления степени эродированности в увязке с экспозицией и элементами склона [1–9].

Темные сероземы – почвы высотной зональности. В пределах Центральной Азии эти почвы встречаются не повсеместно. Распространение их приурочено к области контакта горных сооружений Тянь-Шаня, Памиро-Алая и Копетдага с равнинами Туранской низменности. Развиваясь в среде, испытывающей влияние горной страны, сероземы принадлежат к почвам вертикальной зональности и образуют нижний отдел Туранской почвенно-климатической высотной поясности. Темные сероземы занимают верхнюю часть сероземного пояса и приурочены в основном к предгорьям, склонам низких гор и подгорным пролювиальным равнинам. Высотные границы распространения темных сероземов для Западных отрогов Чаткальского хребта варьируют в пределах 600–1200 м. В бассейне Сукоксай они располагаются на высоте 600–1200 м и занимают обычно более пологие или полого-покатые (3–20°) склоны.

Почвообразующие породы – лессовидные отложения, обычно более тяжелого гранулометрического состава. В качестве материнских пород выступают элювий и делювий плотных пород. Верхний горизонт в темных сероземах представлен в основном дерниной мощностью 3–8 см. Структура мелкозема обычно чешуйчато-комковатая, иногда листово-комковатая, в поддерновом – порошисто-комковатая, ниже более оструктуренные горизонты имеют комковато-зернистую структуру. По гранулометрическому составу темные сероземы на лессах относятся к тяжелым и средним суглинкам. В темных сероземах карбонаты представлены в начале в виде псевдомицелия, более обильного с глубины 50 см, а с глубины 100 см – белоглазкой.

Растительный покров представлен крупнозлаковой, полусаванной с недостаточно полным развитием ее основных видов.

Морфологические свойства темных сероземов, расположенных на ровных поверхностях, а также в водораздельных частях и подножиях склонов, характеризуются темноватой окраской гумусового горизонта, структура почв чешуйчато-комковатая, иногда зернистая, переходящая с глубиной в пылеватую, карбонатный горизонт находится относительно глубоко.

Темные сероземы, расположенные на склонах, имеют гумусированный горизонт с меньшим содержанием в верхних горизонтах гумуса, чем у почв, расположенных на равнинной поверхности. Эти почвы отличаются меньшей мощностью перегнойного

горизонта, а карбонатный горизонт залегает близко к поверхности или начинается с поверхности почвы. Поверхность почвы сверху покрыта большим количеством карбонатных конкреций. Склоны северных экспозиций отличаются от склонов южных экспозиций более мягким рельефом, меньшей каменистостью, большей развитостью растительного покрова, менее разрушенными эрозией почвами. Также обнаруживается более отчетливая дифференциация генетических горизонтов, утяжеление гранулометрического состава, которое обусловлено более интенсивным течением процессов почвообразования, характерных для почв сероземного типа. Распределение карбонатов и степень гумусированности почвы на склонах разной экспозиции различаются на всех гипсометрических уровнях. С увеличением высоты над уровнем моря различия в свойствах почв становятся более заметными. Это говорит о том, что экспозиция склонов, начиная с малых высот, создает различия в свойствах почв, а с увеличением высоты оказывает все большее влияние на почвообразование.

Горно-коричневые почвы делятся на несколько подтипов, критерием для которых послужила мощность и глубина залегания карбонатов и выщелачивание профиля: горно-коричневые карбонатные, горно-коричневые типичные, горно-коричневые выщелоченные почвы. В этом делении нашло отражение высотное положение почвы, т. е. различия общеклиматического характера, частные особенности влияния экспозиции и увлажненности. Для этих почв характерно большое содержание гумуса, значительная мощность гумусового горизонта, хорошо выраженная зернистая структура и скопление карбонатов в нижних слоях. Также для коричневых почв характерно наиболее резко выраженное оглинение всей толщи, особенно средней части. Особенная черта горно-коричневых почв – это карбонатность минеральной части. Степень карбонатности и глубина залегания карбонатов зависят от стадии развития почв. В карбонатных почвах они отмечаются с поверхности, в типичных и выщелоченных почвах их залегание определяется глубиной и интенсивностью промачивания почв атмосферными осадками.

Горно-коричневые карбонатные почвы. Эти почвы занимают в бассейне Сукокская верхнюю часть предгорий и нижнюю часть сильно расчлененных средних гор (900–1300 м). Основной массив этих почв приурочен к правой части бассейна, сильно инсолируемым, более открытым, выпуклым склонам приводораздельных частей, сильно расчлененных глубокими саями и оврагами. Материнскими породами коричнево-карбонатных почв являются продукты выветривания известняков, местами грандиоритов и порфиринов. Реже распространены делювиальные и пролювиальные, часто щебенчатые суглинки и глины, отличающиеся большой рыхлостью и хорошей водопроницаемостью. Мощность мелкоземистых отложений, подстилаемых щебнем, камнями или массивно-кристаллическими породами, незначительна. Почвообразовательный процесс здесь протекает в условиях, приближающихся к элювиально-ксероморфному режиму. На крутых склонах пояса арчевого редколесья эти почвы развиваются часто на делювиальных лессовидных суглинках. Растительность коричневых карбонатных почв – пырейно-разнотравные степи с редкими кустарниками (шиповником, боярышником и др.). Морфологические свойства горно-коричневых почв, расположенных на ровных поверхностях, а также в водораздельных частях и шлейфах, характеризуются темной окраской гумусового горизонта с коричневым оттенком, оглиненностью почвенного профиля, более тяжелым гранулометрическим составом по сравнению с подстилающими материнскими породами, уплотнением, очень слабо выраженной трещиноватостью. Структура верхнего гумусового горизонта зернисто-комковатая, переходящая с глубиной в ореховато-комковатую, тем не менее эта структура не отличается прочностью. В этих почвах имеется ярко выраженный карбонатно-иллювиальный горизонт, начинающийся с глубины горизонта В, первоначально в виде плесневидных налетов, мелких пятен, а затем карбонатных псевдомицелиев. Для горно-коричневых кар-

бонатных почв, расположенных на крутых склонах, характерны следующие особенности: гумусовый горизонт почти смыт, на дневную поверхность выступает нижняя слабогумусированная бурно вскипающая часть переходного горизонта, гумусовый горизонт имеет светлую окраску (светло-серая с желтовато-коричневатым оттенком), почва уплотненная, несколько облегченная с поверхности по гранулометрическому составу, имеет комковато-пористую структуру, также имеется множество карбонатных конкреций. Для почв, расположенных на северных экспозициях, характерна более темная окраска верхнего слоя, несколько меньшая выраженность выходов на поверхность карбонатных конкреций, несколько большая проработанность профиля дождевыми червями.

Горно-коричневые типичные почвы занимают большую часть площади бассейна Сукокская. Это почвы сильно расчлененной части бассейна, богатой выходами материнских пород, часто представленных скалистыми выступами. В зависимости от экспозиции склонов они поднимаются здесь до высоты 1300–1600 м. Коренными горными породами коричневых почв являются различные известняки, грандиориты и порфириты. Элювий и делювий их и служит обычно материнской породой этих почв. Климат здесь более влажный, чем в местах распространения горно-коричневых карбонатных почв. Влажный период года длится дольше, чем сухое время года, за счет этого снижается среднегодовая температура воздуха. За влажный период года почва насыщается влагой на значительную глубину и характеризуется преобладанием нисходящих токов воды. У коричневых типичных почв более мощный, чем у коричневых карбонатных, гумусовый горизонт, ярко выраженный иллювиальный и более глубоко залегающий карбонатный слой (100–200 см). Гумусовые горизонты окрашены в бурые или коричневые тона, мощность их колеблется в очень широких пределах – от 60 до 170 см, в том числе горизонт А – 20–30 см. Как и в почвах других типов, она определяется экспозицией и крутизной склона, положением на склоне, характером подстилающих пород и т. д. Наиболее мощные гумусовые горизонты – на затененных склонах. По гранулометрическому составу эти почвы считаются тяжелосуглинистыми. Процессы оглинения в коричневых типичных почвах развиты сильнее, чем в коричневых карбонатных. Коричневые типичные почвы развиты под крупнозлаково-кустарниковыми растительными формациями, кустарниковыми зарослями, арчевым редколесьем.

Далее можно привести в качестве примера морфологическое описание горно-коричневых типичных почв, расположенных на ровных и водораздельных частях, а также на подножиях склонов. Эти почвы имеют довольно мощный гумусовый горизонт темно-коричневого цвета, глубокую гумусированность, вниз по профилю окраска постепенно светлеет, это происходит за счет проявления карбонатных образований. Гумусовый горизонт хорошо обработан дождевыми червями, а также роющими животными. Структура гумусового горизонта имеет мелкокомковатую структуру, переходящую в следующих горизонтах в ореховато-комковатую. В средней части профиля наблюдается уплотненный оглиненный горизонт, имеется также сильное скопление карбонатных образований в нижних горизонтах, причем граница карбонатов резкая.

Как видно из морфологического описания горно-коричневых типичных почв, расположенных на различных элементах склона, имеется укороченный гумусовый горизонт, около половины его смыто, на дневную поверхность выступает нижняя часть гумусового или верхняя часть переходного горизонта, гумусовый горизонт имеет светло-коричневую окраску, а карбонатный горизонт приближен к поверхности, по плотности почва уплотненная, структура комковато-порошисто-глыбистая, наблюдается некоторое облегчение гранулометрического состава верхних горизонтов почв, а также меньшая проработанность почвы дождевыми червями и насекомыми. Для почв северной экспозиции характерна несколько более темная окраска, несколько большая мощность гумусового прокрашивания, несколько лучшая оструктуренность, большая проработанность дождевыми червями, карбонатный горизонт залегает глубже.

Отличия горно-коричневых типичных почв от горно-коричневых карбонатных почв по морфологическому строению: более мощный гумусовый горизонт, меньшая мощность переходного горизонта, более темные тона, отсутствие пылеватости, плотное сложение, наличие в структуре ореховатости, ярко выраженный иллювиальный, оглиненный горизонт и более глубокое залегание карбонатного горизонта.

Горно-коричневые выщелоченные почвы распространены в верховьях Сукокская. Нижняя их граница находится на высоте 1350–1600 м. В пределах этой зоны выделено большое количество почвенных разностей, отличающихся друг от друга и степенью эродированности, и гранулометрическим составом почв и грунтов. Преобладают в различной степени смытые щебневатые и каменистые разности. При значительном содержании перегноя эти почвы относительно бедны азотом. Горные коричневые выщелоченные почвы развиты и распространены выше коричневых типичных или же сочетаются с ними на наиболее увлажненных участках ареала горных коричневых почв. Растительность лугово-степная с большим участием разнотравья и кустарников, местами – арча, ель, яблоня, отдельные деревья грецкого ореха. Материнскими породами служат продукты выветривания сланцев, известняков, лессовидные суглинки. Морфологические свойства горно-коричневых выщелоченных почв характеризуются мощным гумусовым горизонтом, варьирует в основном в горизонтах коричневый цвет, в профилях почв видна хорошо выраженная зернисто-пылеватая и комковато-зернистая структура, глубина залегания карбонатного горизонта зависит от целого ряда причин: рельефа, растительности, степени проявления эрозионных процессов, выщелоченность от карбонатов верхней и средней частей профиля с появлением отдельных карбонатных выделений.

Таким образом, горные коричневые выщелоченные почвы отличаются от коричневых типичных выщелоченностью карбонатов и гипса, отсутствием ярко выраженного карбонатного горизонта, наличием мощного гумусового горизонта, выраженной комковато-зернистой структурой, более плотным сложением.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что почвы различных элементов рельефа, подвергающиеся смыву, по морфологическим признакам неоднородны. Эта неоднородность проявляется в общем строении их профиля, в мощности гумусированного горизонта, структуре, цвете, гранулометрическом составе, глубине залегания карбонатных горизонтов. Степень развития эрозионных процессов на территории бассейна Сукоксай велика и носит локальный характер. Почвы бассейна Сукокская сильно эродированы. В связи с сильным развитием эрозионных процессов бассейн Сукокская создает впечатление чрезвычайно сильно смытого и размывтого бассейна, глубоко расчлененного боковыми саями с хорошо разработанными днищами. Огромные запасы валунно-галечникового материала в руслах свидетельствуют об активной селевой деятельности бассейна. Оползневые явления приурочены к участкам с мощным почвенным покровом и незначительной древесно-кустарниковой растительностью, расположенным на крутых склонах северных экспозиций. На площадях, занятых средне- и высокоплотными насаждениями, явления эрозии наблюдаются лишь в единичных случаях. Этот факт говорит о важном почвозащитном свойстве леса, препятствующего смыву поверхностных слоев почвы и образованию селевых потоков.

Также следует отметить, что все собранные в поле данные (как пространственные, так и атрибутивные) имеют окончательный вид. Несомненным преимуществом выполнения геодезических работ с помощью GPS-навигатора для измерения координат почвенных разрезов в полевых условиях перед традиционными способами является высокое качество результатов (точность, оперативность, цифровой вид) и сокращение времени и стоимости работ. Цифровой вид результатов позволяет экспортировать их в различных форматах для работы в других специализированных ГИС-приложениях. Описанную технологию упрощенно можно назвать «полевым дигитайзером». Использо-

зование GPS-навигатора при картировании позволяет избежать значительной трудоемкости и субъективности, присущих традиционным методом исследований. Особенно перспективно применение этой технологии в условиях гор, где наземные полевые работы осложнены масштабностью, плохой проходимостью, труднодоступностью, а также коротким летним сезоном.

Список использованных источников

- 1 Заславский, М. Н. Эрозия почв / М. Н. Заславский. – М., 1979. – 245 с.
- 2 Докучаев, В. В. Избранные труды / В. В. Докучаев. – М.: АН СССР, 1949.
- 3 Докучаев, В. В. Наши степи прежде и теперь / В. В. Докучаев. – М. – Л.: Сельхозгиз, 1936. – 123 с.
- 4 Дошанов, М. Б. Эрозия почв и борьба с ней в Западном Тянь-Шане: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Дошанов Мухтар Бещанович. – Ташкент, 1965. – 63 с.
- 5 Керимханов, С. У. Некоторые особенности процессов эрозии почв в системе вертикальной зональности (на примере Дагестана) / С. У. Керимханов // Первая Всесоюзная межвузовская конференция по проблеме «Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в разных природных условиях». – М., 1972.
- 6 Коровин, Е. П. Почвы и растительность Средней Азии как естественная производительная сила / Е. П. Коровин, А. К. Розанов // Труды САГУ. Сер. ХШа. – Ташкент, 1938. – Вып. 17.
- 7 Махсудов, Х. М. Эрозия почв аридной зоны Узбекистана / Х. М. Махсудов. – Ташкент: Фан, 1989. – 163 с.
- 8 Горные и предгорные почвы Узбекистана, их генетические особенности и охрана / Х. М. Махсудов, Л. А. Гафурова, И. Турапов, А. А. Ханазаров // Доклады и тезисы III съезда почвоведов и агрохимиков. – 2002. – С. 44–55.
- 9 Розанов, А. Н. Сероземы Средней Азии / А. Н. Розанов. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. – 460 с.

УДК 635.64:633.17:63.674.6:(477.7)

Г. В. Карашук, Н. Н. Лавренко, В. В. Ништа

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ТОВАРНОСТЬ ПЛОДОВ ТОМАТА ГИБРИДОВ РАЗНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ НА КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ ЮГА УКРАИНЫ

Целью исследований являлось изучение урожайности, показателей качества и товарности плодов томата гибридов разных групп спелости при капельном орошении в условиях юга Украины. Для получения высоких и качественных урожаев плодов томата при капельном орошении рекомендуется выращивать гибриды ультраранней группы Сомма, раннеспелой Лампо, среднеспелой Адванс и Ред Скай.

Ключевые слова: томат, гибрид, группа спелости, плоды, урожайность, качество, товарность.

Введение. Плодоовощной бизнес – одно из наиболее динамических направлений в экономике Украины. Украинские овощеводы демонстрируют высокий профессионализм, успешно внедряют новейшие технологии выращивания, послеуборочной подготовки урожая к реализации, логистики и маркетинга [1]. В соответствии с научно обоснованными нормами потребления на Украине ежегодно необходимо производить 8,5 млн т овощей.

В 90-х гг. прошлого века производство овощей на Украине стало падать. По данным Укрплодоовощпрома, производство овощей в 1992 г. в сравнении со среднегодовым за 1981–1990 гг. уменьшилось на 3,1 млн т и составило 5,1 млн т.

Уже в 2007 г., по статистическим данным, валовой сбор овощей составил 6835,2 тыс. т, причем население произвело 6121,8 тыс. т, а сельскохозяйственные предприятия, в частности фермерские, – только 713,4 тыс. т [2].

Одной из основных составляющих успешного внедрения интенсивных технологий выращивания такой производственно и потребительски важной культуры, как томат, является наличие высокотехнологических сортов и гибридов, которые должны быть пригодны для промышленного производства, иметь стабильно высокую продуктивность, качество плодов, устойчивость к болезням, большую пластичность и обладать свойствами адаптации к почвенно-климатическим условиям юга Украины. На сегодня сортов и гибридов как отечественной, так и зарубежной селекции, которые бы имели полный комплекс желаемых признаков в соответствии с направлением использования, недостаточно. В связи со значимостью сорта и гибрида для эффективности овощеводства экологические испытания новых гибридов томата в конкретных почвенно-климатических условиях актуальны и имеют большое практическое значение.

Томат – одна из самых популярных овощных культур в мире, один из важнейших компонентов здорового питания. Крупнейшими его производителями являются Китай, США и Турция, а мировой объем производства томатов составляет 15 млн т/год [3].

Материал и методы. Изучение продуктивности и товарности плодов томата гибридов разных групп спелости при капельном орошении проводили на протяжении 2012–2013 гг. в условиях Каховского района Херсонской области (Украина). Изучали следующие гибриды томата: ультраранние – Солероссо (стандарт), Сомма; раннеспелые – Лампо (стандарт), Дональд, Классик; среднеспелые – Вулкан (стандарт), Ред Скай, Адванс, Фоккер.

Повторность опыта четырехкратная, посевная площадь делянки – 180 м², учетная – 45 м². Почва темно-каштановая среднесуглинистая.

Острая нехватка влаги в почве при высокой температуре, особенно во время цветения и формирования плодов, отрицательно сказывается на развитии культуры. По этому показателю в 2012 г. погодные условия в период цветения томата были удовлетворительными, а в 2013 г. – благоприятными.

Агротехника томата общепринятая для орошаемых условий юга Украины. После уборки предшественника поле дисковали, затем вносили минеральные удобрения и делали зяблевую вспашку. Весной поле бороновали, а перед высадкой проводили маркировки рядов, закладывали капельную ленту с одновременным внесением тукосмеси (N₆P₂₆K₃₀) нормой 300 кг/га, также вносили гербицид «Стомп» нормой 2,5 л/га.

Применялся рассадный способ выращивания томатов. В открытый грунт высаживали 20–25-дневную рассаду. Высадку проводили вручную. Способ посадки однорядный. Ширина междурядий – 152 см, расстояние между растениями – 25 см, густота стояния растений – 27 тыс. шт./га.

За время вегетации проводили четыре междурядных культивации и осуществляли химическую защиту растений против сорняков и вредителей. Поливная норма менялась от 25 до 97 м³/га в зависимости от фазы развития культуры. Оросительная норма составила в 2012 г. 5500 м³/га, а в 2013 г. – 6000 м³/га. Уборку урожая томата проводили вручную в конце первой декады августа.

Результаты и обсуждение. Результаты наших исследований показали, что в среднем за два года исследований наибольшее количество плодов с одного куста среди гибридов ультраранней группы формировал гибрид Сомма (91 шт.), а средняя масса одного плода у него была наименьшей (41 г) (таблица 1). Наибольшим данный показатель в этой группе был у гибрида Солероссо (стандарт).

В раннеспелой группе наибольшее среднее количество плодов с одного куста формировал гибрид Лампо (стандарт) (105 шт.). Наибольшая средняя масса одного плода была у гибрида Классик (87 г).

Таблица 1 – Показатели структуры урожая гибридов томата (среднее за 2012–2013 гг.)

Гибрид	Среднее количество плодов с одного куста, шт.	Средняя масса плодов с одного куста, кг	Средняя масса одного плода, г
Ультраранние			
Солеросо (стандарт)	53	3,5	62
Сомма	91	5,1	41
Раннеспелые			
Лампо (стандарт)	105	5,1	51
Дональд	51	4,9	60
Классик	55	5,4	87
Среднеспелые			
Вулкан (стандарт)	41	5,2	100
Ред Скай	76	5,5	71
Адванс	56	6,1	81
Фоккер	87	5,5	71

Наибольшая средняя масса плодов с одного куста в раннеспелой группе была у гибрида Классик (5,4 кг). В среднеспелой группе преобладали по данному показателю гибриды Адванс, Ред Скай и Фоккер с показателем средней массы плодов с одного куста 6,1; 5,5 и 5,5 кг соответственно.

Результаты наших исследований показали, что исследуемые гибриды сформировали достаточно высокую урожайность (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность томата в зависимости от гибридного состава

В т/га

Гибрид	Год исследований		В среднем за 2012–2013 гг.
	2012	2013	
Ультраранние			
Солеросо (стандарт)	73,5	101,5	87,5
Сомма	79,9	108,2	94,1
Раннеспелые			
Лампо (стандарт)	85,7	124,4	105,1
Дональд	83,6	120,8	102,2
Классик	82,9	116,7	99,8
Среднеспелые			
Вулкан (стандарт)	82,5	120,0	101,2
Ред Скай	85,3	144,3	114,8
Адванс	93,7	149,7	121,7
Фоккер	83,7	139,2	111,5
НСР ₀₅ , т/га	1,53	1,24	1,43

Из данных таблицы 2 видно, что в среднем за два года исследований в группе ультраранних гибридов Сомма сформировал урожайность 94,1 т/га, что выше стандарта Солеросо на 7,5 %. В группе раннеспелых наивысшую урожайность образовал гибрид Лампо (стандарт) (105,1 т/га), а в группе среднеспелых – Адванс и Ред Скай (соответственно 121,7 и 114,8 т/га, что на 13,4–20,2 % больше стандарта Вулкан). Наивысшую урожайность в опыте сформировал гибрид Адванс.

Следует отметить, что в ультраранней группе урожайность гибридов томата в 2013 г. была выше в сравнении с 2012 г. на 22,3–28,0 т/га, или 27,9–38,1 %, в ранне-

спелой – на 33,8–38,7 т/га, или 33,9–45,2 %, и в среднеспелой – на 37,5–59,0 т/га, или 45,5–69,2 %.

В среднем за годы исследований наибольшая доля стандартных плодов в ультраранней группе получена у гибрида Сомма (89,2 %), в раннеспелой – у гибридов Лампо (стандарт) и Дональд (соответственно 91,9 и 91,8 %), а количество бракованных плодов у этих гибридов было наименьшим (таблица 3).

Таблица 3 – Товарность плодов томата разных групп спелости (среднее за 2012–2013 гг.)

Гибрид	Доля стандартных плодов, %	Доля нестандартных плодов, %	Брак, %
Ультраранние			
Солероссо (стандарт)	90,0	2,9	9,1
Сомма	89,2	2,1	8,7
Раннеспелые			
Лампо (стандарт)	91,9	5,9	2,2
Дональд	91,8	3,4	4,8
Классик	91,5	2,7	5,8
Среднеспелые			
Вулкан (стандарт)	92,1	2,7	5,2
Ред Скай	94,3	1,7	4,0
Адванс	94,4	3,2	2,4
Фоккер	92,3	2,0	5,7

В среднеспелой группе наибольшее количество стандартных плодов сформировали гибриды Ред Скай (94,3 %) и Адванс (94,4 %), а количество бракованных плодов у этих гибридов было наименьшим (2,4–4,0 %). Наибольшее количество бракованных плодов получено у гибрида раннеспелой группы Солероссо (стандарт).

Содержание нитратов в плодах томатов гибридов ультраранней, раннеспелой и среднеспелой групп составляло 38–41 мг/кг, что не превышало ПДК (150 мг/кг) (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели качества плодов томата гибридов разных групп спелости (среднее за 2012–2013 гг.)

Гибрид	Содержание нитратов, мг/кг	Активная кислотность рН	Содержание сухих веществ, %
Ультраранние			
Солероссо (стандарт)	38	4,4	4,6
Сомма	38	4,4	4,6
Раннеспелые			
Лампо (стандарт)	41	4,5	4,7
Дональд	38	4,4	4,7
Классик	38	4,4	4,8
Среднеспелые			
Вулкан (стандарт)	38	4,4	4,7
Ред Скай	38	4,4	4,8
Адванс	38	4,4	4,8
Фоккер	38	4,4	4,7
ПДК	60	-	-

Активная кислотность в плодах томата находилась на уровне 4,4–4,5 и не зависела от гибридного состава. Также биологические особенности гибрида не влияли на содержание в плодах томата сухих веществ, количество которых составило 4,6–4,8 %.

Выводы. В условиях юга Украины для получения высоких и качественных урожаев плодов томата при капельном орошении рекомендуется выращивать гибриды ультраранней группы Сомма, раннеспелой Лампо и среднеспелой Адванс и Ред Скай.

Список использованных источников

- 1 Новые решения в овощеводстве // Овощеводство. – 2009. – № 1. – С. 20–25.
- 2 Такой многоликий синьор Помидор // Овощеводство. – 2008. – № 7. – С. 13–15.
- 3 Механизация для эффективного производства овощей // Овощеводство. – 2009. – № 1. – С. 66–70.

УДК 633.854:631.5

О. С. Войцеховская, И. А. Войцеховский

Одесский государственный аграрный университет, Одесса, Украина;

ООО «Сингента», Одесса, Украина

М. А. Ковалев

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

ЗНАЧЕНИЕ ВЫСОКООЛЕИНОВОГО ПОДСОЛНЕЧНИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА УКРАИНЕ

Рассмотрено значение высокоолеинового подсолнечника на Украине и в мире. Наибольшие площади сосредоточены в США (56 %), Европе (9–60 %), а на Украине и в России площадь составляет всего лишь 2–3 %. Установлена важность высокоолеинового подсолнечника для пищевой и химической промышленности. Современные гибриды ведущих селекционных фирм мира, по данным лабораторных исследований, содержат 80 % и более олеиновой кислоты. Это повышает содержание витамина Е, делает безвредными побочные продукты переработки, позволяет увеличить срок хранения масла и при этом получать качественное топливо.

Ключевые слова: высокоолеиновый подсолнечник, сорт, гибрид, площадь, олеиновая кислота, польза.

Введение. Первые высокопродуктивные сорта подсолнечника созданы российскими и украинскими учеными. В. Пустовойту и Л. Жданову в 60-е гг. прошлого столетия удалось увеличить содержание линолевой кислоты с 26 до 49 %. Но большим достижением той эпохи было выведение высокоолеинового подсолнечника, которое осуществил селекционер К. Солдатов в 1970 г. на основе сорта ВНИИМК 8931. Содержание олеиновой кислоты в масле достигало 50 %. В 1977 г. был районирован сорт Первенец, который содержал 60–70 % олеиновой кислоты [1, 2].

К сожалению, селекционные достижения отечественных институтов за последние десятилетия неубедительны, если сравнивать их с аналогичными показателями передовых оригинаторов. Современные высокоолеиновые гибриды подсолнечника имеют содержание олеиновой кислоты от 80 до 92 % и более. Кардинальное отличие высокоолеинового подсолнечника от обычного заключается в разном соотношении линолевой и олеиновой кислот [3].

Результаты и обсуждение. Традиционное нерафинированное масло имеет изысканный вкус, насыщенный цвет и приятный аромат, поэтому идеально подходит для холодных соусов и салатов. А вот жарить на нем нежелательно: во время нагревания много полезных веществ разрушается, при этом образуются вредные продукты окисления. Нерафинированное масло на горячей сковородке начинает «стрелять», появляется неприятный запах и горьковатый привкус. Также образуются соединения, которые вредно влияют на организм человека. Они имеют способность образовываться за определенный промежуток времени. Высокоолеиновое масло гидратируется за 22 ч

при температуре 110 °С, что является наибольшим в сравнении с другими маслами растительного происхождения и дает возможность продлить срок использования в 6 раз по сравнению с маслом обычного подсолнечника (рисунок 1).

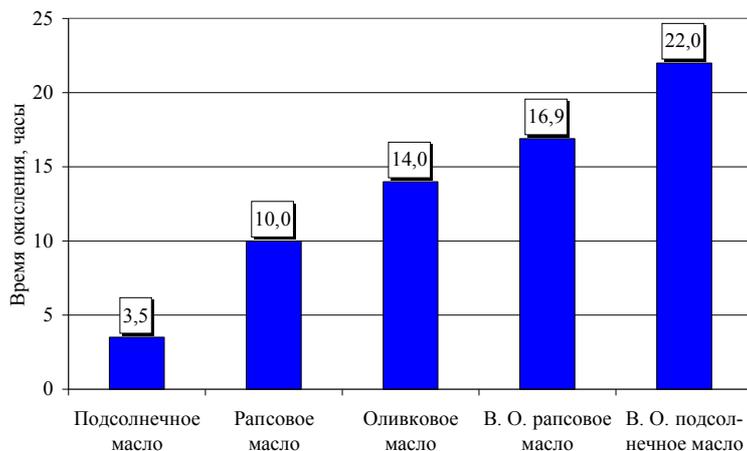


Рисунок 1 – Время окисления растительных масел при температуре 110 °С [4]

Растительное масло имеет достаточно сложный набор разных жирных кислот, к которым принадлежит олеиновая кислота и незаменимые для человека омега-3 и омега-6. Последние участвуют в строительстве межклеточных мембран и облегчают выведение из организма излишка холестерина. Наличие этих жирных кислот и их сбалансированность в составе масла и определяют полезность продукта [5].

Естественная же форма олеиновой кислоты имеет два атома водорода на одной стороне жирной кислоты. Это называется цис-конфигурацией (рисунок 2, а). Если два атома водорода расположены по разным сторонам, то это транс-конфигурация (рисунок 2, б).

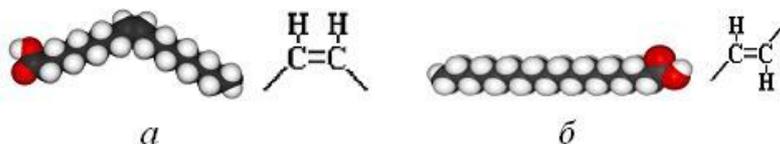


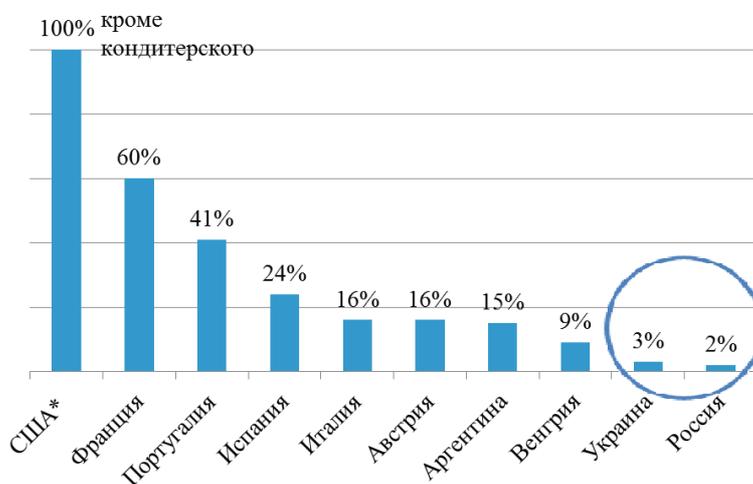
Рисунок 2 – Форма олеиновой кислоты: цис- (а) и транс-конфигурация (б) [6]

Как установлено многочисленными исследованиями, избышек линолевой кислоты, а ее в подсолнечнике больше, чем нужно живому организму для построения липидов, негативно влияет на иммунитет и приводит к различным заболеваниям, в том числе неизлечимым. Именно поэтому в последнее время в Западной Европе и Северной Америке пропагандируют здоровое и полезное питание на основе использования растительного масла с высоким содержанием олеиновой кислоты.

С учетом вышесказанного становится понятным, почему весь урожай высокоолеинового подсолнечника на Украине (280 тыс. т) полностью закупают западные трейдерские компании, которые пытаются полностью завладеть этим сегментом рынка, заключая прямые контракты с сельхозпроизводителями, предоставляя в кредит семена, и преследуют цель увеличить площади на Украине до 1 млн га к 2020 г. В США доля подсолнечника с высоким содержанием олеиновой кислоты уже к 2007 г. превышала 52 % всех площадей подсолнечника, а в 2014 г. достигла 100 % (не считая сортов кондитерского направления). В Европе высокоолеиновыми гибридами занято от 5 до 60 %. А Россия и Украина, мировые лидеры по экспорту подсолнечного масла, отводят под высокоолеиновый подсолнечник лишь 2–3 % площади (рисунок 3).

Но существуют причины, которые определяют медленное внедрение высокоолеинового подсолнечника в массовое производство: трейдеры принимают семена

подсолнечника не по выходу масла, а по зачетному весу; производитель получает вознаграждение за семена, которые содержат 82 % и более олеиновой кислоты, само вознаграждение в настоящее время невелико (25–30 долл./т) и к тому же нестабильно; среди аграриев распространилось ошибочное представление о сложности и затратности технологического процесса производства высокоолеинового подсолнечника [7].



Примечание: * – включая среднеолеиновый, 56 %.

Рисунок 3 – Площадь высокоолеинового подсолнечника в мире, 2014 г. [4]

Кроме того, что высокоолеиновый подсолнечник имеет неоспоримые преимущества в переработке на масло, важной является пригодность его переработки в биодизель. И опять все дело в олеиновой кислоте. Топливные характеристики напрямую зависят от соотношения линолевой и олеиновой кислот. Лишь при высоком проценте олеиновой кислоты эксплозивные данные топлива будут отвечать действующим требованиям. Поэтому масло, полученное из высокоолеинового подсолнечника, является наилучшим сырьем для биотоплива. Его добавки к маслам, которые получили из других культур (рапса, сои, арахиса, кукурузы), существенно улучшают качество получаемого биотоплива. Биодизель является смесью эфиров – продуктов взаимодействия моновенасыщенных (эруковой, линолевой и др.) и полиненасыщенных жирных кислот (олеиновой и др.) со спиртами.

Сам процесс его получения с точки зрения химии достаточно простой: растительное масло взаимодействует с метанолом (реже этанолом или изопропиловым спиртом) и гидроксидом натрия (калия) в следующей пропорции: 1 т растительного масла на 200 кг метанолгидроксида натрия (реакция переэтерификации). Полученная смесь непригодна для заливания в баки тракторов и автомобилей. Нужен еще целый ряд превращений и очисток, которые отвечают следующим требованиям: после прохождения реакции переэтерификации содержание метиловых эфиров (биотоплива) в смеси должно быть не ниже 96 %; биотопливо нужно очистить от метанола и высушить от воды (свободная вода в смеси приводит к стремительному развитию микроорганизмов, которые в процессе своей жизнедеятельности раскладывают биотопливо до свободных жирных кислот, что при взаимодействии с металлическими деталями в двигателе вызывает быструю коррозию).

И даже невзирая на такой достаточно сложный с технологической точки зрения процесс изготовления, очистки и сепарации биотоплива, предельный срок его хранения без использования не превышает 3 месяцев. Понятно, что процесс дальнейшего совершенствования технологии производства биодизеля невозможен без достаточного количества олеиновой кислоты.

Следовательно, высокоолеиновый подсолнечник становится реальной альтернативой рапсу, сое, особенно для регионов с низким влагообеспечением и высокими температурами [1, 3, 8].

Выводы. Можно выделить следующие преимущества высокоолеинового подсолнечника: высокий процент олеиновой кислоты делает подсолнечник ценной культурой в химической отрасли; заметно возрастает содержание витамина Е (антиоксиданта), и его значение превышает данный показатель в маслинах, рапсе и сое; гибриды высокоолеинового подсолнечника созданы на основе общепринятых селекционных методик, а не за счет изменения самого генома, как это имеет место в создании гибридов сои и рапса; побочные продукты (шрот, макуха) не вредны для животных, как в рапсе (эруковая кислота в масле и глюкозинолаты в шроте) и сое (ингибиторы трипсина, сапонина и гемаглютинаина); современные гибриды подсолнечника с высоким содержанием олеиновой кислоты не уступают по урожайности обычным, а масличность значительно превышает соевую и рапсовую; срок хранения высокоолеинового масла в 5 раз дольше, чем обычного.

Список использованных источников

- 1 Пустовойт, В. С. Подсолнечник / В. С. Пустовойт. – М.: Колос, 1975. – 591 с.
- 2 Пустовойт, В. С. Избранные труды / В. С. Пустовойт. – М.: Агропромиздат, 1990. – 366 с.
- 3 Никитчин, Д. И. Подсолнечник / Д. И. Никитчин. – Киев: Урожай, 1993. – 192 с.
- 4 Syngenta [Electronic resource]. – Mode of access: www3.syngenta.com, 2016.
- 5 Практикум по земледелию: учеб. пособие / М. С. Кравченко [и др.]; под ред. М. С. Кравченко, З. М. Томашевского. – Киев: Мета, 2003. – 320 с.
- 6 Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>, 2016.
- 7 Коваленко, А. М. Выращивание подсолнечника в севооборотах в условиях Степи / А. М. Коваленко, В. Г. Таран, О. А. Коваленко // Научно-технический бюллетень Института масличных культур УААН. – 2009. – № 14. – С. 157–161.
- 8 Никитчин, Д. И. Что надо знать при возделывании подсолнечника на Украине / Д. И. Никитчин, А. Н. Рябота, А. Е. Минковский. – Запорожье: РИО «Издатель», 1991. – 72 с.

УДК 633.11:631.81(477.7)

С. В. Панкеев, Г. В. Карашук

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

ВЛИЯНИЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ КАЧЕСТВА ЗЕРНА СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

Целью исследований являлось изучение влияния агроэкологических факторов на хлебопекарные качества зерна сортов озимой пшеницы при выращивании ее в условиях Южной Степи Украины. Уставлено, что проблему улучшения качества зерна озимой мягкой пшеницы следует рассматривать в направлении повышения плодородия почв за счет внесения сбалансированных минеральных удобрений и создания генетических моделей сортов в соответствии с международными стандартами качества продукции. Климатические условия Южной Степи Украины можно считать вполне благоприятными для формирования высококачественного зерна озимой пшеницы. Для получения такого зерна в условиях Южной Степи Украины необходимо выращивать высокоадаптированные сорта и вносить расчетную дозу минеральных удобрений с под-

кормкой рано весной дозой N_{30} . Лучшими сортами озимой мягкой пшеницы для неорошаемых условий являются Виктория одесская, Дриада, Херсонская безостая, озимой твердой пшеницы – сорт Лагуна.

Ключевые слова: пшеница, зерно, сорта, удобрения, подкормка, расчетная доза, качество, белок, клейковина, мука, хлеб.

Введение. Степная зона Украины всегда славилась высококачественным зерном пшеницы, что обусловлено благоприятными условиями этой зоны для формирования качественного зерна. К сожалению, в последние годы качество зерна пшеницы не соответствует требованиям пищевой промышленности, а тем более требованиям мирового рынка. Пшеницы третьего класса выращивается около 20 %, качество зерна в большей степени соответствует пятому классу. Пшеница имеет низкое содержание белка и клейковины. Почти половина зерна характеризуется высоким качеством клейковины, а продовольственного зерна, пригодного для продажи на мировом рынке, насчитывается всего около 13–15 %. Значительно повысить доход хозяйств можно за счет выращивания высококачественного зерна. Большая разница в ценах на зерно низкого и высокого качества делает выгодным вложение дополнительных средств для выращивания зерна высшего класса [1].

Качество зерна характеризуется следующими показателями: содержание белка, клейковины, качество клейковины, стекловидность, натура, а также мукомольные и хлебопекарные свойства. Хлебопекарные качества пшеничной муки зависят прежде всего от содержания белка и клейковины. Пшеница с высоким их содержанием обеспечивает большой объем хлеба [2]. Физико-химические свойства зерна можно менять как селекционным путем, так и за счет проведения различных агротехнических мероприятий, в частности внесения удобрений и применения системы защиты растений [3].

Качество зерна пшеницы формируется под влиянием внешних условий выращивания и биологических особенностей сортов. Его определяют следующие основные показатели: натура зерна (г/л), стекловидность (%), содержание клейковины и белка (%), выход хлеба из 100 г муки ($см^3$). Хлебопекарные свойства муки характеризует упругость, растяжимость теста, физические и химические характеристики теста, определяющие силу муки.

Основой производства высококачественного зерна является сорт, сочетающий высокую продуктивность с отличным качеством зерна. Все сорта пшеницы по показателям качества зерна распределяются на слабые, пшеницы-филеры, наиболее ценные и сильные пшеницы. Слабые – это сорта с клейковиной низкого качества, зерно которых можно использовать для технических целей, как фуражное для кормления животных и в кондитерской промышленности. Пшеницы-филеры – это сорта с более эластичной клейковиной, зерно которых можно использовать для выпечки вполне удовлетворительного формового хлеба. Наиболее ценное по качеству зерно пшеницы, способное давать при выпечке доброкачественный хлеб, пригодно для выпечки как формового, так и подового хлеба, булочек, батонов и т. п. Но эти пшеницы имеют низкую способность улучшать хлебопекарные качества слабой пшеницы. Особая ценность сильных пшениц заключается в том, что они способны эффективно улучшать качество слабых [4].

Качество урожая озимой пшеницы в Южной Степи Украины в основном обуславливается генетическими особенностями сорта и в значительной степени зависит от условий и технологии выращивания [5, 6].

В последние годы на качество зерна пшеницы значительно влияют изменения климата, которые сказываются на влагообеспеченности растений, питательном режиме почвы, развитии болезней, вредителей и прочем. Поэтому соблюдение даже всех требований существующей технологии часто не обеспечивает получения высококачественного зерна. Для формирования качественного зерна пшеницы необходимо адапти-

ровать технологию ее выращивания в условиях нового климата [7]. Главными признаками, лимитирующими производство зерна высокого качества, были и остаются содержание в нем белка и клейковины. Эти показатели тесно связаны между собой, имея высокий (0,765) коэффициент корреляции [8].

Клейковина – это нерастворимый в воде упруго-эластичный гель, образующийся при смешивании муки с водой. Основу ее составляет белковый комплекс, в котором преобладают белки глиадин и глютеин. Белки клейковины в воде сильно набухают, создают эластичный студень – сырую клейковину. Клейковины в зерне содержится от 16 до 48 %. Она определяет такие физические свойства, как объем и упругость теста и качество хлеба. Поэтому для получения высококачественного хлеба содержание клейковины в муке должно быть высоким.

Не менее важным показателем является качество клейковины. Высококачественная клейковина должна характеризоваться эластичностью, хорошей упругостью и средней растяжимостью. Основной путь улучшения клейковины – селекция, создание сортов и форм пшеницы с оптимальным, генетически детерминированным соотношением компонентов муки, и прежде всего полипептидов и фракций клетчаточных белков. Второй, такой же важный и необходимый путь – агротехника. Для реализации генетического потенциала сорта необходимы следующие условия формирования урожая зерна: температура, водный режим, минеральное, особенно азотное, питание растений.

Материал и методы. Изучение влияния агроэкологических факторов на хлебопекарные качества зерна сортов озимой пшеницы проводили на протяжении 2009–2011 гг. на полях ЧП «АПФ «Алекс» Каменско-Днепровского района Запорожской области.

Объект исследований – качество зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от фона питания в условиях Южной Степи Украины. Предмет исследований: сорта озимой мягкой пшеницы Херсонская безостая, Дриада, Виктория одесская, Вдала, Фаворитка, сорта озимой твердой пшеницы Альый парус и Лагуна; фоны питания: без удобрений, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{30}K_{30}$, $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$ рано весной, $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$ в фазу колошения, расчетная доза удобрений на урожайность 4,0 т/га. Методы исследований: полевой краткосрочный двухфакторный опыт, а также общепринятые в земледелии методики сопутствующих исследований.

В наших исследованиях изучались сорта озимой мягкой и твердой пшеницы, которые отличались по эколого-генетическому происхождению, методам выведения и продолжительности их использования в производстве. Сорта созданы в различных селекционно-генетических центрах: Херсонская безостая (стандарт) – в Институте орошаемого земледелия НААНУ, Дриада – в НПФ «Дриада» (г. Херсон), Фаворитка – в Мироновском институте пшеницы им. В. Н. Ремесло НААНУ, Виктория одесская, Вдала, Альый парус (стандарт) и Лагуна – в Селекционно-генетическом институте НААНУ.

Расчетную дозу удобрений определяли по методике Института орошаемого земледелия НААНУ [9]. В зависимости от фактического содержания элементов питания в почве она составляла под озимую пшеницу урожая 2009 г. $N_{81}P_{30}K_0$, 2010 г. – $N_{64}P_{30}K_0$, 2011 г. – $N_{80}P_{30}K_0$, что в среднем за 2009–2011 гг. составило $N_{75}P_{30}K_0$. $N_{45}P_{30}$ вносили под основную обработку почвы и проводили ранневесеннюю подкормку нормой N_{30} . Агротехника в опытах была общепринятой для зоны Южной Степи Украины.

Результаты и обсуждение. Результаты лабораторного анализа показателей содержания белка в зерне озимой пшеницы позволили выявить преимущество сортов твердой пшеницы перед сортами мягкой практически во всех сочетаниях исследуемых факторов, прирост составил 11–13 относительных процентов (таблица 1).

Максимальное содержание белка (16,0 %) отмечено в варианте с сортом Лагуна при внесении расчетной дозы удобрений. Самыми высокими показателями количества белка в зерне отличались сорта как твердой, так и мягкой пшеницы при дробном внесе-

нии удобрений с подкормкой азотом рано весной. При подкормке в фазу колошения наблюдалось значительное превышение по количеству белка основных фонов внесения удобрений с осени, но из приведенных данных можно заключить, что такой способ их внесения значительно меньше способствует накоплению белка (на 1,3–1,4 % в зависимости от сорта), чем при аналогичной дозе азотной подкормки рано весной.

Таблица 1 – Содержание белка в зерне сортов озимой пшеницы на разных фонах питания (среднее за 2009–2011 гг.)

В %

Сорт (А)	Фон питания (В)					
	Без удобрений	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀ рано весной	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀ в фазу колошения	Расчетная доза удобрений
Херсонская безостая (стандарт)	12,2	12,5	12,6	14,3	13,0	14,4
Виктория одесская	12,4	12,6	12,8	14,4	13,0	14,5
Вдала	12,2	12,4	12,5	14,2	12,8	14,2
Дриада	12,3	12,6	12,7	14,6	13,2	14,7
Фаворитка	12,1	12,3	12,4	14,3	12,9	14,3
Алый парус (стандарт)	13,9	14,2	14,4	15,8	14,4	15,8
Лагуна	13,9	14,3	14,5	15,9	14,6	16,0

Наши исследования показали, что при различных дозах минерального питания сорта озимой пшеницы по-разному накапливали белок. Так, без удобрений и по фонам только основного внесения выделился сорт Виктория одесская, а при расчетной дозе удобрений и на фонах с подкормкой лучшими показателями по содержанию белка характеризовался сорт Дриада.

В наших исследованиях лучшими по содержанию клейковины в муке в среднем по вариантам опыта были сорта Виктория одесская (28,2 %) и Дриада (28,1 %), но в условиях оптимального питания (расчетная доза удобрений) сорт Дриада формировал больше клейковины по сравнению с другими сортами на 0,3–0,8 %.

При выращивании на разных фонах питания содержание клейковины и группа ее качества менялись. Все сорта сформировали зерно, которое соответствовало качеству сильных пшениц, на фонах расчетной дозы удобрений и N₃₀P₃₀K₃₀ + N₃₀ рано весной. А при внесении N₃₀P₃₀K₃₀ + N₃₀ в фазу колошения зерно сильной пшеницы сформировал только сорт Дриада. С уверенностью можно утверждать, что даже обеспечение повышенного фона питания с осени является недостаточным для формирования качества зерна сильных пшениц в условиях дефицита увлажнения. В варианте без удобрений только сорт Виктория одесская в среднем за три года исследований сформировал зерно ценной пшеницы, другие же сорта содержали клейковины менее 25 %, а сорта Вдала и Фаворитка позволили получить зерно только третьей группы качества.

Можно отметить, что отличные показатели силы муки, характерные для сильных пшениц, формируются у всех без исключения сортов в вариантах с проведением подкормки рано весной (таблица 2). Применение азотных удобрений в расчетном количестве в сочетании с современными генотипами озимой мягкой пшеницы позволяет получать сильные пшеницы. По показателю силы муки лучшим оказался сорт Виктория одесская на фоне применения расчетной дозы удобрений (335 ед. а.).

Объективным признаком высококачественного хлеба является его большой объем. По результатам исследований, наибольшими показателями объемного выхода хлеба из 100 г муки отличались сорта Дриада и Виктория одесская (соответственно 672 и

665 см³ при внесении расчетной дозы удобрений). Показатели этих сортов в среднем по опыту превышали показатели других сортов на 20–30 см³ при высокой общей оценке хлеба (5 баллов) (таблица 3).

Таблица 2 – Сила муки зерна сортов озимой мягкой пшеницы в зависимости от фона питания (среднее за 2009–2011 гг.)

В ед. а.

Сорт (А)	Фон питания (В)					
	Без удобрений	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀ рано весной	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀ в фазу колошения	Расчетная доза удобрений
Херсонская безостая (стандарт)	220	260	268	305	275	316
Виктория одесская	254	262	276	324	278	335
Вдала	206	250	257	300	268	310
Дриада	232	258	278	316	281	332
Фаворитка	214	268	277	308	271	320

Таблица 3 – Хлебопекарные качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы в зависимости от фона питания (среднее за 2009–2011 гг.)

Сорт (А)	Фон питания (В)			
	Без удобрений	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀ в фазу колошения	Расчетная доза удобрений
Объемный выход хлеба, см ³ /100 г муки				
Херсонская безостая (стандарт)	497	575	615	640
Виктория одесская	520	585	630	665
Вдала	492	543	600	642
Дриада	513	573	625	672
Фаворитка	502	565	610	655
Общая оценка хлеба, балл				
Херсонская безостая (стандарт)	3,4	4,3	4,8	5
Виктория одесская	3,6	4,4	4,9	5
Вдала	3,2	4,0	4,6	5
Дриада	3,3	4,3	4,9	5
Фаворитка	3,4	4,1	4,7	5

Подкормки в фазу колошения оказались неспособными компенсировать низкий объемный выход хлеба по сравнению с применением расчетной дозы удобрений, но при этом улучшалась общая оценка хлеба.

Выводы. Проблему улучшения качества зерна озимой мягкой пшеницы следует рассматривать в направлении повышения плодородия почв за счет внесения сбалансированных минеральных удобрений и создания генетических моделей сортов в соответствии с международными стандартами качества продукции. Климатические условия Южной Степи Украины можно считать вполне благоприятными для формирования высококачественного зерна озимой пшеницы. Для получения такого зерна в условиях Южной Степи Украины необходимо выращивать высокоадаптированные сорта и вносить расчетную дозу минеральных удобрений с подкормкой рано весной дозой N₃₀. Лучшими сортами озимой мягкой пшеницы для неорошаемых условий являются Виктория одесская, Дриада, Херсонская безостая, озимой твердой пшеницы – сорт Лагуна.

Список использованных источников

- 1 Нетис, И. Т. Озимая пшеница в зоне Степи / И. Т. Нетис. – Херсон: Айлант, 2004. – 85 с.
- 2 Нетис, И. Т. Научное обоснование и разработка энергосберегающих технологий выращивания озимой мягкой и твердой пшеницы на орошаемых землях юга Украины: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.09 / Нетис И. Т. – Херсон, 1997. – 352 с.
- 3 Качество зерна озимой пшеницы на юге Украины и пути его повышения / А. В. Черенков, М. С. Шевченко, О. Л. Романенко, А. С. Бондаренко // Бюллетень Института зернового хозяйства НААНУ. – 2009. – № 37.
- 4 Животков, Л. А. Озимые зерновые культуры / Л. А. Животков, С. В. Бирюков, П. Т. Бабаянец. – Киев: Урожай, 1993. – 288 с.
- 5 Филипьев, И. Д. Методические рекомендации по выращиванию высококачественного зерна сильных пшениц на юге Украины / И. Д. Филипьев. – Херсон, 1974. – 64 с.
- 6 Жужа, О. О. Влияние агроэкологических условий на качество зерна различных сортов озимой пшеницы / О. О. Жужа // Таврический научный вестник. – Херсон, 1999. – Вып. 11. – С. 79–82.
- 7 Орлюк, А. П. Адаптивный и продуктивный потенциал пшеницы / А. П. Орлюк, К. В. Гончарова. – Херсон: Айлант, 2002. – 276 с.
- 8 Оверченко, Б. П. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / Б. П. Оверченко // Вестник аграрной науки. – 2003. – № 6. – С. 29–30.
- 9 Гамаюнова, В. В. Определение доз удобрений под сельскохозяйственные культуры в условиях орошения / В. В. Гамаюнова, И. Д. Филипьев // Вестник аграрной науки. – Киев, 1997. – № 5. – С. 15–19.

УДК 631.6.03:544.6.018.2

М. Н. Лытов, А. Н. Чушкин, Е. И. Чушкина

Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий, Волгоград, Российская Федерация

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ
В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГО ОРИЕНТИРОВАННЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ**

В исследованиях рассматривается возможность сокращения пестицидных нагрузок при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях орошения за счет применения для полива воды с измененным окислительно-восстановительным потенциалом. Экспериментальные исследования проведены на примере томатов, орошаемых капельным способом с применением электрохимически активированной воды. Регион исследований – сухостепная зона светло-каштановых почв Нижнего Поволжья. Установлено, что наилучшей альтернативой химическим методам сдерживания распространения фитофторы и септориозов является поочередное применение анолита в равной пропорции с природной оросительной водой. Распространение болезней в опытах при этом не превышало 0,3–1,5 %, что сравнимо с показателями при стандартных средствах химической защиты растений. Наилучшей альтернативой химическим методам сдерживания распространения корневых гнилей является поочередное применение католита и природной оросительной воды в равных пропорциях. В опытах это позволяло сдерживать распространение болезни в пределах 0,7–0,9 %. Предложен регламент применения электрохимически активированной воды для полива томатов капельным способом.

Ключевые слова: агроэкология, электрохимически активированная вода, пестициды, орошение, болезни, качество, технология применения.

Введение. Актуальность исследований определяется необходимостью разработки и внедрения новых, эффективных технологий орошения овощных культур, обеспечивающих возможность совокупного роста продуктивности и качества продукции с соблюдением принципов ресурсосбережения и требований экологической безопасности производства [1–3]. Одним из перспективных путей развития сельскохозяйственной науки в этом направлении является использование феномена электрохимической активации для программируемого изменения свойств оросительной воды и расширения возможностей управления развитием агроценоза при орошении [4–8].

Материалы и методы. Материалами, составляющими основу исследований, стали результаты собственного полевого эксперимента [9, 10]. Опыт двухфакторный.

В рамках фактора А проводился поиск оптимальной периодичности применения электрохимически активированной воды с капельным орошением томатов в течение вегетационного периода: вариант А1 – контроль 1-го уровня (без применения электрохимически активированной воды); вариант А2 – применение электрохимически активированной воды каждый пятый вегетационный полив, вариант А3 – каждый четвертый полив, вариант А4 – каждый третий полив. Во всех вариантах (кроме контроля) первый полив проводили с применением электрохимически активированной воды.

В рамках фактора В проводился поиск рационального режима подачи электрохимически активированной воды в процессе полива: вариант В1 – анолит – 50 % от поливной нормы, природная вода – 50 % от поливной нормы; вариант В2 – анолит – 25 % от поливной нормы, природная вода – 50 % от поливной нормы, католит – 25 % от поливной нормы; вариант В3 – анолит – 10 % от поливной нормы, природная вода – 50 % от поливной нормы, католит – 40 % от поливной нормы; вариант В4 – природная вода – 50 % от поливной нормы, католит – 50 % от поливной нормы.

Опыт был заложен на фоне щадящего режима применения средств химической защиты растений (без применения фунгицидов). В отличие от контроля 1-го уровня контроль 0-го уровня предусматривал стандартную зональную схему химической защиты растений (с использованием препаратов группы фунгицидов).

Экспериментальная часть исследований была реализована в 2010–2012 гг. на орошаемых землях КФХ «Фокин С. И.» Городищенского района Волгоградской области, расположенного в зоне распространения светло-каштановых почв Нижнего Поволжья.

Установка для электрохимической активации воды на опытном участке представляет собой комплекс гидравлически параллельно соединенных между собой активационных модулей, обеспечивающих при непосредственной подаче анолита в систему капельного орошения (без хранения) сохранение окислительно-восстановительного потенциала электрохимически активированной воды в капельницах до плюс 570 – плюс 600 мВ при рН среды на уровне 5,1–5,3. При подаче католита в систему из промежуточного закрытого резервуара с хранением в течение 2,5–3,0 ч окислительно-восстановительный потенциал электрохимически активированной воды на выходе из капельниц составлял минус 220 – минус 250 мВ при рН не более 7,8–7,9.

Результаты и обсуждение. Исследования показали, что использование электрохимически активированной воды при капельном орошении томатов позволяет сдерживать распространение болезней и ингибирует их развитие на уже зараженных растениях (таблица 1). Кроме того, введение приема электрохимической активации оросительной воды при капельном орошении томатов позволяет регулировать структуру урожая, меняя соотношения компонентов с положительным и отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом (таблица 2).

Растения с наибольшим числом плодов во все годы исследования формировались на участках варианта, в котором электрохимически активированную воду использовали каждый третий или каждый четвертый полив, а анолит и католит применяли по-

очередно в соотношении 1 : 4 (вариант В3). В среднем за годы исследований урожайность томатов на участках этого варианта достигала 93,5–97,6 т/га, что на 17,5–22,6 % больше контроля 1-го уровня и на 3,7–8,2 % больше контроля 0-го уровня.

Таблица 1 – Распространение и развитие болезней томата

v	n	Год исследований									
		2010				2011				2012	
		Септориоз		Фитофтороз		Фитофтороз		Корневая гниль		Септориоз	
		s	i	s	i	s	i	s	i	s	i
С использованием фунгицидов (контроль 0-го уровня)											
0	-	0,5	11,2	0	-	0,7	17,8	0	-	0,3	9,8
Без фунгицидов											
Контроль 1-го уровня		13,7	27,2	3,6	55,3	17,2	63,2	4,6	78,6	15,6	37,8
0,20	1,0	1,2	13,4	0,3	33,2	2,5	14,9	1,7	63,5	3,2	16,5
0,20	0,5	1,9	12,1	0,5	31,2	2,9	15,6	0,4	55,2	3,5	14,4
0,20	0,2	2,5	8,2	0,5	30,8	3,1	14,7	0,7	51,3	4,2	10,5
0,20	0,0	11,2	9,8	3,2	31,5	15,2	13,5	0,9	45,3	13,1	12,7
0,25	1,0	0,7	12,1	0,4	35,3	1,3	12,8	1,4	59,3	1,5	15,2
0,25	0,5	1,1	10,8	0,4	33,4	1,9	12,8	0,2	53,2	2,6	13,5
0,25	0,2	1,5	7,6	0,5	31,3	1,9	11,5	0,2	50,1	2,9	10,5
0,25	0,0	7,8	9,2	3,5	32,4	13,7	13,4	0,7	44,0	9,3	12,1
0,33	1,0	0,3	11,9	0,3	34,7	1,3	16,4	1,4	57,9	1,4	14,8
0,33	0,5	0,9	10,5	0,4	32,0	1,9	15,3	0,3	53,0	2,1	13,5
0,33	0,2	1,4	7,2	0,6	30,8	2,2	15,0	0,4	50,0	2,4	10,8
0,33	0,0	5,9	9,2	3,5	31,8	14,1	15,2	1,0	45,6	6,2	11,9
НСР ₀₅	А	0,32	0,50	0,41	1,46	0,35	0,65	0,30	2,15	0,43	0,73
	В	0,32	0,50	0,41	1,46	0,35	0,65	0,30	2,15	0,43	0,73
	АВ	0,65	1,00	0,81	2,92	0,70	1,29	0,59	4,30	0,85	1,45

Примечание – v – доля поливов с введением ЭХАВ; n – индекс анолита (доля анолита по отношению к общему объему подачи ЭХАВ с капельным орошением за полив); s – доля пораженных растений, %; i – средняя интенсивность поражения растения, %.

Таблица 2 – Урожайность и качество плодов томата (среднее за 2010–2012 гг.)

v	n	Число плодов на растении	Средняя масса плода, г	Урожайность, т/га	Плоды бланжевой спелости			Зрелые плоды		
					Коэффициент кислотности, %	Коэффициент сахаристости, %	Витамин С, мг%	Коэффициент кислотности, %	Коэффициент сахаристости, %	Витамин С, мг%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
С использованием фунгицидов (контроль 0-го уровня)										
0	-	21	100	90,2	9,3	45,0	23,7	8,6	47,1	20,5
Без фунгицидов										
Контроль 1-го уровня		16	94	79,6	9,1	45,5	24,8	8,4	47,3	21,8

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,20	1,0	19	96	87,0	8,5	46,1	23,5	7,7	47,7	20,4
0,20	0,5	21	99	90,6	8,6	46,4	24,9	8,0	48,4	21,7
0,20	0,2	23	105	93,5	8,8	46,6	25,5	8,3	48,9	22,5
0,20	0,0	19	101	81,2	9,0	47,0	25,8	8,2	49,1	22,8
0,25	1,0	19	95	84,1	7,9	46,6	22,9	7,1	48,0	19,8
0,25	0,5	21	99	89,8	8,3	46,9	24,0	7,4	49,1	20,8
0,25	0,2	25	107	97,6	8,5	48,0	24,9	7,6	50,2	21,8
0,25	0,0	20	102	85,4	8,7	48,6	25,6	8,1	50,5	22,3
0,33	1,0	18	95	78,5	7,6	46,3	22,8	6,8	47,7	19,6
0,33	0,5	20	99	87,1	8,2	47,1	23,9	7,2	49,0	20,8
0,33	0,2	24	107	97,5	8,3	48,4	25,2	7,4	50,4	22,1
0,33	0,0	20	102	87,3	8,9	48,3	25,5	8,2	50,6	22,3
НСР ₀₅	A	0,6	3,1	1,34	-	-	0,34	-	-	0,32
	B	0,6	3,1	1,34	-	-	0,34	-	-	0,32
	AB	1,2	6,2	2,68	-	-	0,68	-	-	0,64

Получение плодов томата с наибольшим содержанием витамина С (25,8 мг%), обеспечивалось при уборке в фазу бланжевой спелости на участках, где электрохимически активированную воду применяли каждый пятый полив по схеме варианта В4. В то же время признанные стандарты вкусовых качеств плодов томата (коэффициент сахаристости больше 48 % при коэффициенте кислотности менее 8 %) при уборке в фазу бланжевой спелости достигнуты не были. При уборке зрелых плодов томата хорошие вкусовые качества обеспечивались на участках, где электрохимическую активацию оросительной воды применяли каждый четвертый или каждый третий полив с поочередным введением анолита и католита в пропорции 1 : 4.

Таким образом, по совокупности ряда критериев лучшим вариантом применения электрохимически активированной воды при поливе томатов является ее использование каждый четвертый полив с поочередным введением анолита и католита в пропорции 1 : 4. Последовательность выполнения операций при использовании электрохимической активации оросительной воды с поливом и реализации технологической схемы «без потерь» следующая:

- установка для электрохимической активации оросительной воды включена; анолит подается в систему капельного орошения, параллельно происходит закачка католита в закрытый резервуар для хранения. Продолжительность операции T равна:

$$T = \frac{0,1m}{\sum \Pi_k},$$

где m – поливная норма, м³/га;

$\sum \Pi_k$ – суммарная производительность капельниц на 1 га поливной площади, м³/ч;

- установка для электрохимической активации оросительной воды отключена, в систему капельного орошения подается природная оросительная вода. Продолжительность операции T равна:

$$T = \frac{0,5m}{\sum \Pi_k};$$

- установка для электрохимической активации оросительной воды отключена, в систему капельного орошения из закрытого резервуара подается католит. Продолжительность операции T равна:

$$T = \frac{0,4m}{\sum \Pi_k}$$

Вывод. Соблюдение указанного регламента технологии применения электрохимически активированной воды при возделывании томата на фоне капельного орошения обеспечивает возможность существенного снижения пестицидной нагрузки на орошаемые экосистемы при совокупном повышении продуктивности и всех показателей качества плодов с выполнением требований ресурсосбережения.

Список использованных источников

1 Литвинов, С. С. Научные основы современного овощеводства / С. С. Литвинов. – М.: ВНИИО, 2008. – 771 с.

2 Мельников, Н. Н. Об экотоксичности некоторых современных инсектицидов и фунгицидов / Н. Н. Мельников, С. Р. Белан // Защита и карантин растений. – 1998. – № 9. – С. 10.

3 Богуславская, Н. В. Экологические проблемы в защите растений / Н. В. Богуславская // Экологическая безопасность в АПК. – 2009. – № 3. – С. 769.

4 Семененко, С. Я. Использование электрохимически активированной воды для повышения урожайности картофеля / С. Я. Семененко, М. Н. Белицкая, С. М. Лихолетов // Аграрная наука. – 2012. – № 5. – С. 21–23.

5 Механизм биологического действия и опыт применения электрохимически активированных водных сред в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] / Е. И. Чушкина, С. Я. Семененко, М. Н. Лытов, А. Н. Чушкин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – № 4(20). – 16 с. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec379-field6.pdf.

6 Эффективность применения воды с измененным окислительно-восстановительным потенциалом при подготовке семян овощных культур к посеву / М. Н. Лытов, Е. И. Чушкина, А. Н. Чушкин, А. Н. Лагутин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 1(37). – С. 203–206.

7 Брыкалов, А. В. Оценка влияния электрохимически активированной воды на ферментативную активность семян / А. В. Брыкалов, Е. В. Плющ // Современные наукоемкие технологии. – 2004. – № 4. – С. 83.

8 Влияние католита на росторегулирующую способность гумата калия при некорневой обработке озимой пшеницы / Э. А. Александрова, Г. А. Шрамко, Т. В. Князева, Я. С. Черных // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 1, № 38. – С. 113–117.

9 Продуктивность томатов при капельном орошении с использованием электрохимически активированной воды [Электронный ресурс] / С. Я. Семененко, М. Н. Лытов, Е. И. Чушкина, А. Н. Чушкин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – № 2(14). – 14 с. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec253-field6.pdf.

10 Эффективность возделывания томата на светло-каштановых почвах при капельном орошении с использованием электрохимически активированной воды / С. Я. Семененко, М. Н. Лытов, Е. И. Чушкина, А. Н. Чушкин // Плодородие. – 2014. – № 3(78). – С. 38–39.

УДК 631.6.02:502.4

А. М. ДжапароваНаучно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь,
Российская Федерация**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС
ВОДООХРАННЫХ ЗОН, ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ**

Рассмотрено влияние лесных насаждений на формирование водных ресурсов, гидромелиоративное состояние, количество выпадающих осадков и испарение на Крымском полуострове. Проанализирована роль лесополос в процессах регулирования состояния окружающей среды и предотвращения негативных изменений климата. Лесополосы в степных районах защищают почвенный покров, очищают воздух и способствуют уменьшению испарения почвенной влаги, увеличивая количество осадков, снижая влияние суховейных ветров. Выявлены особенности распределения защитных насаждений по городам и районам Республики Крым: лесополосы практически отсутствуют в городах Алуште, Джанкое, Краснопереконске, Саках и Ялте и в границах населенных пунктов Бахчисарайского, Советского, Краснопереконского, Ленинского, Первомайского, Раздольненского районов и преобладают на землях сельскохозяйственного назначения в степной зоне Республики Крым (Красногвардейский, Сакский, Джанкойский, Симферопольский районы). Показано, что при уменьшении площади, занятой лесными насаждениями, уменьшается водность рек, усиливается эрозия почв, повышается повторяемость пыльных бурь.

Ключевые слова: защитные лесные полосы, водные объекты, агролесомелиорация, лесистость, лесоразведение, водоохранные зоны, водная эрозия.

История становления защитного лесоразведения в равнинном Крыму приходится на периоды 1924–1934 и 1949–1965 гг. [1]. Изучение влияния лесных полос на микроклимат и плодородие почв в Крыму проводилось длительное время. В 1939–1950 гг. сотрудником Крымского государственного заповедника В. М. Пятаковым проводилось изучение влияния леса на испарение почвенной влаги. Исследования показали, что лесополосы вдоль водохранилищ и других водных объектов способствуют уменьшению испарения воды. Эксперименты по изучению водоохранной и противозерозионной роли леса показали, что оголенные склоны с задернованностью 15–35 % не задерживают дождевой сток, в то время как залесенные склоны задерживают более 70 % стока. Смыв почвы с оголенных склонов оказался в 40–260 раз больше, чем с залесенных. Эти исследования подтвердили необходимость сохранения леса и залесения безлесных склонов [2].

П. Костычев, В. Докучаев, А. Измаильский, Г. Высоцкий и другие пришли к выводу, что леса оказывают большое мелиоративное влияние на прилегающую территорию, определяют микроклимат, регулируют отложение снежного покрова и характер его таяния. Учеными установлена взаимосвязь между степенью облесения полей и количеством инфильтрационного стока, расчеты показали, что лес увеличивает количество выпавших осадков. В умеренных широтах повышение количества осадков в абсолютных величинах составляет от 20 до 100 мм, а годовой сток с засаженных лесом бассейнов в 50 % случаев выше, чем с малозасаженных территорий, и расходы водотоков уменьшаются в среднем на 5 % при сокращении площадей лесных массивов на 10 % [3].

Древесные насаждения имеют большое значение в процессах регулирования состояния окружающей среды и предотвращения негативных изменений климата. Общая площадь земель лесного фонда Республики Крым составляет 286,1 тыс. га. Леса находятся в собственности Республики Крым и по целевому назначению отнесены к защитным

лесам, подлежат освоению в целях сохранения средообразующих, водоохраных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных и иных функций. Изменение площади лесных насаждений на территории Крыма по годам представлено на рисунке 1 [4].

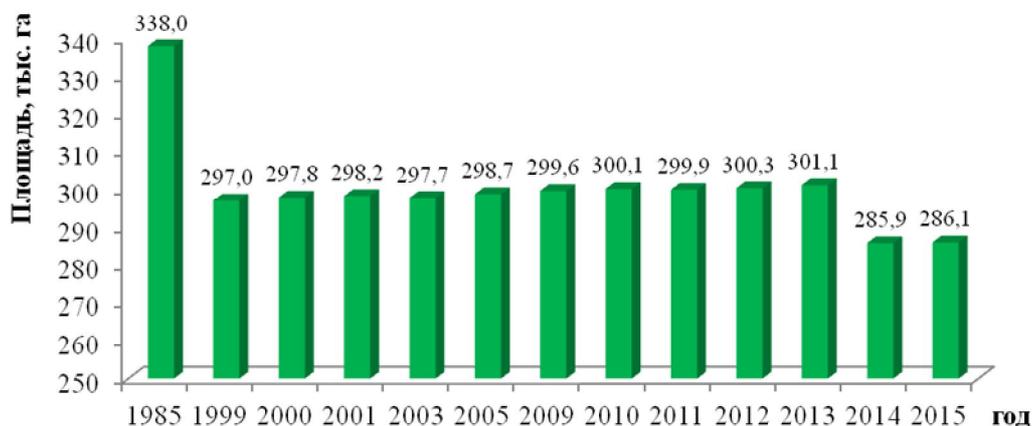


Рисунок 1 – Изменение площади лесных насаждений на территории Крыма по годам

Данные представляют изменение лесных площадей Крыма в течение 30 лет. Если в 1985 г. лесистость составляла 13 %, то дальнейшего воссоздания лесных насаждений в должных объемах не проводилось, поэтому лесистость по состоянию на 01.01.2016 составляет 10,9 %, при этом оптимальная экологическая норма – 19,0 %, тогда как лесистость всей планеты – 32,2 %, по Российской Федерации – 45,4 %.

В последние годы в связи с отсутствием бюджетного финансирования постоянно снижаются объемы создания лесных защитных насаждений по всем ведомствам. Динамика лесовосстановления и создания защитных лесонасаждений приведена на рисунке 2 [4].

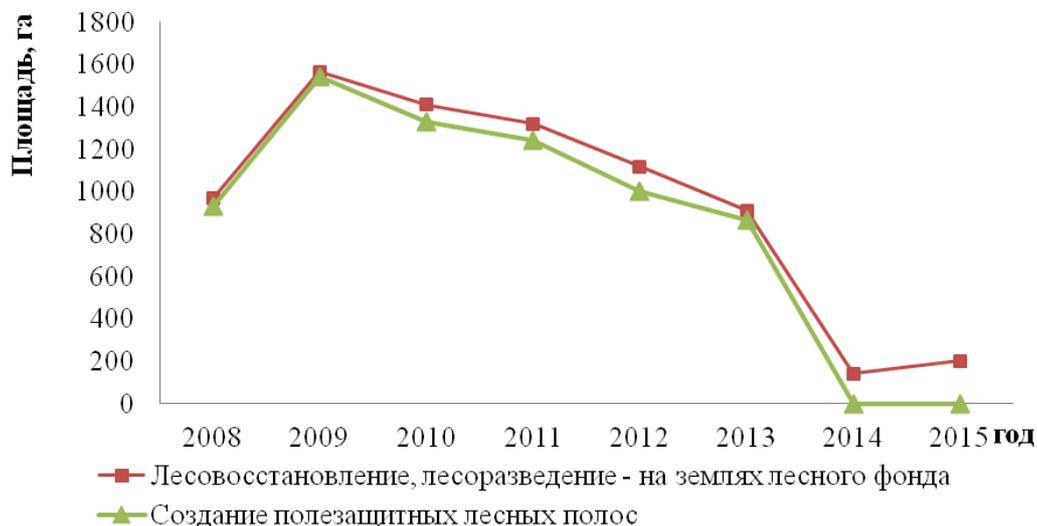


Рисунок 2 – Динамика лесовосстановления и создания защитных лесонасаждений в Крыму

Государственными лесохозяйственными предприятиями в 2014 г. созданы лесные насаждения на площади 140 га, в том числе путем лесовосстановления – 11 га, лесоразведения – 73 га. За 2015 г. учреждения, отнесенные к ведению Государственного комитета по лесному и охотничьему хозяйству Республики Крым, создали 200 га новых лесов. Лесные культуры создавались путем лесоразведения, искусственного и комбинированного лесовосстановления. В 2016 г. в Крыму запланировано создание лесных насаждений на площади 200 га. На полуострове будут высажены саженцы таких де-

ревьев, как дуб черешчатый и скальный, гледичия трехколочковая, ясень зеленый, вяз гладкий, орех грецкий, клен, миндаль обыкновенный и лох узколистный.

По состоянию на 01.01.2014 общая площадь защитных лесных насаждений на территории Республики Крым составила 23 тыс. га, их протяженность – 115 тыс. км.

Основными факторами изъятия земель из сельскохозяйственного использования в Республике Крым являются ветровая и водная эрозии, засоление и осолонцевание почв. Наиболее интенсивно процессы деградации земель сельскохозяйственного назначения под влиянием ветровой эрозии развиваются в степной зоне Крыма. В Республике Крым около 247 тыс. га подвержены ветровой и водной эрозии, потенциальные потери почвы на землях сельскохозяйственного назначения от эрозий составляют 8,9 т/га [5]. Наиболее интенсивно ветровая эрозия воздействует на сельхозугодья Красноперекопского, Нижнегорского, Раздольненского, Сакского, Симферопольского и Черноморского районов, где потери составляют от 6 до 31 тыс. га угодий. Наиболее подвержены водной эрозии земли Бахчисарайского, Белогорского, Ленинского, Первомайского и Сакского районов. Под воздействием оползневых процессов ежегодно теряются от 15 до 50 га прибрежных территорий, особенно пахотных земель на северо-западном побережье Крыма [6].

Эффективным путем решения этих проблем в малолесных регионах Крымского полуострова является агролесомелиорация. За последние 50 лет в зонах предгорья и степного полуострова было создано свыше 25,5 тыс. га лесозащитных полос шириной 10 м и больше. Эти насаждения способны защитить от пыльных бурь и суховеев зерновой клин Крыма на площади свыше 500 тыс. га. Однако в настоящее время в результате самовольных рубок и частых пожаров площадь лесозащитных лесных насаждений сократилась, значительная часть уцелевших древостоев нуждается в реконструкции. В связи с этим уменьшается водность рек, усиливается эрозия почв, повышается повторяемость пыльных бурь. За короткий срок такие бури, вызванные сильным ветром (скорость свыше 12–15 м/с), могут уничтожить посевы на сотнях тысяч гектаров, снести значительную часть плодородного слоя почвы. При выдувании почвы всего только на один сантиметр общие потери плодородной земли в Крыму составляют 143 млн т.

Лесополосы в степных районах защищают от эрозии почв, очищают воздух и способствуют уменьшению испарения почвенной влаги, увеличивая на 18–38 % количество осадков, втрое снижая влияние суховеев. Насаждения способны гасить пыльные и снежные бури, а также повышать на 2–5 ц/га урожайность зерновых культур. На полуострове лесные полосы составляют около 2 % от общей площади земель сельскохозяйственного назначения. Больше всего деревьев вырубается в Белогорском районе (36 % от всех рубок по Республике Крым), а меньше всего – в городах Феодосии и Керчи.

Положительный результат агролесомелиорации в условиях степной части Крыма существенно зависит от подбора древесно-кустарниковых пород, вида и конструкции защитных лесных насаждений и четкого соблюдения технологии ведения хозяйства в защитных лесных насаждениях: своевременного и качественного проведения агротехнических и лесохозяйственных мероприятий.

Особенности распределения защитных насаждений по городам и районам Республики Крым приведены в таблице 1. Из таблицы 1 видно, что лесные защитные насаждения практически отсутствуют в городах Алуште, Джанкое, Красноперекопске, Саках и Ялте и в границах населенных пунктов Бахчисарайского, Советского, Красноперекопского, Ленинского, Первомайского, Раздольненского районов и преобладают на землях сельскохозяйственного назначения в степной зоне Республики Крым (Красногвардейский, Сакский, Джанкойский, Симферопольский районы).

Защитные лесные насаждения способствуют повышению плодородия почв, об-

водненности ландшафтов, сокращают риск водной и ветровой эрозии. Во время пыльных бурь на открытых полях происходит выдувание посевов зерновых культур, засыпание мелкоземом растений, в результате чего резко снижается урожай. Утраченное плодородие почв сложно возобновить. В степях Крыма лесополосы снижают ветровую эрозию. Чем больше полезная лесистость территории, тем меньше потери от выдувания посевов и почв. Сохранность озимых в степном Крыму от пыльных бурь при облесении пашни лесополосами на 0,5 % составляет 46 %, на 1,5 % – 75 %, на 2,5 % – 93 % и на 3,5 % – 100 % [7].

Таблица 1 – Площадь лесополос и прочих защитных насаждений в Крыму [6]

В га

Район, город	В административном подчинении		В пределах населенных пунктов	
	лесополос	прочих защитных насаждений	лесополос	прочих защитных насаждений
Бахчисарайский	522	14	9	-
Белогорский	1522	552	20	4
Джанкойский	2657	1551	119	51
Кировский	1239	283	24	8
Красногвардейский	3029	783	25	140
Краснопереконский	661	398	-	2
Ленинский	1728	935	-	-
Нижнегорский	1938	459	43	-
Первомайский	1646	183	-	8
Раздольненский	1742	263	-	-
Сакский	2925	352	27	172
Симферопольский	2512	67	56	12
Советский	1520	311	4	1
Черноморский	1542	159	11	-
Алушта	1	472	-	1
Армянск	60	20	5	12
Джанкой	-	11	-	11
Евпатория	12	-	12	-
Керчь	14	-	14	-
Краснопереконск	-	4	-	4
Саки	-	-	-	-
Симферополь	18	28	18	28
Судак	31	11	1	-
Феодосия	159	231	5	126
Ялта	-	166	-	45
Всего по Крыму	25178	7253	393	625

В таблице 2 приведены данные о наличии и состоянии лесных насаждений в организациях Республиканского комитета Республики Крым по водохозяйственному строительству и орошаемому земледелию по состоянию на 01.07.2014. Из таблицы 2 видно, что общая площадь древесных посадок составляет 1573,0 га, в том числе лесополос – 1431,9 га, больше всего лесонасаждений в Краснопереконском УВХ по Северо-Крымскому каналу (692,0 га) и меньше всего в Управлении соединительного канала (0,7 га). Организациями Госкомводхоза выделение площадей под посадку, заложение питомников и высадку новых лесонасаждений не предусмотрено.

Таблица 2 – Информация по лесонасаждениям в организациях Госкомводхоза РК по состоянию на 01.07.2014

В га

Наименование управлений водного хозяйства	Площадь лесонасаждений			Состояние лесонасаждений			Лесонасаждения подлежат			Очищено от сушняка	Вырублено кустарника на дамбах канала	
	всего	в том числе		хорошее	удовлетворительное	плохое	ремонту	восстановлению	списанию			
		плодовых	декоративных									лесополюс
1 Бахчисарайское МУВХ	21,1	-	7,1	14,0	12,6	8,5	-	6,0	-	-	12,0	
2 Джанкойское УВХ	180,4	1,9	10,0	168,5	8,5	127,9	44,0	-	-	44,0		18,8
3 Кировское МУВХ	60,0	-	50,0	10,0	8,0	25,0	27,0	25,0	-	27,0	-	8,2
4 Красногвардейское МУВХ	151,1	-	2,0	149,1	-	105,8	45,3	-	-	-	30,9	-
5 Красноперекоепское УВХ	692,0	-	-	692,0	3,5	688,5	-	0,3	0,5	-	2,8	-
6 Нижнегорское МУВХ	165,0	-	31,5	133,5	80,0	85,0	-	15,0	-	6,0	5,0	-
7 Раздольненское МУВХ	65,2	0,6	1,6	63,0	2,1	45,0	18,1	7,1	2,0	9,0	2,0	-
8 Сакское МУВХ	97,1	-	19,8	77,3	48,8	48,3	-	-	-	-	-	-
9 Салгирское УВХ	7,0	2,3	4,7	-	7,0	-	-	-	-	-	2,0	-
10 Советское УВХ	26,5	-	5,5	21,0	25,0	1,5	-	1,5	-	-	17,8	-
11 Первомайское УВХ	97,3	-	-	97,3	-	61,4	35,9	20,4	7,1	35,9	11,2	-
12 УСК	0,7	-	-	0,7	-	0,7	-	-	-	-	-	-
13 Тайганское МУВХ	9,6	0,4	3,6	5,6	9,6	-	-	-	-	-	9,6	-
Итого	1573,0	5,2	135,9	1431,9	195,6	1207,1	170,3	75,3	15,6	115,9	93,4	27,0

На территории полуострова леса расположены неравномерно, в основном они находятся в южной горной части Крыма. В степной части, а также на Керченском полуострове леса представлены небольшими участками насаждений искусственного происхождения. Лесные защитные насаждения равнинного Крыма не представляют единой целостной системы, и их количества недостаточно для предотвращения деструктивных процессов. Защитные лесонасаждения загрязнены бытовыми и промышленными отходами, повреждены пожарами, самовольными вырубками, болезнями и вредителями, в них прогрессируют процессы задернения почвы, уплотнения подростом, изреживание верхнего яруса и внутренних рядов древостоев.

Проведение мероприятий по созданию и реконструкции защитных полос, расположенных на территории Республики Крым, улучшит состояние лесных насаждений и сохранит их, предотвратит водную, ветровую и иную эрозию почв, повысит урожайность сельскохозяйственных культур, защитит объекты инфраструктуры. Основные задачи мероприятий по сохранению и восстановлению лесных насаждений:

- проведение инвентаризации защитных лесных полос в целях обследования их состояния;
- определение правового положения земельных участков, занятых защитными лесными полосами (собственность, землевладение, землепользование, аренда);
- реконструкция лесополос (выборочная санитарная рубка, сплошная санитарная рубка и лесовосстановительные работы);
- создание новых защитных лесных полос;
- контроль за состоянием лесопосадок.

Восстановление системы поле- и водозащитных лесных полос – одна из главных стратегических задач в развитии сельского хозяйства и урегулировании экологической ситуации в Крыму. Лес является единственным возобновляемым природным ресурсом, поэтому его сохранение, приумножение и экономически выгодное использование является государственной задачей, залогом экологического и социального благополучия страны.

Список использованных источников

- 1 Позаченюк, Е. А. Экологический аудит территорий (на примере равнинного Крыма) / Е. А. Позаченюк, И. В. Завальнюк. – Симферополь, 2006. – 175 с.
- 2 Олиферов, А. Н. Реки и озера Крыма / А. Н. Олиферов, З. В. Тимченко. – Симферополь: Доля, 2005. – 216 с.
- 3 Генсирук, С. А. Леса Украины / С. А. Генсирук. – Львов, 2002. – 495 с.
- 4 Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2014 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://meco.rk.gov.ru/rus/file/Doklad_o_sostoyanii_i_ohrane_okrujayuschey_sredi_Respubliki_Krim_2014_v2.pdf, 2016.
- 5 О внесении изменений в постановление Совета министров Республики Крым от 29 октября 2014 года № 423: Постановление Совета министров Республики Крым от 4 декабря 2015 г. № 763 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://msh.rk.gov.ru/file/postanovlenie_soveta_ministrov_respubliki_krim_ot_763\(1\).pdf](http://msh.rk.gov.ru/file/postanovlenie_soveta_ministrov_respubliki_krim_ot_763(1).pdf), 2016.
- 6 О Программе охраны и улучшения состояния окружающей природной среды в Автономной Республике Крым на 1999–2001 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon5.rada.gov.ua/krym/show/rb0803002-99>, 2016.
- 7 Исиков, В. П. Методы исследований лесных экосистем Крыма / В. П. Исиков, Ю. В. Плугатарь, В. П. Коба. – Симферополь: Ариал, 2014. – 252 с.

УДК 635.658:631.5:631.6:519.71

С. О. Лавренко, М. В. Максимов

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА ЧЕЧЕВИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ЕЕ ВЫРАЩИВАНИЯ

Представлены результаты полевых исследований по усовершенствованию элементов технологии выращивания чечевицы в разных условиях влагообеспечения. Проведенный всесторонний корреляционно-регрессионный анализ показал высокую достоверность и практическую ценность полученных математических моделей выращивания зерна чечевицы в зависимости от основной обработки почвы, дозы удобрений и густоты растений в разных условиях увлажнения, что подтверждают кривые экспериментальных данных, полученных в опытах, и кривые расчетных величин.

Ключевые слова: корреляция, регрессия, чечевица, обработка почвы, удобрения, густота растений, орошение, математическая модель.

Статистическая обработка полученных экспериментальных данных заключается не только в получении погрешности и установлении связей, но и в возможности в дальнейшем математического моделирования разработанных технологических процессов для условий производства.

Методы математического моделирования постоянно совершенствуются в связи с изменением климата, модернизацией машинно-тракторного парка, расширением финансовых и материальных возможностей хозяйства и т. п. Но, несмотря на это, большое количество ученых воспринимают математическое моделирование возможного агротехнологического процесса при выращивании сельскохозяйственных культур субъективно.

Существующие методы и методики математического моделирования не всегда способны обеспечивать необходимую заблаговременность и качество прогнозов урожайности. Некоторые из них дают прогнозную информацию с низкой заблаговременностью, но с высоким уровнем оправдываемости (90 %). Другие – со значительной заблаговременностью, однако оправдываемость таких прогнозов невысока [1, 2].

Как экономическая категория прогноз урожая является количественной оценкой системы экономических отношений по поводу производства и использования особого информационного продукта в целях совершенствования управления хозяйственной деятельностью в системе АПК – в определенной перспективе [1, 3, 4].

Корреляционно-регрессионный анализ – это построение и анализ экономико-математической модели в виде уравнения регрессии, которая выражает зависимость результативного признака от одного или нескольких признаков-факторов и дает оценку меры тесноты связи [5–9]. Парная (однофакторная) корреляция дает возможность относительно адекватно измерять обнаруженную связь, чего не позволяют другие методы статистического анализа. Корреляционный анализ связи, как правило, осуществляют после установления его наличия и характера (прямая или обратная) в процессе других видов статистического анализа. Математической мерой корреляции двух случайных величин служит корреляционное отношение (коэффициент корреляции). В случае если изменение одной случайной величины не ведет к закономерному изменению другой, но приводит к изменению другой статистической характеристики данной случайной величины, то подобная связь не считается корреляционной, хотя и является статистической [8–14].

Поскольку урожайность является синтетическим показателем, уровень которого предопределен действием многих факторов, в анализе более целесообразно использовать не простые двухфакторные, а многофакторные корреляционно-регрессионные модели,

которые дают возможность изучить влияние сразу нескольких факторов. Применение в анализе уровня урожайности многофакторных корреляционно-регрессионных моделей позволяет выполнять два основных задания: определять и количественно измерять степень влияния как отдельных факторов, так и их совокупности на уровень урожайности и тем самым выделять более важные факторы, которые формируют ее уровень; на основе построенных корреляционно-регрессионных моделей, которые характеризуют зависимость урожайности от разных факторов, делать расчет количественных изменений уровня урожайности при изменении на определенную величину отдельных факторов, которые изучаются, то есть делать расчеты ожидаемого уровня урожайности и осуществлять его прогнозирование при заданных значениях факторных признаков [15, 16].

Результаты корреляционного и регрессионного анализа данных по урожаю зерна чечевицы, полученных в наших опытах, свидетельствуют о том, что в неорошаемых условиях сила связи с густотой растений (X_3) средняя и составляет 0,625, а направление обратное. С другими исследуемыми факторами – слабая и составляет с глубиной основной обработки почвы (X_1) и дозой минеральных удобрений (X_2) соответственно 0,077 и 0,320, а направление связи прямое. Множественный коэффициент корреляции свидетельствует о сильной взаимосвязи (0,706) урожая зерна чечевицы с исследуемыми элементами технологии выращивания (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты корреляционного и регрессионного анализа данных по урожаю зерна чечевицы (среднее за 2013–2015 гг.)

К какому X_i относятся данные	Множественный R и парные r_i коэффициенты корреляции	Общий D и частичные d_i коэффициенты детерминации	Коэффициенты регрессии b_0 и b_i	t -критерий	
				фактический	0,05
Без орошения					
$X_1X_2X_3$	0,706	0,498	1,5896	-	
X_1	0,077	0,006	0,0032	0,7730	2,01
X_2	0,320	0,102	0,0007	3,1917	
X_3	-0,625	0,391	-0,2561	-6,2345	
Орошение					
$X_1X_2X_3$	0,613	0,376	1,0200	-	
X_1	0,065	0,004	0,0051	0,5777	2,01
X_2	0,504	0,254	0,0022	4,5089	
X_3	0,343	0,118	0,2656	3,0746	
Примечание – X_1 – глубина основной обработки почвы, см; X_2 – доза минеральных удобрений, кг д. в./га; X_3 – густота растений, млн шт./га.					

В условиях орошения коэффициенты корреляции связи урожая зерна чечевицы с исследуемыми факторами отличались от неорошаемых условий. Сила связи глубины основной обработки почвы (X_1) с урожаем зерна чечевицы составляла 0,065 и являлась слабой, а дозы минеральных удобрений (X_2) и густоты растений (X_3) – средней и составляла 0,504 и 0,343 соответственно.

Сила связи всех исследуемых элементов технологии выращивания чечевицы с урожаем зерна средняя (0,613). Направление связи со всеми исследуемыми элементами технологии выращивания чечевицы прямое.

Корреляционный анализ парных связей в неорошаемых условиях показал, что сила связи глубины основной обработки почвы (X_1) и дозы минеральных удобрений (X_2) с урожаем зерна чечевицы, а также X_1X_3 (глубины основной обработки почвы и густоты растений) была средней и составляла 0,329 и 0,629 соответственно (таблица 2). Взаимодействие X_2X_3 (дозы минеральных удобрений и густоты растений) с продуктивностью культуры имело сильную связь (0,701).

Таблица 2 – Результаты корреляционного анализа множественных связей данных по урожаю зерна чечевицы с исследуемыми факторами (среднее за 2013–2015 гг.)

К какому X_i относятся данные	Множественный R и парные r_i коэффициенты корреляции		Общий D и частичные d_i коэффициенты детерминации	
	без орошения	орошение	без орошения	орошение
X_1X_2	0,329	0,508	0,108	0,258
X_1X_3	0,629	0,350	0,396	0,123
X_2X_3	0,701	0,610	0,492	0,372

Примечание – X_1 – глубина основной обработки почвы, см; X_2 – доза минеральных удобрений, кг д. в./га; X_3 – густота растений, млн шт./га.

В орошаемых условиях сила парной взаимосвязи X_1X_2 (глубины основной обработки почвы и дозы минеральных удобрений), X_2X_3 (дозы минеральных удобрений и густоты растений) и X_1X_3 (глубины основной обработки почвы и густоты растений) с урожаем зерна чечевицы была средней и составляла 0,508; 0,610 и 0,350 соответственно. Направление связи со всеми элементами прямое.

Коэффициент регрессии показывает, что в неорошаемых условиях увеличение глубины основной обработки почвы на 1 см приводит к росту урожайности зерна чечевицы на 3,2 кг/га; повышение дозы минеральных удобрений на 1 кг д. в./га увеличивает урожайность на 0,7 кг/га, а повышение густоты растений на 0,1 млн шт./га, наоборот, уменьшает показатель на 256,1 кг/га.

В орошаемых условиях показатели коэффициента регрессии были выше. При увеличении глубины основной обработки почвы на 1 см растет урожайность зерна чечевицы на 5,1 кг/га; увеличение дозы минеральных удобрений на 1 кг д. в./га вызывает повышение урожайности на 2,2 кг/га, а увеличение густоты растений на 0,1 млн шт./га приводит к повышению урожайности на 265,6 кг/га.

Согласно полученным коэффициентам регрессии и свободного члена была составлена математическая модель урожая зерна чечевицы в разных условиях увлажнения:

- без орошения: $Y = 1,5896 + 0,0032 \cdot X_1 + 0,0007 \cdot X_2 - 0,2561 \cdot X_3$;

- орошение: $Y = 1,0200 + 0,0051 \cdot X_1 + 0,0022 \cdot X_2 + 0,2656 \cdot X_3$.

Формулы подтверждают полученные в опытах экспериментальные данные по урожаю зерна чечевицы, о чем свидетельствует близкая схожесть кривых экспериментальных и расчетных величин (рисунок 1).

Сопоставление величин коэффициентов многофакторной регрессии становится возможным при вычислении коэффициентов эластичности, которые показывают, на сколько процентов в среднем изменится результативный признак при изменении данного фактора на один процент его среднего размера при фиксированном значении других исследуемых факторов. Однако при определении степени значимости влияния анализируемых факторов на результативный признак явно недостаточно использовать отдельно частичные коэффициенты регрессии и коэффициенты эластичности, поскольку может оказаться, что фактор, оказывающий наибольшее влияние, имеет незначительные резервы изменения. При анализе же факторов, которые влияют на уровень результативного показателя, первостепенное значение имеет выявление именно тех факторов, в развитии которых заложен наибольший рост уровня результативного показателя [15].

Анализ частичных коэффициентов эластичности показывает, что наибольшее влияние на формирование уровня урожайности зерна чечевицы имеет густота растений (таблица 3). Увеличение уровня этого показателя на 1 % (в млн шт./га) дает прирост урожайности зерна культуры на 0,331 % при орошении, а в неорошаемых условиях, напротив, приводит к уменьшению на 0,584 %.

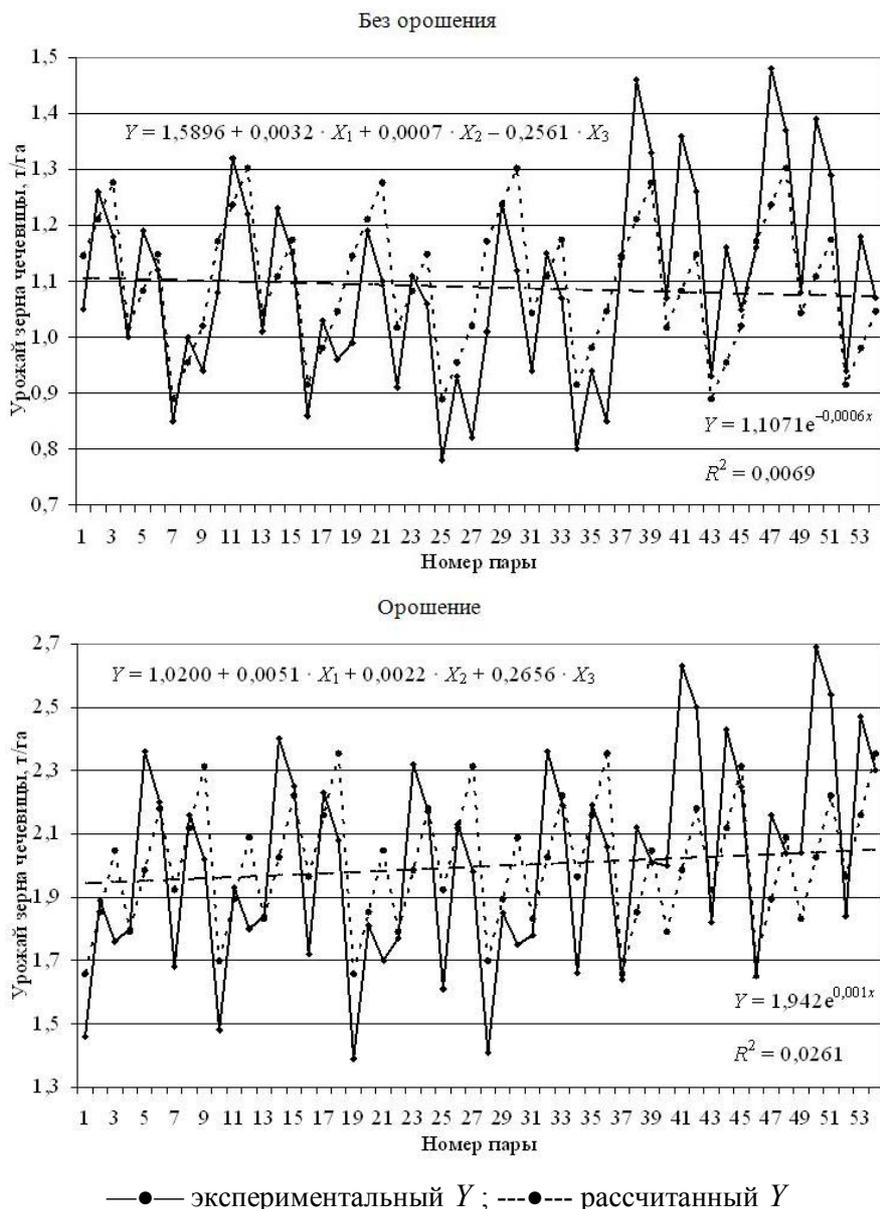


Рисунок 1 – Экспериментальные и расчетные уровни урожая зерна чечевицы при разных условиях увлажнения

Таблица 3 – Частичный коэффициент эластичности данных по урожаю зерна чечевицы (среднее за 2013–2015 гг.)

К какому X_i относятся данные	Без орошения	Орошение
X_1	0,073	0,064
X_2	0,057	0,099
X_3	-0,584	0,331

Примечание – X_1 – глубина основной обработки почвы, см; X_2 – доза минеральных удобрений, кг д. в./га; X_3 – густота растений, млн шт./га.

Согласно полученным показателям увеличение на 1 % (в см) глубины основной обработки почвы обеспечивает повышение урожая зерна чечевицы в неорошаемых условиях на 0,073 %, а при орошении – на 0,064 %, что объясняется большим накоплением влаги при углублении обрабатываемого слоя почвы (влага является лимитирующим фактором в условиях Южной Степи Украины). Иная ситуация с дозой минеральных

удобрений: увеличение этого показателя на 1 % (в кг д. в./га) повышает урожай зерна в неорошаемых условиях на 0,057 %, а при орошении – на 0,099 %. Объяснением данной ситуации является то, что в условиях оптимального влагообеспечения лимитирующим фактором выступает наличие питательных веществ.

Для установления нелинейных взаимоотношений между исследуемыми факторами (глубиной основной обработки почвы, дозой минеральных удобрений, густотой растений) и урожаем зерна чечевицы в условиях Южной Степи Украины была использована аппроксимирующая кривая по экспоненте, на основе которой можно делать выводы о влиянии на урожай определяющих факторов (данный вид кривой делает прогнозирование наиболее приближенным к реальным условиям выращивания). Полученное уравнение имеет вид:

$$\text{- без орошения: } Y = 1,1071e^{-0,0006x} \quad (R^2 = 0,0069);$$

$$\text{- орошение: } Y = 1,942e^{0,001x} \quad (R^2 = 0,0261),$$

где e – основа натурального логарифма;

x – независимая (факторная) переменная.

Одним из усовершенствованных методов математического моделирования урожая сельскохозяйственных культур является регрессионный нормируемый анализ. Уравнение нормируемой множественной регрессии имеет вид:

$$\frac{y - \bar{y}}{\sigma_y} = k_1 \frac{\delta_{x_1}}{\delta_y} \frac{x_1 - \bar{x}_1}{\delta_{x_1}} + k_2 \frac{\delta_{x_2}}{\delta_y} \frac{x_2 - \bar{x}_2}{\delta_{x_2}} \quad \text{или} \quad \tilde{y} = \beta_1 \tilde{x}_1 + \beta_2 \tilde{x}_2.$$

Коэффициенты β_1 и β_2 называют β -коэффициентами значимости или путевыми коэффициентами. Они, в отличие от коэффициентов регрессии, не зависят от единиц визира и свидетельствуют о том, на сколько δ_y изменится в среднем результирующий признак при изменении соответствующего фактора влияния на δ_x .

Регрессионный нормируемый анализ исследуемых факторов с урожаем зерна чечевицы дал следующие результаты для зависимой переменной в разных условиях влагообеспечения (таблица 4):

- без орошения: $R = 0,7059$; $R^2 = 0,4983$; скорректированный $R^2 = 0,4682$; $F(3,50) = 16,551$; $p < 0,00000$ и стандартная погрешность оценки – 0,1232;

- орошение: $R = 0,6131$; $R^2 = 0,3759$; скорректированный $R^2 = 0,3385$; $F(3,50) = 10,040$; $p < 0,00003$ и стандартная погрешность оценки – 0,2591.

Таблица 4 – Результаты регрессионного нормируемого анализа для зависимой переменной (среднее за 2013–2015 гг.)

Показатель	Коэффициент β	Стандартная погрешность	$t(50)$	p -уровень
Без орошения				
Свободный член			10,66012	0,00000
Фактор X_1	0,0774	0,1002	0,77296	0,44319
Фактор X_2	0,3197	0,1002	3,19165	0,00245
Фактор X_3	-0,6245	0,1002	-6,23454	0,00000
Орошение				
Свободный член			3,25327	0,00205
Фактор X_1	0,0645	0,1117	0,57770	0,56606
Фактор X_2	0,5037	0,1117	4,50895	0,00004
Фактор X_3	0,3435	0,1117	3,07457	0,00341
Примечание – X_1 – глубина основной обработки почвы, см; X_2 – доза минеральных удобрений, кг д. в./га; X_3 – густота растений, млн шт./га.				

Согласно полученным данным уравнение имеет следующий вид:

- без орошения: $\tilde{Y} = 0,0774 \times \tilde{X}_1 + 0,3197 \times \tilde{X}_2 - 0,6245 \times \tilde{X}_3$;

- орошение: $\tilde{Y} = 0,0645 \times \tilde{X}_1 + 0,5037 \times \tilde{X}_2 + 0,3435 \times \tilde{X}_3$.

Выводы. Проведенный всесторонний корреляционно-регрессионный анализ показал высокую достоверность и практическую ценность полученных математических моделей выращивания зерна чечевицы в зависимости от основной обработки почвы, дозы удобрений и густоты растений в разных условиях увлажнения, что подтверждают кривые экспериментальных данных, полученных в опытах, и кривые расчетных величин. Применение разработанных математических моделей на производстве позволит контролировать технологию выращивания чечевицы и прогнозировать динамику ее урожая в зависимости от количественных изменений элементов этой технологии.

Список использованных источников

1 Филонов, В. С. Экономическая эффективность долгосрочных прогнозов урожая: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Филонов Владислав Сергеевич. – Воронеж, 2013. – 24 с.

2 Многосценарные модели оптимизации расширенного воспроизводства / Л. П. Яновский [и др.]; под общ. ред. Л. П. Яновского, И. Б. Загайтова. – Воронеж: ВГАУ, 2008. – 139 с.

3 Прогноз как инструмент управления экономикой / И. Б. Загайтов, Л. П. Яновский, В. С. Филонов, В. С. Филонов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – Воронеж, 2011. – № 4. – С. 158–166.

4 Яновский, Л. П. Погодные деривативы – перспективный инструмент локализации неустойчивости воспроизводства в сельском хозяйстве / Л. П. Яновский, В. С. Филонов, В. С. Филонов // Инновационно-инвестиционные преобразования в экономике агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. – Воронеж: ВГАУ, 2012. – С. 158–166.

5 Лазер, П. Н. Инструменты и технологии организации информации в земледелии: учеб. пособие / П. Н. Лазер, Е. К. Михеев. – Херсон: Изд-во ХГУ, 2006. – 372 с.

6 Сергеев, С. С. Сельскохозяйственная статистика с основами социально-экономической статистики: учебник / С. С. Сергеев. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 656 с.

7 Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве: монография / В. А. Ушкаренко, Н. Н. Лазарев, С. П. Голобородько, С. В. Коковихин. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. – 336 с.

8 Ушкаренко, В. А. Математический анализ данных полевого опыта / В. А. Ушкаренко, Н. И. Поляков. – Херсон: ХГТ, 1997. – 82 с.

9 Использование персональных компьютеров для решения задач оптимизации сельскохозяйственного производства: учеб. пособие / В. О. Ушкаренко, В. П. Коваленко, С. Я. Плоткин, М. Г. Поляков. – Херсон: Айлант, 2001. – 94 с.

10 Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов / В. Е. Гмурман. – 10-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2004. – 479 с.

11 Елисеева, И. И. Общая теория статистики: учебник / И. И. Елисеева, М. М. Юзбашев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 480 с.

12 Общая теория статистики: учебник / под ред. Р. А. Шмойловой. – 3-е изд., перераб. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 560 с.

13 Ермантраут, Е. Р. Статистический анализ экономических данных в пакете Statistica 6.0: методические указания / Е. Р. Ермантраут, О. И. Присяжнюк, И. Л. Шевченко. – Киев: Полиграф-Консалтинг, 2007. – 55 с.

14 Дисперсионный и корреляционный анализ результатов полевых опытов: учеб. пособие / В. О. Ушкаренко, В. Л. Никищенко, С. П. Голобородько, С. В. Коковихин. – Херсон: Айлант, 2008. – 372 с.

15 Экономическая энциклопедия. В 3 т. Т. 2 / под ред. С. В. Мочерного [и др.]. – Киев: Издат. центр «Академия», 2000. – 864 с.

16 Польвовий, А. М. Долгосрочные агрометеорологические прогнозы: учеб. пособие / А. М. Польвовий, Л. Ю. Божко. – Одесса: Изд-во «ТЭС», 2013. – С. 156–179.

УДК 631.6

В. С. Пунинский

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ С ДЕГРАДИРОВАННЫМИ ЗЕМЛЯМИ И СОЛОНЦАМИ

Целью исследований являлась разработка комплекса машин для очистки открытых водопроводящих каналов, водозаборов и малых рек от наносов, технических средств для обеспечения строительных и сельских организаций комбинированными агрегатами, обрабатывающими солонцовую почву орошаемых земель. Доказано, что обновление парка мелиоративных машин и расширение площадей земель мелиоративных систем путем коренного улучшения неиспользуемой залежи и почв с солонцовыми комплексами – это два взаимосвязанных направления, реализацию которых можно обеспечить за счет внедрения научно обоснованной современной комплексной механизации мелиоративных работ, наиболее полно отвечающей задаче рассоления почв, сокращения потерь оросительной воды на капиллярный подъем и испарения с поверхности почвы. Приведены параметры перспективных технических средств для дноуглубления каналов, измельчения растительности, защищенных патентами. Исследованиями установлено, что совершенствование процессов мелиорации солонцовых комплексов возможно при создании многофункциональных комбинированных машин с рабочими органами, новизна которых подтверждена патентами.

Ключевые слова: комплекс машин, мелиоративная система, глубокое рыхление, разноглубинная одновременная обработка почвы, органо-минеральные биологически активные удобрительные смеси, вынос продуктов обменных реакций.

Введение. В настоящее время в связи с интенсивной антропогенной деятельностью наблюдается широкомасштабное развитие деградационных процессов не только на землях сельскохозяйственного назначения, но и в пределах агроландшафтов. Деградация почв в России обусловлена комплексом природных и антропогенных процессов, включающих зарастание кустарником, эрозию, засоление и заболачивание почв, уплотнение, перевод земель сельскохозяйственного назначения в залежь и отказ сельских жителей в их перерегистрации и обработке. Это сокращение в первую очередь ударило по сельскохозяйственным угодьям и мелиоративным системам.

За последние 5 лет на 13,5 млн га уменьшилась площадь земель сельскохозяйственного назначения. В целом по РФ на 01.01.2015 не используется 56 млн га земель сельскохозяйственного назначения [1]. Общая площадь деградированных земель составляет 130 млн га.

Земли, подверженные разным типам деградации, обладают низкой продуктивностью. По данным Министерства сельского хозяйства РФ, в настоящее время из 88,5 млн га природных кормовых угодий для укосного и пастбищного использования пригодно только около половины всей площади. Остальные угодья находятся в неудовлетворительном мелиоративном состоянии. Деградированные сельскохозяйственные земли на площади 42,6 млн га подвержены водной эрозии, на площади 26,4 млн га – ветровой. Переувлажнению и заболачиванию подвержены 24,1 млн га, а общая площадь засолен-

ных почв – более 54 млн га, из которых на долю солонцов приходится 22 млн га. На орошаемых землях площадь их составляет соответственно 1196 и 456 тыс. га. Традиционное использование этих почв по аналогии с зональным сопровождается рядом негативных последствий, связанных с вторичным засолением, ощелачиванием и осолонцеванием, переувлажнением и заболачиванием, уплотнением и слитизацией, деградацией и др. В зависимости от степени засоления урожаи сельскохозяйственных культур на таких почвах снижаются до 30–50 %, а иногда и до 100 % [2].

По степени засоления деградированные почвы подразделяются на слабозасоленные, средnezасоленные, сильнозасоленные и солончаки. Деградация земель сельскохозяйственного назначения тесно взаимосвязана с состоянием мелиоративной сети, при этом этапы деградации носят характер: луговой (вырождение травостоя на кормовых угодьях и произрастание сорной, ядовитой растительности на пашне), кустарниковый и лесной (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Зарастание мелиоративного канала
(автор фото М. А. Волынов, ФГБНУ «ВНИИГиМ»)**

Результатом этого является повторное заболачивание земель и невозможность использования их под сельскохозяйственные угодья, при этом в неудовлетворительном состоянии находится около 1,548 млн га осушенных сельскохозяйственных земель и 0,855 млн га орошаемых сельскохозяйственных угодий [1].

Процесс восстановления мелиоративной системы включает выполнение комплекса работ на сельскохозяйственном поле, сети каналов и сооружениях на них. Работы на сельскохозяйственном поле включают расчистку поверхности от травянистой и древесно-кустарниковой растительности, утилизацию срезанной растительности, работы по восстановлению деградированных почв и повышению их плодородия. Работы на мелиоративной сети включают восстановление водоприемной и водопроводящей способности элементов открытой и закрытой сети (каналов, дрен, коллекторов). На сооружениях выполняется восстановление работоспособности регулирующих, вспомогательных и эксплуатационных сетей (водоприемников, устьевых сооружений, мостов, переездов, эксплуатационных дорог). Наличие в руслах растительности усложняет технологию работ и требует проведения дополнительных исследований по обоснованию целесообразности восстановления мелиоративной сети, определению области применения технических средств для рассоления почв.

Цель исследований – разработка комплекса машин для очистки открытых водопроводящих каналов, водозаборов и малых рек от наносов, технических средств для обработки солонцевой почвы орошаемых земель, а также новых технологических приемов эксплуатации и ремонта мелиоративных систем.

Материалы и методы. Изучены базовые типизированные технологии и технические средства для выполнения мелиоративных работ. Проведен анализ и оценка ра-

нее накопленных данных, фундаментальных исследований, существующих фондовых материалов, синтез имеющегося опыта разработки технологических процессов для восстановления мелиоративных систем и освоения сельскохозяйственных угодий с солонцовыми комплексами. Для разработки нового комплекса ведущих машин, предлагаемых в технологии, проведена оптимизация основных параметров с использованием имитационного моделирования, в котором система является взаимосвязанной совокупностью математических моделей. Варьирование набора переменных позволяет подобрать оптимальный параметр машин.

На основании анализа и обобщения опыта проведения ремонтно-эксплуатационных работ разработана схема восстановления мелиоративной системы. В предлагаемой схеме работы на поле выполняются безальтернативным методом, а работы на сети и сооружениях – двумя альтернативными методами: с ремонтом или строительством нового элемента сети. Методы восстановления сети предлагается выбирать по отношению их стоимостных показателей, а сооружений – в зависимости от выбранного метода восстановления сети. Предлагаемый критерий в виде отношения стоимостных показателей позволяет определять область применения методов восстановления по действующим нормативным документам.

Результаты и обсуждение. Анализ технологий и методов освоения и коренного улучшения земель показал, что работы выполняются отдельно с большим временным периодом между блоками операций и преобладанием поверхностного распределения на почву мелиоранта и удобрений.

Разработанная имитационная модель (таблица 1), сформирована следующим образом: осуществлена выборка средств механизации для очистки и ремонта каналов открытой осушительной сети с рабочими органами непрерывного (квант 1) и циклического действия (квант 2).

Таблица 1 – Алгоритм математического моделирования для определения оптимальных параметров ведущих машин

Наименование показателя	Расчетная формула	Значение нового показателя технического средства V	Численное значение параметра технического средства, предлагаемого на рынке			
1	2	3	4			
Эмпирическая зависимость массы технического средства от удельных затрат						
Масса технического средства M , кг	$M = \hat{f}(C_e)$	$\hat{y}_3 = K_{j,1}X^3 + K_{j,2}X^2 + K_{j,3}X + K_{j,4}$				
Удельные затраты на единицу производительности						
C_e , руб./м ³ (руб./га)	$C_e = C_o / W$	$C_{e,v}$	$C_{e,1}$	$C_{e,2}$	$C_{e,3}$	$C_{e,4}$
Затраты C_o , руб./ч	$C_o = C_{\text{машр}} / 100M_{\text{м.-ч}} + Q_e D + 3$	$C_{o,v}$	$C_{o,1}$	$C_{o,2}$	$C_{o,3}$	$C_{o,4}$
Эмпирическая зависимость расхода топлива от удельных трудозатрат на 1 м длины захвата						
Q_e , кг/чел.-ч/м ³ (кг/чел.-ч/га)	$Q_e = \hat{f}(T_3)$	$\hat{y}_2 = K_{q,1}X^3 + K_{q,2}X^2 + K_{q,3}X + K_{q,4}$				
Расход топлива Q_e , кг/ч	$Q_e = N_e \cdot q_0 \cdot 10^{-3}$	$Q_{e,v}$	$Q_{e,1}$	$Q_{e,2}$	$Q_{e,3}$	$Q_{e,4}$

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4			
Удельные трудозатраты на 1 м длины захвата						
T_3 , чел.-ч/м ³ (чел.-ч/га)	$T_3 = 1 \cdot L/W$, критерий № 2	T_3	$T_{3.1}$	$T_{3.2}$	$T_{3.3}$	$T_{3.4}$
Эмпирическая зависимость мощности двигателя от удельной материалоемкости на 1 м длины захвата						
N_0 , кВт м/м ³ (кВт м/га)	$N_0 = \hat{f}(G_m)$	$\hat{y}_1 = K_{N.1}X^3 + K_{N.2}X^2 + K_{N.3}X + K_{N.4}$				
N_0 – номинальная мощность двигателя, кВт	(Перспективы, техническая документация)	$N_{0.v}$	$N_{0.1}$	$N_{0.2}$	$N_{0.3}$	$N_{0.4}$
Удельная материалоемкость на 1 м длины захвата						
G_m , т м/м ³ (т м/га)	$G_m = M \cdot L/W$, критерий № 1	$G_{m.v}$	$G_{m.1}$	$G_{m.2}$	$G_{m.3}$	$G_{m.4}$
Марка технического средства		A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
Значения критерия G_m – удельной материалоемкости – ранжируются в порядке возрастания; N_0 – номинальная мощность двигателя, кВт. Удельные трудозатраты T_3 включают: M – массу технического средства, кг; L – длину захвата, м; W – производительность технического средства, м ³ /ч (га/ч), где Π – выработка технического средства, $\Pi = W/L$; Q_e – расход топлива, кг/ч, где N_e – эффективная мощность двигателя, кВт; q_0 – удельный расход топлива, г/кВт. C_e – удельные затраты, руб./м ³ (руб./га), где C_0 – затраты на машино-час, руб./ч; $C_{маш}$ – стоимость технического средства, руб.; e_p – амортизация, 15–20 %; Z – зарплата машиниста, руб./ч; D – стоимость топлива, руб./кг; $M_{м.-ч}$ – годовая загрузка, равная 1100 ч.						

Непродолжительные сроки выполнения обработки почвы и других операций вызывают необходимость повышения производительности машин, при этом ограничены рабочие скорости, глубина обработки. А если увеличить ширину захвата машин, повышается требуемое тяговое усилие, общая масса сельскохозяйственного агрегата, что приводит к переуплотнению почв, требует проведения глубокого ее рыхления и комплекса культуртехнических мероприятий.

К нерешенным вопросам механизации очистки мелиоративных каналов и коренного улучшения земель можно отнести отсутствие парка специальных комбинированных орудий, выполняющих одновременно и последовательно более двух технологических процессов. При этом важным технологическим показателем является длина откосов и ширина каналов по дну: для регулирующей сети – 0,4 м, оградительных и нагорных каналов – 0,4–0,6 м, проводящих каналов – 0,6–1,0 м. Каналы коллекторно-сбросной сети имеют как в зоне осушения, так и в зоне орошения небольшую ширину по дну (0,5–1,0 м) и большую глубину (3,5 м и более). Заложение откосов зависит от свойств грунтов (рассчитывается из условия устойчивости) при ширине поверху от 15 до 100 м и более в зоне орошения. Водосбросная сеть каналов делится на пять порядков (таблица 2).

Каналы, находящиеся в неработоспособном состоянии, характеризуются наличием в руслах и на бермах древесно-кустарниковой растительности, высокой степенью заиления, наличием деформаций на откосах. Восстановление таких каналов требует усовершенствования базовых технологий.

Таблица 2 – Ширина по дну каналов водосбросной сети зоны орошения

В м

Глубина, м	Заложение откосов m			
	1 : 1,0	1 : 1,5	1 : 1,75	1 : 2,0
До 1,5	0,4	0,8		
До 2,0	0,8	1,5		
До 3,0			1,0–2,5	
3,0–5,0			От 1,0	До 7,0
5,0–7,0		От 1,0		До 10

Область применения базовых технологий определяется техническими параметрами ведущих машин, мощностью базового двигателя, длиной и вылетом стрелы, вместимостью ковша, при этом себестоимость очистки открытой осушительной сети зависит от степени заиления русла и применяемой ведущей машины. Сравнение стоимостных показателей позволило установить предельные величины заиления, выше которых наиболее эффективно прокладывать новые русла канала. В зависимости от типа ведущей машины предельные величины заиления составляют 0,60–0,93 м. При средней толщине слоя наносов 0,5 м применение специализированных каналоочистителей обеспечивает снижение себестоимости очистки по сравнению с одноковшовым экскаватором на 36 %. При зарастании каналов травянистой растительностью себестоимость очистки возрастает в 1,54 раза, а древесной растительностью – в 2,59 раза. Зарастание канала древесно-кустарниковой растительностью и деревьями повышает себестоимость очистки на 80 %. Транспортирование стволов удаленных деревьев к месту утилизации повышает себестоимость очистки канала в среднем на 4,0–4,5 % на каждый километр дальности транспортировки.

Проведенный анализ позволил определить зоны эффективного применения ведущих машин при очистке мелиоративных каналов. Применение специализированных каналоочистителей наиболее эффективно при слоях наносов до 0,6 м, а одноковшовых экскаваторов – при слоях от 0,60 до 0,93 м. При толщине слоя наносов выше 0,93 м более выгодно прокладывать новое русло канала. Ремонт заросших и заиленных каналов целесообразно проводить при заилении каналов до 50 % от их проектной глубины. При больших заилениях целесообразно прокладывать новое русло с ликвидацией старого заросшего канала.

Наряду с разработанными усовершенствованными технологиями предложены новые технологии ремонта каналов и средства механизации для осуществления работ, традиционно выполняемых вручную. Новые средства механизации, защищенные патентом РФ № 2480982 «Пильный диск многоцелевого кустореза», патентом РФ № 2494196 «Ротор-метатель многоцелевого каналоочистителя» и патентом на изобретение РФ № 2535162 «Лесная машина», позволяют механизировать процесс срезки и удаления древесно-кустарниковой растительности с откосов и берм канала и выполнять работы по очистке русел от наносов, засоренных корневой частью растительности и древесных остатков. Предлагаемые средства механизации включены в усовершенствованные технологии с расчетными значениями стоимости эксплуатации и производительности.

Для разработки комплекса машин для очистки открытых водопроводящих каналов сформированы выборки. Они разбиты на три части: для очистки каналов глубиной 2,0 м, для очистки каналов глубиной 3,0 м, для очистки и ремонта каналов глубиной до 2,5 м. В качестве целевой установки необходимо определить прогнозные параметры новых ведущих машин. По разработанному алгоритму решения задачи при оптимизации использован поэтапный подход, основанный на методике полного перебора. Реализация выполняемого этапа позволяет решить последующий этап. На каждом этапе значения критерия ранжируются в порядке возрастания и при необходимости экстремаль-

ные значения в квантах отсекаются. В качестве критерия 1 принята удельная материалоемкость, отнесенная к 1 м длины выемки из канала, в качестве критерия 2 – удельные трудозатраты, отнесенные к 1 м длины выемки из канала, в качестве критерия 3 – удельные затраты на единицу производительности.

По полученным зависимостям выбраны перспективные машины, обеспечивающие выполнение работ с наилучшими технико-экономическими показателями. Для выполнения работ по восстановлению открытых каналов рекомендуются:

- новый каналоочиститель внутриканальный самоходный с низким расположением центра тяжести, предназначенный для очистки каналов глубиной до 2 м, с измельчением корней и пней на дне. При низком удельном давлении на откосы 0,009 МПа (0,1 кгс/см²) имеет манипулятор, ротор-метатель с измельчителем. Для выноса измельченной массы и наносов из канала машина снабжена эжектором с трубопроводом и обеспечивает возможность погрузки материалов в транспортные средства;

- новый многоцелевой каналоочиститель на базе колесного трактора с тяговым усилием 30 кН, предназначенный для очистки каналов глубиной до 2,5 м с окашиванием периметра, планировкой откосов, загрузкой и транспортировкой растительно-грунтовой массы для последующей утилизации. Имеет манипулятор с телескопической стрелой, шесть сменных рабочих органов, седельное сцепное устройство для присоединения двухосного полуприцепа;

- каналоочиститель многоцелевой на колесном ходу с тяговым усилием 30 кН, предназначенный для очистки каналов глубиной до 3,0 м, углубления дна, планировки откосов. Имеет манипулятор с телескопической стрелой, оборудование для дноуглубления, срезания кустарника на откосах и дне каналов.

Кроме вышеуказанных машин рекомендуются каналоочиститель циклического действия (типа РР-303) и каналоочиститель с фронтальной дополнительной опорой («Беларусь») на базе гусеничного трактора с тяговым усилием 30 кН.

Для оросительных каналов с шириной по дну до 1,5 м может применяться одноковшовый экскаватор ЭО-4112А1, поставляемый с ковшом-драглайн (ООО «ДонЭкс», Российская Федерация). Для каналов с шириной по дну от 1,5 до 3,5 м может использоваться мелиоративный земснаряд «Нижегородец-1», поставляемый ОАО «Сапрпель». Для оросительных каналов с шириной по дну от 5,0 до 10,0 м может применяться экскаватор-амфибия АМ140 (ООО «ГраффТ», Российская Федерация) (рисунок 2), экскаватор ZX70 и экскаватор-амфибия ZD120 (ООО «Техстройконтракт») (рисунок 3).



**Рисунок 2 – Экскаватор-амфибия AmphiMaster АМ140
(автор фото С. А. Шумик, компания «ГраффТ»)**



**Рисунок 3 – Экскаватор-амфибия с землесосным оборудованием
(автор фото В. С. Пунинский, ФГБНУ «ВНИИГиМ»)**

Экскаватор-амфибия АМ140 имеет глубину копания до 7,50 м и может оборудоваться телескопической рукоятью, землесосом PD3000. Боковые гидравлически выдвигаемые понтоны повышают маневренность. Производительность землесоса – 600–800 м³/ч.

Экскаватор-амфибия ZD120 на понтонах имеет роликовую цепь со стальными полыми башмаками, повышающими плавучесть экскаватора. Масса экскаватора-амфибии составляет 16,5 т, мощность двигателя – 66 кВт, количество цепей – 2 шт., давление на грунт – 0,0127 МПа. Максимальный радиус копания – 8,27 м, общая длина – 8,8 м. Гидромоторы хода аксиально-поршневые с переменной производительностью. Скорость хода – 2,3–3,3 км/ч.

Интенсивность заиления мелиоративных каналов напрямую зависит от уровня ветровой и водной эрозии почв, прилегающих к каналам, а он определяется качеством обработки мелиорированных земель и применением технических средств, при работе которых не увеличивается на поверхности почвы количество частиц размером менее 1,0 мм. В этом направлении велось совершенствование мелиоративных машин.

На темпы деградации земель мелиоративных систем, наряду с повышением уровня грунтовых вод при заилении и зарастании каналов, существенное влияние оказывают гидрогеологические и климатические условия, состояние почв и агротехника сельскохозяйственных культур при необходимости регулирования водного режима в процессе вегетации растений. Комплексное антропогенное воздействие воды и движителей машин изменяет структуру почв и способствует образованию солонцов.

К нерешенным вопросам механизации коренного улучшения земель можно отнести отсутствие комбинированных орудий, выполняющих более двух технологических процессов одновременно и последовательно, сокращающих многопроходность и уплотнение почвы.

Нами предлагается на сельскохозяйственных угодьях, использующих почвенные запасы атмосферных осадков, применять ярусную обработку с изменением соотношения твердой, газообразной и жидкостной фаз почвы и созданием условий для уменьшения испарения влаги из поверхностного слоя почвы [3]. В технологиях, отвечающих этим требованиям, могут использоваться разработанные ФГБНУ «ВНИИГиМ» глубокорыхлители, машина для комплексной обработки солонцовых почв (патент на полезную модель № 156195), комбинированное почвообрабатывающее орудие

для лугов и пастбищ (патент на изобретение № 2553638), кочкорез (патент на изобретение № 2567516). На объектах со степенью насыщения основаниями 40 %, рН < 4,5–5,5 и темно-каштановыми, каштановыми, коричневыми, бурыми горно-лесными почвами рекомендуется применение комбинированного мелиоративного орудия (патент на полезную модель № 108901).

Комбинированное мелиоративное орудие содержит смонтированные в трех поперечных плоскостях установочно-подвижно, в несовпадающих створах – фронтально глубокорыхлитель, два рыхлителя-кратователя, не менее четырех рыхлителей-щелерезов, опорные колеса, а также систему подачи продуктов в виде жидких и сыпучих мелиорантов, удобрений и воды. Предлагаемое комбинированное мелиоративное орудие позволяет снизить энергоемкость процесса, улучшить качество обработки глубокого слоя грунта, расширяет технологические возможности применения орудия для рассоления сельскохозяйственных угодий.

В. С. Казаковым были разработаны и внедрены в производство рыхлители с рабочими органами V-образной формы. Машины предназначены для реструктурирования тяжелых и вторично уплотненных почв. Каждая стойка V-образных рыхлителей содержит два наклонных под углом 45° ножа и долото в месте их пересечения. При резании ножом происходит подъем пласта, излом, крошение и отсыпка грунта за ножом рыхлителя. По данным В. П. Максименко, глубокое рыхление с использованием рыхлителя РГ-0,5М, оборудованного устройством для внесения внутрипочвенно жидкого навоза в объеме 70–90 т/га, в 3,0–3,2 раза эффективнее по сравнению с традиционными технологиями [4].

На землях, сложенных дерново-карбонатными, дерново-подзолистыми, серыми лесными и дерново-глебовыми почвами, со степенью насыщения основаниями более 60 % и рН > 5,5 нами рекомендуется применение комбинированного модульного оборудования (патент SU № 1762772). В качестве базы агрегата ПСМ-3,5 используется планировщик эксплуатационный типа ПЭ-3,0. В качестве модулей используются модернизированный роторный рабочий орган типа АПР-2,6, пневматическая сеялка типа СПР-6 (С-6ПМ2) и емкости приспособления к культиваторам типа ПХГ-4. Ширина захвата орудия – 1,2–3,5 м, глубина рыхления – 0,10–0,35 м, норма высева – от 5 до 200 кг/га [5].

Выводы. Разработка комплекса машин для очистки открытых водопроводящих каналов, водозаборов и малых рек от наносов для управлений мелиорации, а также комбинированных агрегатов, обрабатывающих солонцовую почву, для оснащения сельских товаропроизводителей наиболее полно отвечает первоочередной задаче рассоления почв, сокращения потерь воды на орошаемых и богарных землях. Предлагаемые агро-мелиоративные мероприятия по защите сельскохозяйственных земель с солонцовыми почвами от вторичного засоления позволят восстановить функционирование каналов и улучшить мелиоративное состояние деградированных земель, возродить их потенциал, повысить урожайность сельскохозяйственных культур.

Список использованных источников

1 Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения на 29.12.2014 [Электронный ресурс] / Минсельхоз России. – М.: Департамент зем. политики, имуществ. отношений и госсобственности, 2014. – 220 с. – Режим доступа: http://mcx.ru/doklad_2014.

2 Казакова, Л. А. Комплексная мелиорация орошаемых солонцовых и засоленных почв Нижнего Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.02 / Казакова Любовь Александровна. – Волгоград, 2007. – 48 с.

3 Рекомендации по биологической мелиорации деградированных сельскохозяйственных угодий / Ю. С. Пунинский, Б. М. Кизяев, В. С. Пунинский, В. Г. Федоров, В. Ю. Пунинский. – М.: ВНИИГиМ, 1999. – 29 с.

4 Максименко, В. П. Интенсификация восстановления плодородия уплотненных почв на орошаемых землях / В. П. Максименко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 5. – С. 24–28.

5 Пунинский, В. С. К вопросу совершенствования коренного улучшения сельскохозяйственных угодий / В. С. Пунинский // Вопросы мелиорации. – 2013. – № 1–2. – С. 12–30.

УДК 631.347

Н. Ф. Рыжко, С. Н. Рыжко, С. В. Ботов

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация

О. В. Карпова

Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЛИВА ДЕФЛЕКТОРНОЙ НАСАДКИ С ОБРАТНЫМ КОНУСОМ И МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ДОЖДЕВАНИЯ ДМ «ФРЕГАТ»

Целью исследования является анализ технологических показателей полива дождевальная машины «Фрегат» в условиях значительной ветровой нагрузки, определение направлений совершенствования и разработка новой дефлекторной насадки с обратным конусом для повышения функциональных возможностей устройств приповерхностного дождевания. Предлагаемая дефлекторная насадка с целью улучшения работы устройств приповерхностного дождевания может настраиваться на требуемый расход воды и качественный распыл. Внедрение насадки с обратным конусом на модернизированных устройствах приповерхностного дождевания типа «сборная штанга» и «сборный свисающий рукав» позволит обеспечить полный слив оросительной воды, регулировку высоты установки дождевателя (увеличивается с 0,6 до 2,5 м). Также при поливе насадкой не создается реактивный момент от выходящей струи. В результате модернизации, использования при изготовлении устройств приповерхностного дождевания материала, не подверженного коррозии (напорного рукава, полихлорвиниловых, полиэтиленовых или полипропиленовых труб), можно значительно снизить стоимость.

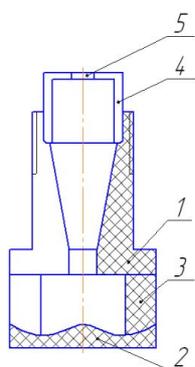
Ключевые слова: дождевальная машина, дефлекторная насадка с обратным конусом, дальность полета струи, диаметр капель, потери напора.

Стабильное выращивание сельскохозяйственных культур в зонах рискованного земледелия России возможно только при поливе дождеванием. Основными машинами, выполняющими такой полив, в настоящее время являются многоопорные ДМ «Фрегат», на их долю приходится более 40 % от всего парка техники полива. Эти машины имеют значительные преимущества. В то же время исследования показывают, что потери воды на испарение и снос ветром значительны (в среднем 10–15 %), а в жаркие и ветреные дни они достигают 30 % и более [1–5].

Одним из известных способов улучшения качественных показателей полива является применение технологии приповерхностного дождевания, при которой, регулируя высоту установки дождевателей по мере роста сельскохозяйственных культур, можно снизить ветровую нагрузку на дождевое облако, уменьшить снос дождя и повысить равномерность полива.

В настоящее время для ДМ «Фрегат» разработано несколько конструкций устройств приповерхностного дождевания (УПД), но они не в полной мере удовлетворяют современным требованиям при применении стандартных дефлекторных насадок или дождевальных аппаратов.

Для улучшения работы УПД в качестве дождевателя разработана дефлекторная насадка кругового полива с обратным конусом (рисунок 1, а), которая состоит из корпуса 1 с коническим дефлектором 2, выполненного в виде обратного конуса. Дефлектор 2 установлен на двух ножках 3.



а

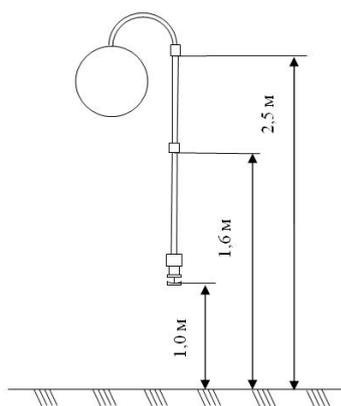


б

Рисунок 1 – Дефлекторная насадка кругового полива с обратным конусом

Для настройки дефлекторной насадки на требуемый расход воды и качественный распыл в корпус 1 под натягом устанавливается дюза 4 с калиброванным отверстием 5. В нижней части корпуса насадки выполнена коническая резьба, которая позволяет монтировать насадку в муфту устройства приповерхностного полива. При работе дефлекторной насадки вода проходит через сопло и попадает на конус, где равномерно распределяется. Струя вначале движется вниз, а затем благодаря обратному конусу разворачивается на 110° и перемещается вверх под углом 20° к горизонту (рисунок 1).

Дефлекторная насадка с обратным конусом внедрена на модернизированных УПД типа «сборная штанга» и «сборный свисающий рукав» (рисунок 2, а). При этом обеспечивается полный слив оросительной воды, увеличивается высота регулирования дождевателя (с 0,6 до 2,5 м) и при поливе насадкой не создается реактивный момент от выходящей струи. Это позволяет применять на УПД более дешевый и не подверженный коррозии материал – напорный рукав, полихлорвиниловые, полиэтиленовые или полипропиленовые трубы (рисунок 2, б).



а



б

Рисунок 2 – УПД типа «сборная штанга» и «сборный свисающий рукав»

При монтаже сборной штанги или сборного свисающего рукава на открылке обеспечивается разнос дождевателей, при этом увеличивается ширина захвата дождем и снижается его средняя интенсивность. Регулировка высоты расположения дефлекторных насадок обеспечивается за счет съема нижних частей трубы или рукава.

При монтаже дефлекторной насадки с обратным конусом на модернизированных УПД рычажного типа (рисунок 3), выполненных из стальных труб, также обеспечивается разнос дождевателей относительно трубопровода машины и слив оросительной воды.

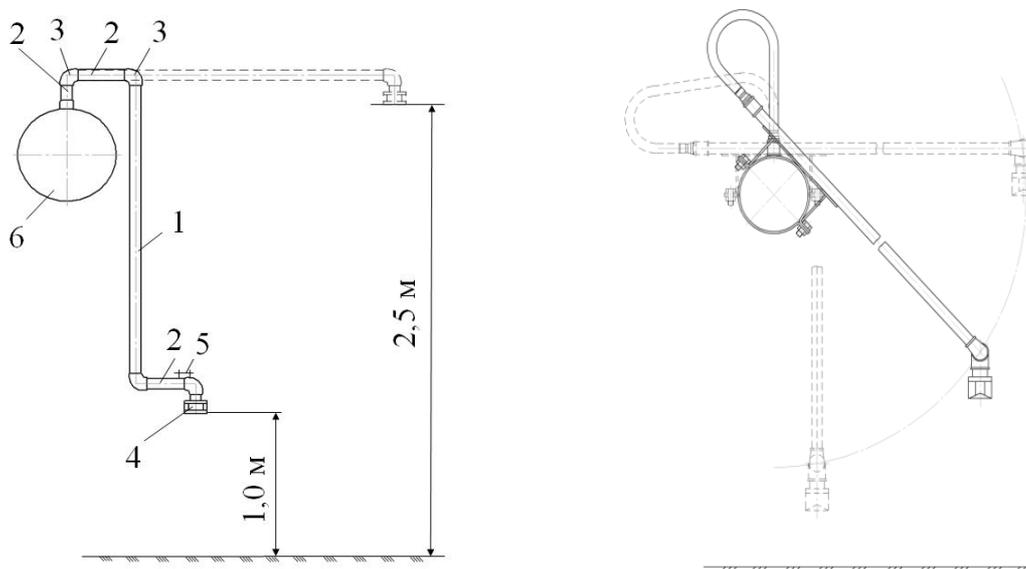


Рисунок 3 – УПД рычажного типа

Таким образом, применение дефлекторных насадок с обратным конусом позволяет значительно улучшить функциональные свойства модернизированных УПД: обеспечивается полный слив оросительной воды из УПД и исключается его размораживание, применяются более дешевые и долговечные материалы, не подверженные коррозии (напорный рукав, полипропиленовые, полиэтиленовые или полихлорвиниловые трубы), снижаются материалоемкость и стоимость УПД, упрощается процесс изготовления дождевателей и регулирования высоты их установки, повышается надежность их работы, обеспечивается разнос дождевателей относительно трубопровода машин.

Исследование дефлекторной насадки с обратным конусом показывает, что радиус захвата дождем зависит в основном от диаметра сопла, напора перед насадкой и от высоты ее установки над поверхностью поля (рисунок 4).

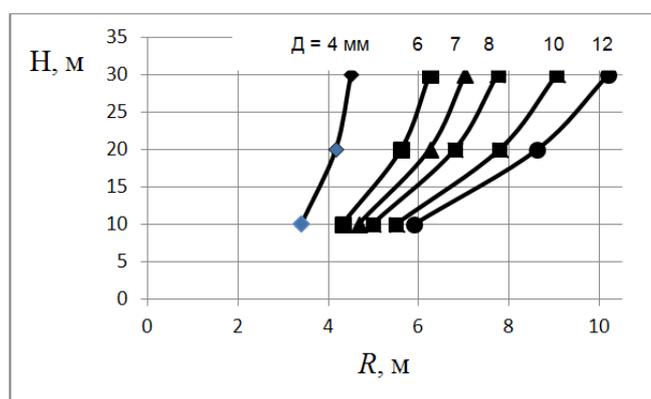


Рисунок 4 – Радиус захвата дождем дефлекторной насадки в зависимости от диаметра сопла и напора перед насадкой при высоте установки 2,0 м

Максимальный радиус захвата дождем дефлекторной насадки при изменении диаметра сопла от 4 до 12 мм и напоре 0,3 МПа увеличивается с 4,5 до 10,2 м. Уравнение для определения радиуса захвата дождем R дефлекторной насадки имеет вид:

$$R = \frac{(0,96 + 0,02h)H}{(1,073 + 0,746)H/D},$$

где R – радиус захвата дождем (полива), м;
 h – высота установки дефлекторной насадки, м ($h = 0,6 \dots 2,5$ м);
 H – напор на выходе струи, м вод. ст.;
 D – диаметр сопла насадки, мм.

Средний диаметр каплей дождя дефлекторных насадок повышается с увеличением относительного радиуса полета каплей R_i/R , диаметра сопла и с уменьшением напора перед насадкой (рисунок 5).

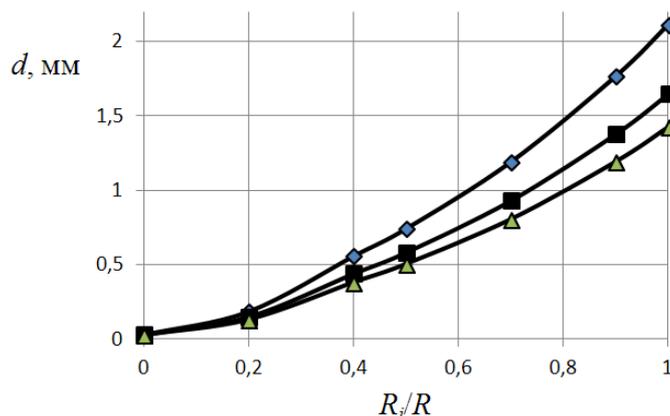


Рисунок 5 – Изменение среднего диаметра каплей вдоль радиуса захвата дождем дефлекторной насадки с соплом диаметром 10 мм в зависимости от напора

Математической обработкой установлено, что минимальный диаметр каплей в начале радиуса полива дефлекторной насадки зависит от диаметра сопла насадки и напора на выходе струи и описывается уравнением:

$$d_{\min} = 0,01 \cdot H^{-0,212} \cdot D^{0,07099}. \quad (1)$$

Максимальный диаметр каплей в конце радиуса захвата дождем дефлекторной насадки также зависит от диаметра сопла и напора на выходе струи и описывается уравнением:

$$d_{\max} = 1,3874 \cdot H^{-0,2723} \cdot D^{0,4477}. \quad (2)$$

Обработкой установлено, что распределение диаметра каплей дождя вдоль радиуса действия струи дефлекторной насадки описывается уравнением:

$$d_i = d_{\min} + (d_{\max} - d_{\min}) \left(X_i / R \right) \cdot e^{-0,757 \left(1 - \frac{X_i}{R} \right)},$$

где d_{\min} , d_{\max} – минимальный и максимальный диаметр каплей вдоль радиуса захвата дождем, мм. Описываются уравнениями (1) и (2);

X_i/R – относительная величина радиуса захвата дождем, $0 \leq X_i/R \leq 1$.

Исследованиями установлено, что медианный диаметр каплей дефлекторных насадок при одном и том же расходе воды в 1,8–2,0 раза меньше медианного диаметра каплей струйных насадок.

При определении потерь напора по длине УПД с дефлекторной насадкой с регулировочной дюзой фиксировались следующие характеристики: диаметр насадки и регулировочной дюзы – штангенциркулем, напор на трубопроводе и на выходе струи – трубкой Пито с манометром.

Исследования потерь напора проводились на УПД четырех типов. Первый тип УПД состоял из трубы с условным диаметром 15 мм и напорного рукава диаметром

18 мм или сборной штанги из труб с условным диаметром 15 мм. Второй тип устройства – труба с условным диаметром 20 мм и напорный рукав диаметром 18 мм или сборная штанга из труб с условным диаметром 20 мм. Третий тип – труба с условным диаметром 25 мм и напорный рукав диаметром 18 мм или сборная штанга из труб с условным диаметром 25 мм. Четвертый тип УПД – напорный рукав и стальная труба диаметром 25 мм или сборная штанга из труб с условным диаметром 25 мм.

Изменение потерь напора по длине УПД в зависимости от подаваемого расхода воды и условного диаметра труб (типа УПД) показано на рисунке 6.

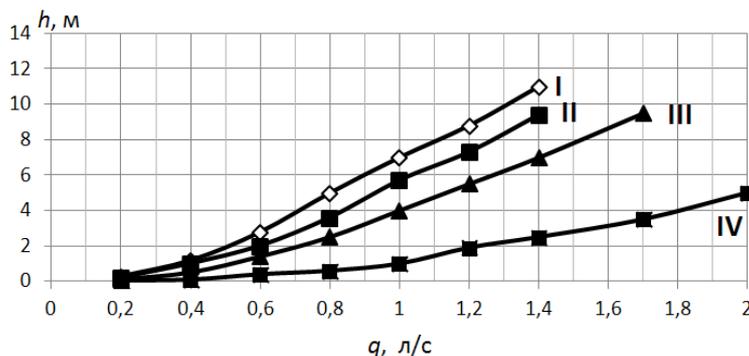


Рисунок 6 – Изменение потерь напора по длине УПД типа 1, 2, 3 и 4 в зависимости от расхода воды

Минимальные потери напора по длине УПД имеют устройства четвертого типа, в которых использовался напорный рукав и стальная труба диаметром 25 мм. В этом случае рабочий расход воды увеличивался до 1,5–2,0 л/с, а потери напора находились в пределах 3–5 м.

С увеличением расхода воды и уменьшением диаметра труб потери напора по длине УПД увеличиваются. Для расчета потерь напора по длине УПД необходимо использовать математическую зависимость:

$$h = \alpha \cdot q^B,$$

где q^B – расход воды насадкой, л/с.

Для УПД типа 1 $a = 7,0$; $b = 2,058$; для УПД типа 2 $a = 5,8$; $b = 1,970$; для УПД типа 3 $a = 4,0$; $b = 1,720$; для УПД типа 4 $a = 1,45$; $b = 1,469$.

При увеличении расхода воды, проходящего через УПД первого типа, до 1,0 л/с потери напора по его длине увеличиваются до 7 м. Для УПД второго и третьего типа при таком же расходе воды потери напора ниже и составляют соответственно 6 и 4 м.

Результаты исследований показывают, что для обеспечения небольших потерь напора по длине трубопровода при расходе воды дефлекторной насадки в пределах 0,1–0,7 л/с УПД должно быть изготовлено из труб с внутренним диаметром 15 мм; при расходе воды 0,7–1,3 л/с – с внутренним диаметром 20 мм (типа 2 и 3), а при расходе воды 1,4–2,0 л/с – с внутренним диаметром 25 мм (типа 4).

Выводы

1 Разработана дефлекторная насадка с обратным конусом, которая позволяет значительно улучшить функциональные свойства УПД и ДМ «Фрегат».

2 Исследования дефлекторных насадок позволили уточнить математические зависимости для расчета радиуса полива в зависимости от диаметра сопла, напора перед насадкой и высоты ее установки над поверхностью почвы, а также изменения крупности капель дождя вдоль радиуса полива насадки и ДМ «Фрегат». Исследованиями установлены зависимости для определения потерь напора по длине трубопровода УПД в зависимости от расхода воды и его конструктивных параметров.

Список использованных источников

1 Кузнецов, П. И. Исследования параметров структуры дождя и качества полива машин кругового действия в Волгоградском Заволжье: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Кузнецов Петр Иванович. – Новочеркасск, 1983. – 20 с.

2 Снопич, Ю. Ф. Испарение из дождевого облака, формируемого секторной насадкой / Ю. Ф. Снопич, Ю. С. Карасев, Д. В. Сухарев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 4. – С. 40–41.

3 Пунинский, Ю. С. Результаты испытаний дождевальных машин «Фрегат» в условиях лесостепной черноземной зоны / Ю. С. Пунинский, В. К. Губер // Совершенствование способов и техники полива сельскохозяйственных культур в Поволжье: сб. науч. тр. / ВолжНИИГиМ. – М., 1973. – С. 51–58.

4 Рыжко, Н. Ф. Обоснование ресурсосберегающего дождевания и совершенствование дождевальной машины «Фрегат» в условиях Саратовского Заволжья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Рыжко Николай Федорович. – Саратов, 2012. – 47 с.

5 Рыжко, Н. Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин: монография / Рыжко Н. Ф. – Саратов: СГАУ, 2009. – 176 с.

УДК 631.674

М. Ю. Храбров, В. К. Губин, Н. Г. Колесова

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Целью исследований являлось определение технологических параметров капельного орошения, обеспечивающих оптимальное регулирование водного режима почвы. Приведены расчетные зависимости для назначения режима орошения по дефициту водного баланса корнеобитаемого слоя почвы сельскохозяйственных культур в условиях капельного орошения. Выявлены особенности проведения поливов при капельном орошении. Основные факторы, определяющие целесообразность применения капельного орошения, – почвенные условия, характеристика рельефа и особенности орошаемой культуры. Показана зависимость типа увлажнения (полосовой, очаговый, сплошной), увлажняемой площади и глубины распространения влаги в почвенном слое от расстановки капельниц на орошаемом участке.

Ключевые слова: капельное орошение, режим орошения, водный баланс, капельница, площадь увлажнения, контур увлажнения.

Капельное орошение – наиболее востребованный способ малообъемного орошения, однако многие технологические параметры недостаточно освещены в технической литературе. Отрицательной особенностью капельного орошения является накопление солей по периферии контура увлажнения при использовании воды с повышенным содержанием солей, а также ограниченный объем распространения корневой системы, что приводит к падению фруктовых деревьев. Капельное орошение требует высокой степени очистки воды. Значительно снизить влияние этих факторов позволяет назначение научно обоснованных технологических параметров.

В связи с этим в статье представлен расчет основных параметров режима капельного орошения. К таким параметрам относятся поливная норма, площадь одновременного полива, продолжительность полива и др.

Расчетный слой увлажнения, как правило, принимают в соответствии с агробио-

логическими требованиями сельскохозяйственных культур и водно-физическими свойствами почвы, а исходя из них и расхода водовыпусков устанавливают продолжительность полива.

Продолжительность полива определяют при отсутствии фильтрационных потерь в нижележащие горизонты в зависимости от расчетной глубины увлажнения и скорости впитывания воды в почву.

Режим капельного орошения рассчитывают по году 95%-ной обеспеченности дефицита водопотребления для наиболее напряженного года в температурном отношении.

Анализ расчетных зависимостей при капельном орошении показывает, что в основе определения поливных и оросительных норм лежит возмещение объема воды, израсходованной орошаемым полем на эвапотранспирацию за предполивной период.

В основе расчета режима капельного орошения лежит определение дефицита водного баланса [1]. Дефицит водного баланса корнеобитаемого слоя почвы сельскохозяйственных культур в условиях капельного орошения почвенного профиля рассчитывается по формуле:

$$d = ET - P - q,$$

где ET – эвапотранспирация (транспирация растений и испарение с поверхности почвы), м³/га;

P – эффективные осадки, м³/га;

q – подпитывание расчетного слоя почвы подземными водами, м³/га.

Эвапотранспирация ET при капельном орошении вычисляется в зависимости от среднесуточных температур воздуха:

$$ET = K_t \cdot \sum t_i,$$

где K_t – биофизический коэффициент (расход влаги за расчетный период на 1 °C), м³/(га·°C);

$\sum t_i$ – сумма среднесуточных температур за тот же период, °C.

Поливная норма для капельного орошения рассчитывается в зависимости от типа почв, расчетной зоны распространения корневой системы культуры и заданной предполивной влажности, м³/га:

$$m_{nt} = 10 \cdot \gamma \cdot h \cdot A_{nt} \cdot (W_{FC} - W_{PW}),$$

где γ – плотность почвы, т/м³;

h – глубина расчетного слоя почвы, м;

A_{nt} – доля площади увлажнения;

W_{FC} – наименьшая влагоемкость, процентов от массы абсолютно сухой почвы;

W_{PW} – предполивная влажность почвы, соответствующая нижней границе оптимального увлажнения почвы.

На легких почвах, на которых скорость впитывания достаточно высока, более перспективны учащенные поливы, на тяжелых почвах с низкой скоростью впитывания и большей водоудерживающей способностью – периодические с более длительным интервалом. Фактические размеры увлажнения для расчетной зоны распространения корневой системы в различных грунтах определяются количеством необходимых водовыпусков и их расходом. Поливную норму на одно растение для легких почв уточняют по формуле (м³/растение):

$$m = 0,001 \cdot n \cdot q \cdot t,$$

где n – число водовыпусков на одно растение;

q – расход водовыпуска, л/ч;

t – время увлажнения почвенного профиля, ч.

Площадь одновременного полива ω' в гектарах определяется как отношение всей площади ω к количеству поливов в минимальный межполивной период $n_{\text{п}}$:

$$\omega' = \frac{\omega}{n_{\text{п}}}.$$

Количество возможных поливов за время t определяется по зависимости:

$$n_{\text{п}} = \frac{T}{t'},$$

где $n_{\text{п}}$ – количество поливов;

T – минимальный межполивной период, ч;

t' – продолжительность полива с учетом времени заполнения сети, ч.

Удельный расход при подаче установленной поливной нормы рассчитывается по формуле:

$$q = \frac{m}{3,6 \cdot t},$$

где q – удельный расход, л/(с·га);

m – поливная норма, м³/га;

t – продолжительность полива, ч.

Расход воды для площади одновременного полива определяется по формуле, л/с:

$$\Theta = \frac{q \cdot \omega'}{\eta_c},$$

где q – расчетный расход, л/с;

η_c – КПД системы при капельном орошении, равный 0,98.

Доля площади, подлежащая увлажнению, рассчитывается по формуле:

$$S = \frac{n \cdot w}{a \cdot b},$$

где n – число водовыпусков;

w – расчетная площадь увлажнения, м²;

$a \cdot b$ – схема посадки культур, м².

При орошении пропашных культур резко возрастают показатели n и $a \cdot b$, а S стремится к единице.

Время подачи воды на одно растение при капельном орошении определяется в зависимости от необходимой глубины промачивания почвенного профиля и скорости впитывания в почву. Ориентировочно время полива можно установить по зависимости:

$$t = \frac{h}{K},$$

где t – время подачи воды, ч;

h – необходимая глубина увлажнения, м;

K – скорость промачивания, зависящая от водно-физических свойств почвы, м/ч (для суглинистых почв – 0,01–0,03 м/ч, для легких почв – до 0,10 м/ч).

При орошении различных культур от конструкции водовыпусков и схемы их расстановки зависит тип увлажнения (полосовой, очаговый, сплошной), площадь увлажнения и глубина распространения влаги в почвенном слое.

При орошении ягодников, пропашных, овощных и культур сплошного сева полосовое увлажнение может производиться с помощью интегральных капельных линий. Такие линии включают оросительный трубопровод, на котором через расстояние, не превышающее величину капиллярного переноса влаги (0,8–1,2 м), установлены водовыпуски капельной подачи воды, снабженные компенсаторами изменения давления в сети [2].

Пропашные культуры (лук, томаты и др.) для орошения с помощью интегральных капельных линий высевают в виде двустрочных лент с расстоянием между строками в ленте 0,15–0,30 м и между лентами 0,6–0,9 м. Капельный увлажнитель размещают между строками ленты на расстоянии 0,15–0,25 м от рядка растений. Заданный режим влажности поддерживают подачей поливной нормы, равной расходу воды на эвапотранспирацию с орошаемого участка. Величину поливной нормы корректируют по показаниям датчиков влажности почвы, установленных в рядке растений. Продолжительность полива определяется временем выдачи расчетной поливной нормы. Межполивной период зависит от величины заданного уровня предполивной влажности и глубины увлажняемого слоя. Чем больше величина расчетного увлажняемого слоя, тем больше будет продолжительность полива и межполивной период, который составляет в большинстве случаев от 2 до 5 дней. При высоком заданном уровне предполивной влажности в период интенсивной эвапотранспирации поливы могут проводиться ежедневно.

При орошении многолетних садовых насаждений с площадью питания 10–20 м² производят локальное увлажнение почвы по площади, соответствующей проекции кроны дерева, с размещением на ней нескольких водовыпусков.

Несмотря на предварительную тонкую очистку оросительной воды на песчаных фильтрах, в течение вегетации существует угроза засорения капельных водовыпусков микроводорослями, которые размножаются в воде, заполняющей трубопроводы уже за фильтрами. Для предотвращения процесса размножения этих водорослей трубопроводную сеть и капельницы несколько раз за оросительный сезон промывают 1%-ным раствором медного купороса.

При орошении пропашных культур поливные трубопроводы размещают на поверхности поля после проведения посадочных или посевных работ и убирают с поля после завершения уборки урожая. При возделывании многолетних садово-ягодных культур их оставляют на следующий оросительный сезон после проведения промывки и освобождения от воды.

Воздействие на окружающую среду является критерием выбора варианта системы орошения [3]. Все способы капельного орошения являются экологически безопасными, так как подача воды непосредственно в зону расположения поглощающих корней растений позволяет свести к минимуму влияние орошения на уровень грунтовых вод и вынос элементов минерального питания в водоемы, а также исключить ирригационную эрозию почв.

Применение систем капельного орошения позволяет снизить затраты воды на 25–40 %. Поддержание в почве оптимального водно-воздушного режима повышает урожайность на 20–30 %. Локальное, дробное внесение минеральных удобрений с оросительной водой дает возможность снизить нормы их внесения на 20–25 %.

Выводы. Материалы статьи показывают, что в настоящее время разработаны теоретически обоснованные методы определения основных параметров технологии капельного орошения сельскохозяйственных культур с учетом их биологических особенностей и условий произрастания.

Список использованных источников

1 Капельное орошение. Пособие к СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения». – М.: Союзводпроект, 1986. – 149 с.

2 Бородычев, В. В. Современные технологии капельного орошения овощных культур: науч. изд. / В. В. Бородычев. – Коломна: Радуга, 2010. – 241 с.

3 Храбров, М. Ю. Водосберегающие технологии орошения / М. Ю. Храбров // Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы юбилейной междунар. конф. – М., 2009. – Т. 2. – С. 181–188.

УДК 631.674

Н. М. Иванютин, В. И. Кременской

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь,
Российская Федерация

ИЗУЧЕНИЕ ПОЛИВНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ УВЛАЖНИТЕЛЕЙ ДЛЯ КАПЕЛЬНО-ВНУТРИПОЧВЕННОГО ПОЛИВА

Целью исследований являлось определение основных элементов техники капельно-внутрипочвенного полива. Для проведения исследований была смонтирована экспериментальная установка. Вода из емкости насосом по трубопроводу подавалась к исследуемым увлажнителям. По результатам работ были установлены поливные нормы, продолжительность полива, удельный расход увлажнителя, контур увлажнения. На основании выполненных исследований определены параметры увлажнительной сети и даны рекомендации по использованию капельно-внутрипочвенного орошения в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: увлажнитель, контур увлажнения, экран из полиэтиленовой пленки, водоподача, удельный расход.

Введение. Орошение – важный фактор в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур в условиях недостаточного естественного увлажнения. Способы локального орошения, создающие увлажнение в прикорневой зоне растений: внутрипочвенный, капельный, капельно-внутрипочвенный. Увлажнение оптимальной корневой зоны дает возможность проводить поливы меньшей поливной нормой, при этом обеспечивая нормальные условия для развития растений, получая высокие и устойчивые урожаи. На соединении двух прогрессивных способов полива – внутрипочвенного и капельного – развился капельно-внутрипочвенный способ полива, который за рубежом называется подземным капельным орошением. С внедрением поливных трубопроводов с проходными капельницами это стало возможно.

Капельно-внутрипочвенное орошение – это сочетание лучших технологических приемов перспективных способов полива. Внутрипочвенная укладка поливных трубопроводов обеспечивает непосредственную подачу воды к корням растений и защищает его от поломок, воздействия солнца и разворовывания. Эффект взаимодействия почвы и корневой системы растений достигается, когда активная часть корневой системы входит в объем оптимального постоянного увлажнения почвы, что обеспечивается при внутрипочвенной укладке поливных трубопроводов. При внутрипочвенном орошении верхний горизонт не увлажняется, что уменьшает количество сорной растительности. Потери воды на испарение с поверхности почвы незначительны, так как верхний горизонт находится в подсушенном состоянии. Отсутствие корки на поверхности почвы способствует повышению водо- и воздухопроницаемости. В настоящее время стали применяться поливные трубопроводы с смонтированными водовыпусками с интервалом 0,2–1,5 м, которые должны обеспечивать сплошную полосу увлажнения для данных почвогрунтов. Внутрипочвенная укладка поливных трубопроводов производится с экраном из полиэтиленовой пленки и без него с помощью укладчика.

Для установления пригодности поливных трубопроводов в качестве увлажнителей для систем капельного внутрипочвенного орошения были проведены данные исследования. Также работы проводились для определения основных элементов техники полива, которыми являются поливная норма, продолжительность полива, удельный расход в увлажнителе, контур увлажнения.

Поливная норма зависит от геометрических параметров контура увлажнения и водно-физических свойств почвы. Геометрические размеры контура увлажнения зави-

сят от вида сельскохозяйственных культур, зоны распределения основной массы корневой системы, схемы посадки и посева сельскохозяйственных культур, водно-физических свойств почвы и конструкции увлажнителей. Ширина контура увлажнения определяется горизонтальной проекцией контура максимального увлажнения, которая зависит от водно-физических свойств почвы и конструкции увлажнителей.

Исследования проводились по методикам «Руководство по проектированию систем внутрипочвенного орошения» (Союзводпроект) [1] и «Методика исследований элементов техники и технологии внутрипочвенного орошения по перфорированным увлажнителям и оценки результатов» (ВНИИМиТП, г. Коломна) [2].

Изучением элементов техники внутрипочвенного полива и контуров увлажнения при поливе занимались А. Д. Ахмедов, В. Б. Гордеев, М. С. Григорьев, В. И. Кременской, Ю. А. Марков, В. Н. Сторчоус, Г. Ю. Шейкин и др. [3–8]. Однако исследований в данном направлении проведено недостаточно.

Условия проведения исследований. Исследования проводились в опытном экспериментальном хозяйстве «Крым» Научно-исследовательского института сельского хозяйства Крыма в селе Желябовка Нижнегорского района Республики Крым (ранее опытно-мелиоративная станция Крымского филиала ИГиМ).

Почвенный покров участка представлен лугово-черноземными карбонатными тяжелосуглинистыми почвами на лессовидных суглинках. Плотность почвы в метровом слое – 2,67 г/см³, объемная масса – 1,35 г/см³. Общая скважность верхних горизонтов – 47–55 %. Наименьшая влагоемкость в верхнем горизонте 0–50 см – 29–32 % от веса сухой почвы, в горизонте 50–100 см снижается до 24–28 %. Предполивная влажность почвы – 75 % от НВ.

Для подбора увлажнителей систем капельно-внутрипочвенного орошения нами проведены исследования с использованием существующих поливных трубопроводов. Определяли расход водовыпусков и удельный расход на 1 пог. м при напоре 5, 10, 15 и 20 м с поверхностной и внутрипочвенной укладкой трубопровода.

Влажность почвы перед закладкой опыта составляла 0,7–0,8 НВ. Поливные нормы были рассчитаны и приняты в размере 90, 60 и 30 л/пог. м увлажнителя. Исследовались увлажнители длиной 10–12 пог. м. Вода из емкости 4,0 м³ насосом «Адигель» по полиэтиленовому трубопроводу диаметром 20 мм подавалась к исследуемым увлажнителям. Установка включала фильтр сетчатый, водомер, манометр и запорно-регулируемый блок, обеспечивающий подачу воды от 15 до 200 л/ч с напором до 25 м.

Исследования проводились со следующими поливными трубопроводами:

- поливной трубопровод RAM компании Netafim (Израиль), диаметр – 20 мм, расход водовыпусков – 2,3 л/ч, через 0,5 м;
- поливной трубопровод Drip in Classic компании TORO Ag (Италия), диаметр – 20 мм, расход водовыпусков – 2,0 л/ч, через 0,6 м;
- поливной трубопровод «Агродрип» (Молдова), диаметр – 20 мм, расход водовыпусков – 1,6 л/ч, через 0,3 м;
- поливные трубопроводы «Аква ПСНД» ООО «Аквавита» (Крым, Россия), диаметр – 16 мм, расход водовыпусков – 1,6 л/ч, через 0,8 и 0,6 м;
- поливные трубопроводы «Аквагол» ООО «Аквавита» (Крым, Россия), диаметр – 16 мм, расход водовыпусков – 1,0 л/ч, через 0,4 м; диаметр – 12 мм, расход водовыпусков – 1,0 л/ч, через 0,3 м.

Исследования проводились при поверхностном размещении трубопроводов и внутрипочвенной укладке на глубину 0,4 м (один опыт на глубину 0,3 м) с экраном из полиэтиленовой пленки и без него. Экран из полиэтиленовой пленки имел следующую ширину в сантиметрах (в числителе – верхний, в знаменателе – нижний):

$\frac{25}{25}, \frac{25}{35}, \frac{15}{35}, \frac{0}{35}, \frac{25}{50}$.

Методика исследований. Для проведения опытов была смонтирована опытная установка. Вода из емкости насосом по трубе диаметром 20 мм подавалась к исследуемым увлажнителям. Опыты проводились в трехкратной повторности при предполивной влажности 0,7–0,8 НВ.

Расходы воды определялись по водомеру в первый час работы через 10 мин, затем в течение первых 5 ч через 30 минут, далее до окончания опыта через 1 ч. Параметры поливного трубопровода определяли при напоре 5, 10, 15, 20 м.

Для изучения элементов техники внутрпочвенного полива производилась внутрпочвенная закладка поливного трубопровода и полив нормой 60 л/пог. м. На следующий день после окончания опыта определялся контур и полоса увлажнения. Проводились раскопки поперечных сечений шириной 2,0 м на глубину увлажнения. По стенке шурфа замером мерной лентой определяли распространение влаги вверх, вниз и в стороны от увлажнителя.

Второй способ изучения контуров – путем бурения скважин для установления влажности на расстоянии 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 м от оси увлажнителя на глубину 1,6 м через 0,2 м. Влажность определялась термостатно-весовым методом в трехкратной повторности.

Результаты исследований. Гидравлические исследования представлены в таблице 1. Наиболее стабильный расход водовыпусков при перепадах давления от 0,05 до 0,20 МПа поливного трубопровода RAM компании Netafim 2,28–2,35 л/ч обеспечивает равномерное распределение воды. Нестабильная характеристика поливного трубопровода «Агродрип» меняется от 0,88 до 2,75 л/ч.

Таблица 1 – Расход водовыпусков поливных трубопроводов при внутрпочвенной укладке

Поливной трубопровод	Диаметр трубопроводов, мм	Расстояние между водовыпусками, см	Расход водовыпусков по данным фирм, л/ч	Внутрпочвенная укладка поливного трубопровода	
				Расход водовыпусков, л/ч	Удельный расход, л/(ч·пог. м)
1 RAM	20	50	2,3	2,23	4,46
2 Drip in Classic	20	60	2,0	1,94	3,23
3 «Агродрип»	20	30	1,6	1,27	4,23
4 «Аква ПСНД»	16	60	1,6	1,43	2,38
5 «Аква ПСНД»	16	80	1,6	1,52	1,90
6 «Аквагол»	16	40	1,0	0,88	2,20
7 «Аквагол»	12	30	1,0	0,84	2,80

Полевыми исследованиями определяли контур увлажнения, его площадь, распределение влаги внутри него в процентах от наименьшей влагоемкости, растекание влаги от увлажнителя вверх a_1 , вниз a_2 , горизонтальный D_r и вертикальный D_v диаметр увлажнения.

Вертикальный диаметр увлажнения определяется по формуле:

$$D_v = a_1 + a_2.$$

Коэффициент вертикального распределения влаги K_ϕ определяли по формуле:

$$K_\phi = \frac{D_v}{D_r}.$$

Результаты исследований по установлению элементов техники капельно-внутрпочвенного полива представлены в таблице 2. На ширину полосы увлажнения влияла водоподача (продолжительность полива) и ширина нижней полиэтиленовой пленки. Верхняя полиэтиленовая пленка защищала увлажнитель от загрязнения и заилиения.

Таблица 2 – Основные элементы техники капельно-внутрипочвенного полива на тяжелосуглинистых почвах

Водоподача, л/пог. м	Ширина экрана из полиэтиленовой пленки, см	Распределение влаги по горизонтали, см	Распределение влаги по вертикали от увлажнителей, см			Глубина увлажнения, см	Площадь контура увлажнения, м ²	Коэффициент вертикали К _в
			вверх	вниз	сумма			
1) 90	$\frac{25}{35}$	144	32	131	163	171	1,61	0,24
2) 60	$\frac{25}{35}$	118	29	107	136	147	1,12	0,27
3) 60	$\frac{25}{35}$	102	21	98	119	128	0,98	0,21
4) 30	$\frac{15}{35}$	96	22	86	108	126	0,71	0,26
5) 60	Без пленки	92	22	120	142	160	1,02	0,18
6) 30	Без пленки	76	18	95	113	135	0,65	0,19

Примечание – Глубина укладки увлажнителей – 40 см (3-го – 30 см).

Расстояние между водовыпусками 30–60 см, при котором образуется сплошная полоса увлажнения, не зависит от расхода воды водовыпусками и фирмы-производителя. При использовании экрана из полиэтиленовой пленки расстояние между водовыпусками увеличивается до 70–80 см.

Так, при ширине экрана нижней полиэтиленовой пленки 50 см и водоподаче 90 л/пог. м увлажнителя полоса увлажнения на глубине 1 м достигает 162 см. При водоподаче 90 и 60 л/пог. м часть воды, которая поступила, выходит за пределы корнеобитаемого горизонта почвы (1,0 м). Оптимальная водоподача 40–30 л/пог. м обеспечивает минимальный сброс воды. Экран из полиэтиленовой пленки $\frac{25}{35}$; $\frac{15}{35}$ образует не-

обходимый контур увлажнения, $K_{\phi} = 1,11 \dots 1,15$. Рекомендуется глубина укладки увлажнителей 0,3–0,4 м (с учетом глубины возделывания почвы).

При водоподаче 30 л/пог. м площадь контура увлажнения – 0,7 м², при 60 л/пог. м увеличивается в 1,6 раза, а при 90 л/пог. м – в 2,3 раза. Одновременно с увеличением площади увлажнения повышается и сброс воды за пределы корнеобитаемого слоя почвы.

Применение экрана из полиэтиленовой пленки шириной 35 см увеличивает ширину полосы увлажнения на 11–28 %.

Верхний слой почвы 11–18 см не увлажняется. Вверх от увлажнителя влага распространяется в 4 раза медленнее, чем вниз, а без экрана – в 5,5 раза. Распространение влаги по горизонтали от увлажнителя составляет 55 % от распространения влаги вниз с экраном, а без него – 40 %.

Процесс иссушения контура увлажнения исследовали при водоподаче 90 л/пог. м на 1, 3, 5, 7, 10-й день после проведения полива. Глубина увлажнения составила 171 см, а ширина распространения влаги в горизонтальном направлении – 144 см. Площадь контура увлажнения в первый день после полива составляла 1,61 м². В последующие дни происходило уменьшение площади увлажнения: 3-й день – 69 %, 5-й – 37 %, 7-й – 18 %, а на 10-й день площадь увлажнения составляла только 0,05 м², или 3 %.

Коэффициент вертикали К_в в процессе иссушения изменялся от 0,24 до 0,17. Коэффициент формы изменялся от 1,13 до 0,96.

Последующий полив зависит от природно-климатических условий орошаемого участка и фазы развития сельскохозяйственной культуры.

Глубина увлажнения при капельно-внутрипочвенном орошении с экраном достигает 126 см, а ширина полосы увлажнения – 98 см на глубине 80 см. Площадь контура увлажнения – 0,71 м², из них 21 % (0,15 м²) идет на фильтрацию за пределы корнеобитаемой зоны. Выше экрана влага поднимается на 22 см.

Контур увлажнения при капельно-внутрипочвенном орошении без экрана достигает глубины 135 см. Ширина полосы увлажнения – 76 см на глубине 80 см. Площадь контура увлажнения – 0,65 м², из них 30 % (0,2 м²) идет на фильтрацию за пределы корнеобитаемой зоны.

Для внутрипочвенной укладки применяются специально разработанные для этой цели зарубежными фирмами бестраншейные навесные укладчики.

Компанией Netafim (Израиль) разработаны поливные трубопроводы для внутрипочвенной укладки с защитой от заиливания. Опыты проводились в течение двух лет. Два увлажнителя находились всю зиму в земле. Летом следующего года проверялся расход увлажнителя при разных напорах. Снижения расхода и заиливания не обнаружено.

Выводы и рекомендации.

Вода, вытекающая из водовыпусков, должна образовывать сплошную полосу увлажнения. Глубина укладки увлажнителей – 30–40 см. Оптимальное расстояние между водовыпусками на увлажнителе – 30–50 см в зависимости от типа почв. Расход водовыпусков – 1,6–2,3 л/ч. Оптимальное давление в увлажнителе – 0,05–0,20 МПа.

Капельно-внутрипочвенное орошение может применяться для полива:

- плодовых насаждений (персика, абрикоса, черешни, груши) там, где нет шпалеры, для широкорядной схемы посадки (устраиваются два увлажнителя на один ряд деревьев). Содержание почвы – естественное задернение;
- многолетних трав (лекарственных, эфиромасличных культур);
- очищенными сточными водами газонов, ландшафтных зон и декоративных растений.

Список использованных источников

1 Руководство по проектированию систем внутрипочвенного орошения: ВТР-П-33-81 / М-во мелиорации и вод. хоз-ва СССР, Союзводпроект. – М., 1981. – 101 с.

2 Методика исследований элементов техники и технологии внутрипочвенного орошения по перфорированным увлажнителям и оценки результатов / ВНИИМиТП, ВолСХИ. – М. – 43 с.

3 Григоров, М. С. Контур увлажнения при внутрипочвенном орошении / М. С. Григоров, А. Д. Ахмедов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 4. – С. 32–33.

4 Марков, Ю. А. Параметры контуров увлажнения под капельными водовыпусками при разных нормах водоподачи / Ю. А. Марков // Орошение плодовых культур в интенсивном садоводстве: сб. науч. тр. / ВНИИС. – 1983. – Вып. 38. – С. 53–56.

5 Кременской, В. И. Элементы техники полива при капельно-внутрипочвенном орошении / В. И. Кременской, М. А. Панина // Комплексная мелиорация земель как составная часть рационального природопользования: сб. науч. материалов всеукр. науч.-практ. конф. молодых учен. – Херсон, 2013. – С. 32–35.

6 Сторчоус, В. Н. Технология внутрипочвенного и капельного полива яблоневого сада в условиях степного Крыма / В. Н. Сторчоус, В. И. Кременской // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет» / Серия: Сельскохозяйственные науки. – 2012. – № 149. – С. 56–61.

7 Особенности эксплуатации систем подземного капельного орошения // Овощеводство. – 2008. – № 7. – С. 66–68.

8 Исследование внутрипочвенно-капельного орошения в Гиссарской долине / Г. Ю. Шейнкин, В. Б. Гордеев, Х. Д. Домуллоджанов, Х. Д. Джуманкулов // Гидротехника и мелиорация. – 1974. – № 11. – С. 41–49.

УДК 633.854.54:631.5/67

А. Л. Рудик

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТЕБЛЕСТОЯ ПОСЕВОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Целью исследований являлось установление влияния фона минерального питания, способа посева, нормы высева на полноту всходов и сохранность растений льна масличного, возделываемого без орошения и при орошении. Рассмотрена взаимосвязь элементов технологии возделывания с полевой всхожестью и выживаемостью растений. Установлено, что увеличение ширины междурядья с 15 до 45 см при сохранении нормы посева сопровождается снижением полевой всхожести на 1,7 %. Орошение обеспечивало увеличение выживаемости на 3,1 %. Загущение посевов приводило к снижению выживаемости на 2,4 %, а увеличение междурядья – на 0,6–1,0 % соответственно для исследуемых способов посева. Фон минерального питания не оказывал достоверного влияния на выживаемость растений.

Ключевые слова: лен масличный, орошение, удобрение, способ посева, полевая всхожесть, сохранность растений.

Введение. Урожайность сельскохозяйственных растений зависит от многих регулируемых и нерегулируемых факторов, между которыми в процессе роста и развития возникают сложные многоуровневые системные связи. Важной управляемой составляющей каждой технологии является формирование структуры посевов с оптимальным количеством растений на единице поверхности, ориентированной на формирование максимального урожая и показателей его качества. В соответствии с законом максимальной семенной продуктивности растений, который отражает их направленность в любых условиях на формирование максимального количества семян, агрофитоценоз саморегулируется изменением соотношения биологической массы отдельных органов. При этом установленная технологией плотность посева является определяющим элементом урожайности, поскольку обуславливает, исходя из фактического потенциала факторов жизни, прорастание семян, появление всходов, сохранность растений, формирование генеративных органов и их структуру.

В подходах к формированию стеблестоя посевов льна масличного имеют место некоторые разногласия, преимущественно связанные с отличиями почвенно-климатических условий и методологических подходов к оценке. Усредненно считается, что оптимальные фенотипы растений формируются при норме высева в пределах 50–80 кг/га, тогда число растений на 1 м² в начале вегетации должно составлять до 780 шт., а к уборке – до 650 шт. [1].

Близкие значения границ оптимального предуборочного загущения, в диапазоне 400–500 шт./м², рекомендуют много исследователей [2, 3], хотя встречаются рекомендации с отклонениями как в одну, так и в другую сторону [4, 5].

Весовое определение нормы высева имеет ряд объективных недостатков, в связи с чем в большинстве исследований используется расчетный метод определения количества семян на единице площади. Льну масличному отчетливо присуще объективное свойство формировать статистически равный урожай при различных нормах высева [6, 7]. Однако при этом изменяется не только структура элементов урожая, но и вегетационный период, условия созревания культуры и уборки. Несмотря на большой полиморфизм биологических и хозяйственных свойств льна масличного, его экологическую пластичность, которые позволяют сгладить фактор загущенности посевов, норма высева растений играет важную роль, а их сохранность отражает фактически сформировавшиеся условия.

Материал и методы. Системные исследования влияния элементов технологии возделывания культуры на условия роста и развития растений осуществлялись в 2009–2013 гг. на базе Асканийской государственной сельскохозяйственной опытной станции (Украина). Лен выращивался на различных фонах минерального питания, при различных способах посева и нормах высева, в условиях естественного увлажнения и при орошении.

Массив расположен в зоне Каховской оросительной системы. Почвы опытного участка темно-каштановые слабосолонцеватые, имеют гумусовый горизонт 42–51 см. В пахотном слое содержится в среднем гумуса 3,12 %, легкогидролизуемого азота – 50 мг/кг, подвижного фосфора – 24 мг/кг и обменного калия – 400 мг/кг. Предшественником в опыте выступала озимая пшеница. Основная обработка почвы предусматривала вспашку на глубину 20–22 см. Посевной комплекс подготовки почвы включал боронование, культивацию и послепосевное прикатывание. Поливами поддерживали влажность почвы в слое 0,7 м на уровне 65–70 % от НВ, что требовало проведения двух-трех поливов нормой 400 м³/га. В среднем за годы исследований оросительная норма составила 1040 м³/га. Система защиты растений предусматривала использование страховых гербицидов и междурядные обработки широкорядных посевов. В опыте использовали сорт отечественной селекции Pivdenna nich. Обработка данных осуществлялась методом дисперсионного анализа с последующим среднеквадратическим усреднением значений [8].

Погодные условия периода исследований характеризовались существенным превышением температурного режима над средними многолетними значениями и большими колебаниями поступления осадков относительно них. За период вегетации культуры гидротермический коэффициент колебался от 0,55–0,60 в 2009 и 2011 гг. до 0,96–1,00 в 2010, 2012 и 2013 гг. Общее количество осадков соответственно составило 107, 130, 208, 214 и 200 мм, однако значительная их часть была меньше 5 мм или поступила в виде ливней на этапе генеративного развития. Поэтому по температурному режиму, запасам почвенной влаги и поступлению осадков в первой половине вегетации культуры более благоприятными были 2009 и 2011 гг., а менее благоприятными – 2012 и 2013 гг., что отражалось на состоянии посевов и в условиях орошения.

Результаты и обсуждение. Неблагоприятные погодные условия периода получения всходов из-за резкого нарастания температур на фоне сильных ветров обуславливали относительно низкую полевую схожесть, которая в среднем по опыту составляла 74,6 % (таблица 1). Влияние исследуемых технологических приемов на процент взошедших семян было незначительным. Преимущества орошения на этом этапе выражались только в несколько больших запасах влаги в пределах метрового слоя почвы, что не имело реального значения для условий прорастания.

Таблица 1 – Влияние элементов технологии возделывания на полевую всхожесть и выживаемость растений льна масличного

Фон питания (В)	Ширина междурядья (С) и норма высева (D), млн шт./га						В %
	15 см			45 см			
	5	6	7	5	6	7	
1	2	3	4	5	6	7	
Полевая всхожесть без орошения (А)							
Без удобрений	75,2	75,4	75,8	73,9	73,2	73,0	
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	75,0	75,1	76,0	74,2	74,3	73,6	
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	75,0	76,3	76,2	74,5	73,5	73,9	
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	74,7	76,1	75,4	74,3	74,9	73,7	
Полевая всхожесть при орошении (А)							
Без удобрений	74,7	75,2	75,4	73,4	73,3	73,1	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	74,9	75,6	75,8	73,8	73,9	72,7
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	75,2	75,4	76,1	74,2	74,0	74,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	75,8	75,8	75,3	73,8	73,4	73,5
HCP ₀₅	A – 1,54; B – 2,16; C – 1,51; D – 1,88					
Выживаемость растений без орошения (A)						
Без удобрений	86,4	86,1	85,9	83,8	83,4	82,7
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	86,8	86,6	86,3	84,2	83,7	83,3
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	86,9	86,5	86,3	84,2	83,5	83,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	86,6	86,4	86,2	84,5	84,0	83,4
Выживаемость растений при орошении (A)						
Без удобрений	89,0	88,9	88,4	87,7	86,5	86,2
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	89,5	89,4	88,7	87,4	86,8	86,4
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	89,6	89,4	88,8	87,7	87,2	86,6
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	89,5	89,2	89,2	87,8	87,2	87,2
HCP ₀₅	A – 0,47; B – 0,66; C – 0,47; D – 0,58					

Полевая всхожесть на этих массивах составляла в среднем 74,7 и 74,5 %, а различия были значительно меньше HCP₀₅. В среднем наибольшая разница между фонами минерального питания составляла 74,3–74,9 %, что также находится в несущественном диапазоне. Большими были различия между вариантами изучаемых норм высева, однако математически достоверной была только разность между крайними градациями 5 и 7 млн шт./га. Если при междурядьях 15 см отмечалось повышение полевой всхожести до 0,7 %, то при посеве на 45 см происходило снижение до 0,6 %. Достоверно отразилось на полевой всхожести расширение междурядья. Вследствие резкого увеличения количества семян, приходящихся на погонный метр ряда, полевая всхожесть снизилась в среднем на 1,7 %. Поэтому если разреженность посева в определенных пределах играет положительную роль, поскольку облегчает появление проростков на поверхности почвы, что особенно важно при ее заплывании, загущенность посева приводит к конкуренции между проростками и сопровождается снижением полевой всхожести.

Корреляционный анализ свидетельствует о положительном влиянии на полевую всхожесть количества осадков за период от посева до массовых всходов ($R = 0,75$) и суммы температур ($R = 0,6$) за этот промежуток. Отрицательная корреляция между всхожестью и запасами влаги в отдельных слоях почвы до глубины 30 см и в слое 100 см могла быть обусловлена высокой влажностью горизонтов в этот период на фоне быстрого иссушения посевного слоя 2–3 см. Поступление осадков обеспечивало плотный контакт семян с влажной почвой и ее равномерное увлажнение.

Выживаемость растений, как показатель, отражает условия, которые сложились в период вегетации культуры. Наибольшее влияние на посевы льна масличного оказывало орошение. Если на фоне естественного увлажнения выживаемость растений находилась в пределах 82,3–86,9 %, то при орошении – в пределах 86,2–89,6 %. Отрицательно на выживаемости растений сказалось увеличение ширины междурядья с 15 до 45 см (показатель снизился в среднем с 87,8 до 85,4 %). На естественном фоне увлажнения эти различия были более весомыми (в среднем 2,75 %), чем при орошении (2,08 %). Во всех случаях увеличение нормы высева сопровождалось снижением выживаемости растений, что было более выраженным и достоверным на ширококорядных посевах. На посевах с междурядьями 15 см отличия между смежными вариантами норм высева не превышали предел существенности. Недостоверными также были различия

в пределах изучаемых фонов минерального питания: до 0,47 % без орошения и до 0,57 % при орошении.

Исследование зависимости между выживаемостью растений и некоторыми показателями погодных условий, такими как сумма температур, количество осадков, испаряемость, ГТК, а также запасами продуктивной влаги в метровом слое почвы не обнаружило наличия тесных связей. В то же время между потенциалом продуктивной влаги (определялся как сумма запасов продуктивной почвенной влаги на момент посева и полезных осадков за период от посева до бутонизации) и выживаемостью растений коэффициент корреляции подтвердил наличие положительной тесной связи ($R = 0,82$). При этом на фоне орошения такая зависимость отсутствовала ($R = -0,1$), поскольку проявлялось влияние полива. Таким образом, выживаемость растений льна масличного в условиях Южной Степи преимущественно определяется влагообеспеченностью растений до начала генеративного периода.

Выводы. Полевая всхожесть льна масличного в зоне Южной Степи Украины преимущественно определяется поступлением осадков в этот период и обеспеченностью теплом. Увеличение ширины междурядья с 15 до 45 см при сохранении нормы посева сопровождается снижением полевой всхожести на 1,7 %. Основное внесение минеральных удобрений и изменение нормы высева в пределах 5–7 млн шт./га существенно не влияют на полевую всхожесть. Выживаемость растений льна масличного определяется обеспеченностью посевов влагой. Орошение обеспечивает увеличение выживаемости на 3,1 %. Загущение посевов сопровождается снижением выживаемости на 2,4 %, а увеличение междурядья – на 0,6–1,0 % соответственно для исследуемых способов посева. Фон минерального питания не оказывает достоверного влияния на выживаемость растений. Оценка благоприятности условий для роста и развития льна масличного не может ограничиваться показателями, отражающими наличие почвенной влаги или поступление осадков, для этого целесообразно использовать обобщающие индикативные показатели биоклиматического потенциала.

Список использованных источников

- 1 Шанский, Ю. А. Агротехника высоких урожаев масличных культур (на Юго-Востоке) / Ю. А. Шанский. – М.: Россельхозиздат, 1966. – 136 с.
- 2 Бородин, И. В. Лен масличный в Западной Сибири / И. В. Бородин. – Новосибирск: Новосиб. кн. изд-во, 1958. – 150 с.
- 3 Soffe, R. J. Seale-Hayne University of Plymouth UK / R. J. Soffe // The Agricultural Notebook 20th Edition. – Blackwell: Science, 2003. – P. 100–102.
- 4 Лихочвор, В. В. Растениеводство. Технологии выращивания сельскохозяйственных культур / В. В. Лихочвор. – 2-е изд., исправ. – Киев: Центр учеб. лит., 2008. – 808 с.
- 5 Перспективная ресурсосберегающая технология производства льна масличного: метод. рекомендации / В. М. Лукомец [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2010. – 52 с.
- 6 Щербинин, Н. П. Новый способ определения нормы высева семян / Н. П. Щербинин // Земледелие. – 1984. – № 1. – С. 59–61.
- 7 Лен масличный на Ставрополье: монография / под ред. В. К. Дридигера, А. Н. Есаулко, Г. Р. Дорожко. – Ставрополь: Параграф, 2013. – 148 с.
- 8 Короневский, В. И. К методике статистической обработки данных многолетних полевых опытов / В. И. Короневский // Земледелие. – 1985. – № 11. – С. 56–57.

УДК 631.67

Е. М. Нестеренко

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

А. А. Балыхина

Институт водных проблем и мелиорации Национальной академии аграрных наук Украины, Киев, Украина

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ИСТОЧНИКА ОРОШЕНИЯ ПРИ ПОДТОПЛЕНИИ ЗЕМЕЛЬ

В данной статье предложен метод оценки эколого-экономической эффективности использования подземных вод для орошения в сравнении с орошением поверхностными водами. Метод использует сведение экологического критерия к экономическому на основании оценки стоимости откачки подземных вод.

Ключевые слова: источник орошения, оросительная норма, площадь орошения, экологический и экономический критерии.

Орошаемое земледелие всегда было значительным водопотребителем на Украине. Оно имеет большое экономическое и социальное значение. Однако в отдельных случаях орошение приводит к развитию негативных тенденций в виде подтопления и засоления мелиорированных территорий. Поэтому для управления водным режимом орошаемых земель с целью снижения уровня грунтовых вод предложено дополнять орошение из поверхностных источников использованием подземных вод [1].

Так, на первом этапе развития местного орошения в Херсонской области (начало 60-х – конец 70-х гг.) из подземных источников наблюдалось характерное снижение напоров основных неогеновых водоносных горизонтов, возникали депрессионные понижения («воронки») в местах забора воды на нужды орошения [2]. На втором этапе, с началом эксплуатации больших оросительных систем, прежде всего Каховской системы с водозабором из Каховского водохранилища, возникла противоположная тенденция – повышение уровня грунтовых вод и подтопление территорий [2]. Следовательно, экологически целесообразно, наряду с использованием воды из поверхностных источников, применять для орошения ресурсы подземных вод.

Кроме того, выдача разрешений на специальное водопользование, которое является платным (статья 49 Водного кодекса Украины), а также значительная плата за услуги по подаче воды [3] создают экономически и организационно невыгодные условия для хозяйствования, стимулируют к поиску альтернативных источников орошения.

Многие фермеры в Херсонской области, особенно на небольших площадях выращивания овощных и бахчевых культур, отказываются от забора воды из поверхностных источников, строят скважины или берут в аренду существующие скважины и дренажные насосные станции для забора на орошение подземных вод.

В связи с этим целью исследования является разработка метода эколого-экономического обоснования выбора альтернативных источников орошения, забора воды из подземных или поверхностных источников.

Метод эколого-экономического обоснования выбора источников орошения. При обосновании выбора источника орошения используем критерии удельных приведенных затрат при откачке из скважин и стоимости воды (в расчете на 1 га) при заборе из поверхностного источника.

Экономически обоснованным является забор воды из скважины, если выполняется условие:

$$\frac{\mu K}{S} + C_1 M_j \leq C_2 M_j; \quad C_1 < C_2, \quad j=1, \dots, N, \quad (1)$$

где μK – годовой износ основных фондов;

K – капитальные затраты на построение скважины;

S – площадь орошения, обслуживаемая скважиной;

C_1, C_2 – стоимость подачи 1 м^3 воды соответственно из скважины и поверхностного источника;

M_j – средневзвешенная оросительная норма в j -й год из рассматриваемого многолетия в N лет.

При передаче в аренду существующих дренажных насосных станций вместо $\frac{\mu K}{S}$ в неравенстве (1) используется удельная стоимость арендной платы p (в расчете на 1 га обслуживаемой площади).

Анализ неравенства (1) показывает, что с возрастанием оросительной нормы M_j (среднесухие и сухие годы) появляется тенденция к его выполнению, тогда как при снижении M_j (влажные и средневлажные годы) оно с большей вероятностью может нарушаться. Поэтому для оценок следует использовать среднемноголетние значения стоимостей в неравенстве (1).

Использование подземных вод удовлетворительного качества из первого водоносного горизонта обеспечивает позитивную тенденцию к снижению как напора в подземном горизонте, так и уровня грунтовых вод до нормативных значений, рациональное использование водных ресурсов, уменьшение потерь на водоотведение с орошаемых территорий [1]. На этом основывается экологическая эффективность забора воды на орошение из подземных источников.

Для учета экологической эффективности использования воды из подземных источников предлагается свести экологический критерий к экономическому. Для этой цели обозначим стоимость откачки 1 м^3 воды C_3 , общий объем воды, откачиваемый в год дренажной насосной станцией – V , защищаемую от подтопления площадь орошения – S_1 . Экологический критерий можно свести к экономическому, вычитая из левой части неравенства значение $C_3 \frac{V}{S_1}$. Тогда более эффективным в среднем за N лет будет забор воды из подземных источников, если выполняется неравенство:

$$\frac{\mu K}{S} + \frac{\sum_{j=1}^N C_1 M_j}{N} - C_3 \frac{V}{S_1} \leq \frac{\sum_{j=1}^N C_2 M_j}{N}.$$

Поскольку при передаче скважины и дренажной насосной станции в аренду водохозяйственная организация не только получает арендную плату p , но и не несет экономических расходов на откачку воды и обслуживание станции, должен быть достигнут компромисс между арендной платой p и стоимостью откачки $C_3 \frac{V}{S_1}$. Этот ком-

промисс задается коэффициентом $0 \leq \lambda \leq 1$. Так, при $\lambda=1$ и $p=C_3 \frac{V}{S_1}$ удельная арендная плата равна удельной стоимости откачки из подземных вод. Рекомендуется такой вариант использования подземных вод, при котором $p \leq \lambda C_3 \frac{V}{S_1}$, то есть субъекты хозяйствования устанавливают арендную плату, частично или полностью компенсирующую расходы водохозяйственной организации на откачку подземных вод.

Безусловно, экологический критерий можно оценить не только стоимостью откачки подземных вод, но и в баллах, что предполагает более сложные методы принятия решений относительно эффективности источника орошения.

Выводы. Рассмотренный метод эколого-экономического обоснования выбора источника орошения позволяет оценить экологический эффект экономическим критерием удельной стоимости откачки подземных вод (в расчете на 1 га), а также разработать механизм установления арендной платы, частично или полностью компенсирующей расходы водохозяйственной организации.

Список использованных источников

1 Ковальчук, В. П. Выбор альтернативных источников орошения для предотвращения подтопления территорий / В. П. Ковальчук // Водное хозяйство Украины. – 2010. – № 5. – С. 24–27.

2 Уралов, О. В. Проблемы подтопления сельскохозяйственных угодий и населенных пунктов в Херсонской области. Информационно-технический доклад в Верховной Раде / О. В. Уралов. – 2000. – 15 с.

3 Балыхина, А. А. Системное моделирование рисков в платном водопользовании / А. А. Балыхина // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: науч.-практ. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. № 1(57). – С. 192–198.

УДК 631.62:631.67:631.8

В. Н. Зинковский, Т. С. Зинковская, В. А. Сорокина, Л. А. Шапаронян

Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель, Тверь, Российская Федерация

ДИНАМИКА ВЛАЖНОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ УВЛАЖНЕНИЯ И УДОБРЕННОСТИ ОСУШАЕМОЙ ПОЧВЫ

Цель исследований – определение зависимости поливного режима сельскохозяйственных культур и влажности активного слоя почвы (0–40 см) от уровня ее плодородия, создаваемого внесением различных удобрений. Еженедельные наблюдения за влажностью почвы при осушении и двустороннем регулировании водного режима (осушение + орошение) проводились в микрополевым опыте, заложенном в 2011 г., с включением неудобренного контроля, варианта с компостом многоцелевого назначения и варианта, сочетающего данный вид органического удобрения с ежегодным внесением минеральных удобрений в расчете на планируемый урожай. Приведены фрагменты наблюдений за влажностью почвы во влажном (картофель) и в засушливом (лен-долгунец) годах в разных по уровню плодородия вариантах. Отмечено более сильное иссушение почвы в вариантах, имеющих более высокий уровень плодородия, что должно учитываться при назначении сроков полива при агрохимической неоднородности почвенного покрова. В опыте с картофелем разница во влажности почвы между удобренными вариантами и контролем достигала 9,0–13,5 % от ППВ, а в опыте со льном-долгунцом – 10–20 % от ППВ. Поэтому сроки и нормы поливов дифференцировались в соответствии с влажностью почвы. При проведении экспериментов по комплексному изучению доз удобрений и режимов орошения культур с использованием широкозахватных дождевальных машин не следует назначать поливы по средне-взвешенным показателям влажности на всей площади опыта. Компактные комплексные исследования поливных режимов культур с включением вариантов с удобрениями наиболее целесообразно проводить при капельном орошении. Также остается актуальным грамотное использование поверхностного полива по бороздам.

Ключевые слова: осушение, орошение, влажность почвы, удобренные варианты, картофель, лен-долгунец, формы доступности влаги.

Для определения зависимости влажности активного слоя почвы (0–40 см) и поливного режима культур от уровня плодородия, создаваемого внесением удобрений, выборочно использованы данные 4-летних опытов института по изучению эффективности двустороннего регулирования водного режима на осушаемых землях.

Опыты проводились на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при содержании гумуса в пахотном слое 2,8 %, доступного фосфора – 24–25 мг/100 г, обменного калия – 19–20 мг/100 г от веса абсолютно-сухой почвы. Плотность естественного сложения почвы (объемная масса) – 1,35 г/см³, общая порозность – около 50 %. ППВ слоя почвы 0–40 см – 23 % от веса абсолютно-сухой почвы.

Микрополевой опыт закладывался в специальных сосудах площадью 0,5 м² и глубиной 1 м [1]. Сосуды оборудованы устройством для регулирования уровня грунтовых вод. Повторность опыта 5- и 6-кратная.

В течение 3 лет (с 2011 по 2013 г.) в опыте возделывался картофель сорта Удача. В 2014 г. выращивался лен-долгунец сорта Альфа. В опыте в качестве органического удобрения использовался разработанный во ВНИИМЗ под руководством академика РАН Н. Г. Ковалёва компост многоцелевого назначения (КМН), технология производства которого удостоена Государственной премии РФ 2001 г. в области науки и техники.

Компост в дозе 15 т/га был внесен в 2011 г., а в дальнейшем использовалось его последствие. В 1 т компоста в среднем содержалось 27 кг азота, 18 кг доступного фосфора и 15 кг калия. В опыт с картофелем был включен вариант с КМН и ежегодным внесением минеральных удобрений, рассчитанных на планируемый урожай (КМН + НРК).

Схема опыта на осушаемой почве и при двустороннем регулировании водного режима включала варианты: 1) контроль без удобрений; 2) КМН (15 т/га); 3) КМН (15 т/га) + НРК.

В данной статье приводим некоторые экспериментальные данные по режимам орошения картофеля во влажном 2012 г. и льна-долгунца в засушливом 2014 г.

В 2012 г. первый полив (при достижении влажности почвы 75 % от ППВ) был проведен 4 июля (удобренные варианты) и 6 июля (контроль без удобрений), второй полив – 27 июля (удобренные варианты) и 30 июля. На графике (рисунок 1) показано, что по мере нарастания клубней мощные растения удобренных вариантов сильнее иссушали почву. Так, в неполивном варианте с последствием 15 т/га КМН прибавка урожая клубней картофеля достигла 51 %, а при орошении – 38 %. Поэтому поливы при внесении удобрений проводились на 2–3 дня раньше, чем на контроле без удобрений.

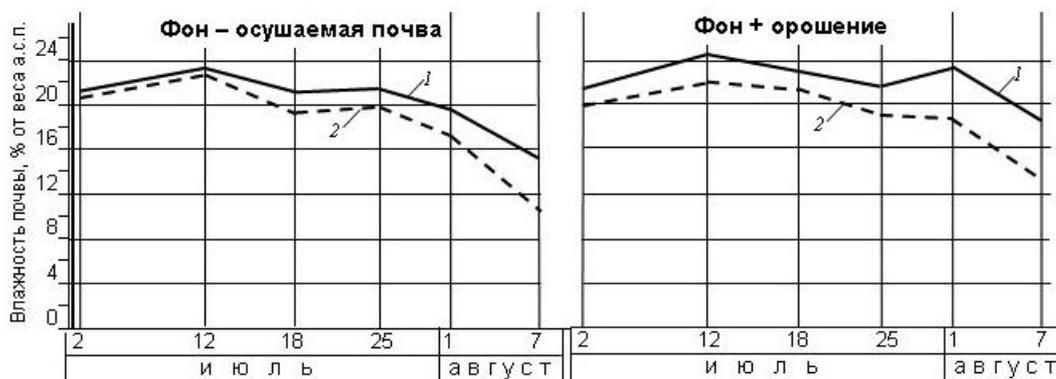
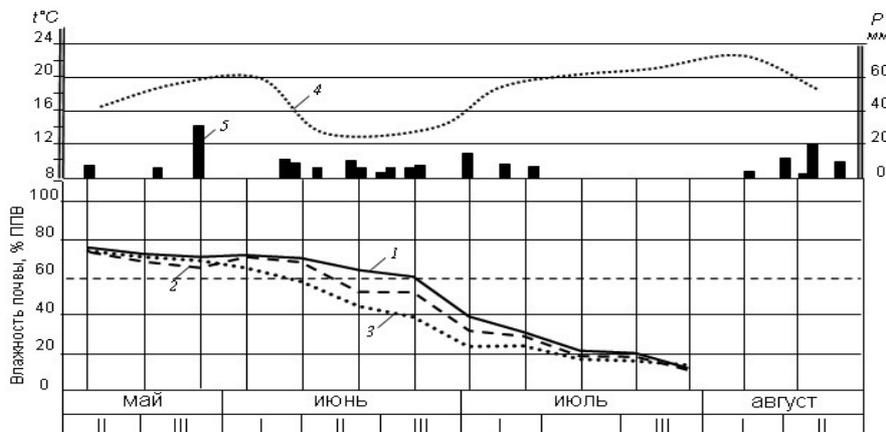


Рисунок 1 – Динамика влажности почвы под картофелем в слое 0–40 см в удобренном (1) и удобренном (2) вариантах, 2012 г.

График показывает, что разница во влажности почвы между удобренными вариантами и контролем без удобрений составляла 2–3 % от веса абсолютно сухой почвы, а в пересчете на ППВ эта разница достигала 9,0–13,5 %.

Аналогичная картина наблюдалась и в засушливом 2014 г. при исследованиях, проводимых со льном-долгунцом. На рисунке 2 представлена динамика влажности на осушаемой почве от посева до уборки данной культуры.

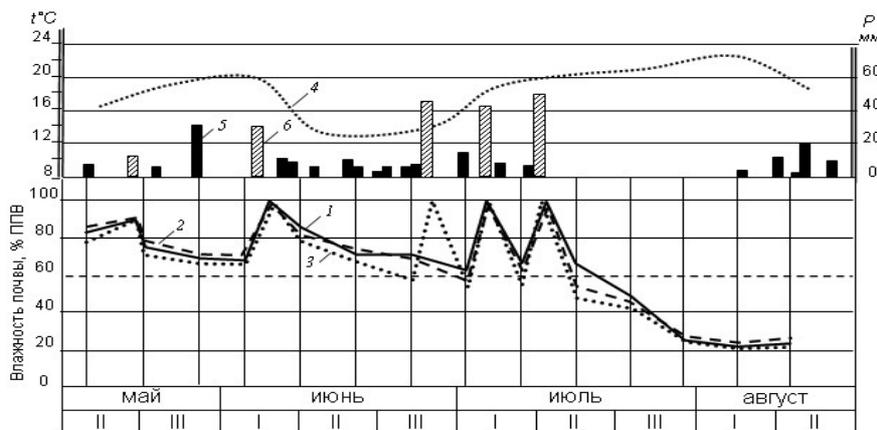


1 – контроль без удобрений; 2 – последствие КМН;
3 – последствие КМН + NPK; 4 – температура воздуха; 5 – осадки

Рисунок 2 – Динамика влажности осушаемой почвы при возделывании льна-долгунца в 2014 г.

Из данных рисунка 2 видно, что в период наиболее интенсивного роста и развития льна во второй и третьей декадах июня и в начале июля разница во влажности почвы между контролем без удобрений и вариантом с последствием КМН + NPK колебалась от 10 до 20 % от ППВ.

Динамика влажности почвы у льна-долгунца при двустороннем регулировании водного режима изображена на рисунке 3. Для поддержания предполивного порога влажности почвы в пределах 65 % от ППВ на контроле без удобрений и в варианте с КМН (15 т/га) понадобилось провести по три вегетационных полива с оросительными нормами 1100 и 1140 м³/га, а в варианте с последствием КМН + NPK – четыре полива с оросительной нормой 1670 м³/га. Кроме того, во всех поливных вариантах, вследствие сильного иссушения верхнего слоя почвы на глубине заделки семян, через неделю после посева был проведен полив нормой 150 м³/га, что на 30–35 % повысило количество растений, сохранившихся к уборке урожая льна-долгунца.



1 – контроль без удобрений; 2 – последствие КМН; 3 – последствие КМН + NPK;
4 – температура воздуха; 5 – осадки; 6 – поливы

Рисунок 3 – Динамика влажности почвы при возделывании льна-долгунца в 2014 г. в условиях двустороннего регулирования водного режима

Данный поливной режим способствовал перераспределению различных форм почвенной влаги по ее доступности растениям. На основании проведенного обзора работ А. А. Роде, И. И. Плюснина и др. [2, 3] в привязке к показателям определяемой в опыте влажности почвы выбраны следующие категории (формы) доступности почвенной влаги:

- избыточная (свыше ППВ);
- легкодоступная (от 70 до 100 % ППВ);
- среднедоступная (от ВРК (50 % ППВ) до 70 % ППВ);
- труднодоступная [от ВЗ (30 % ППВ) до ВРК (50 % ППВ)];
- весьма труднодоступная [от МГ (20 % ППВ) до ВЗ (30 % ППВ)];
- недоступная («мертвый запас») (менее 20 % от ППВ).

В приведенной шкале МГ – максимальная гигроскопичность, ВЗ – влажность устойчивого увядания, ВРК – влажность разрыва капилляров, ППВ – предельная полевая влагоемкость (ППВ применяется для слоистых почв, а НВ – при отсутствии слоистости и подпирания действия грунтовых вод [4, 5]).

Как показывают данные таблицы 1, в засушливом 2012 г. орошение способствовало устранению опасного водного дефицита в почве, предельно снижая категории недоступной и труднодоступной влаги. Некоторое количество нежелательной для растений избыточной влаги образуется сразу после полива и быстро перераспределяется в другие формы.

Таблица 1 – Соотношение различных форм доступности влаги в слое почвы 0–40 см под льном-долгунцом в 2014 г.

Вариант	Форма доступности почвенной влаги для растений					
	избыточная, > ППВ	легкодоступная, от 0,7 до 1,0 ППВ	среднедоступная, от 0,5 до 0,7 ППВ	труднодоступная, от 0,3 до 0,5 ППВ	весьма труднодоступная, от 0,2 до 0,3 ППВ	недоступная, < 0,2 ППВ
Осушаемая почва						
Контроль без удобрений	-	30,4	27,3	15,4	15,7	11,2
КМН (15 т/га)	-	27,8	24,6	15,0	15,3	17,3
КМН (15 т/га) + НРК	-	20,3	17,3	21,8	17,5	23,1
Осушаемая почва + орошение (65–70 % ППВ)						
Контроль без удобрений	3,7	58,8	13,0	9,1	13,8	1,6
КМН (15 т/га)	3,2	52,7	18,9	13,6	10,0	1,6
КМН (15 т/га) + НРК	4,7	43,5	22,4	12,0	16,1	1,3

В целом строго дифференцированный режим орошения льна-долгунца, который учитывает степень иссушения почвы растениями, произрастающими в различных по удобренности условиях, в засушливом 2014 г. обеспечил в неудобренных вариантах прибавку урожая соломки 22,7 %, семян – 10,5 %; в вариантах с последствием удобрений прибавка достигала 29,9 % по соломке и до 53,2 % по семенам. Окупаемость затрат на орошение при указанных прибавках составила от 1,43 до 2,00 рублей на каждый рубль понесенных затрат. Кроме того, орошение способствовало улучшению качества соломки и повышению массы семян [6].

Неоднородное иссушение активного слоя почвы корневыми системами различных культур связано не только с наличием на полях контуров с внесением различных доз и видов удобрений. Большие затруднения при назначении сроков полива в орошае-

мом земледелия создает неоднородность почвенного покрова, не позволяющая определить оптимальную дату и норму предстоящего полива. В лучшем случае при возможности определения влажности почвы в нескольких точках поля можно назначать средневзвешенную дату и норму полива.

На перспективу для решения проблемы назначения и проведения поливов при неоднородности почвенного покрова рекомендуется использовать элементы точного земледелия с автоматизированным управлением процессом орошения широкозахватными многоопорными дождевальными машинами фронтального перемещения [7]. Исходными данными системы управления машиной являются форма и размеры поля, координаты зоны полива, режим и время полива (с измерением влажности почвы). Режим полива выбирается исходя из культуры и фазы его развития, а также почвенно-климатических условий в каждом элементарном почвенном ареале.

Выводы. Для получения достоверных данных при изучении режимов орошения или назначении сроков полива необходимо учитывать наличие вариантов с различной степенью плодородия по удобренности.

В опытах с картофелем разница во влажности почвы между удобренными вариантами и контролем без удобрений достигала 2–3 % от веса абсолютно сухой почвы, а в пересчете на ППВ эта разница достигала 9,0–13,5 %. В опытах со льном-долгунцом данное различие составляло 10–20 % от ППВ. Поэтому сроки и нормы поливов дифференцировались в соответствии с влажностью почвы.

В полевых исследованиях с использованием широкозахватной дождевальной техники неизбежны затруднения в размещении вариантов и повторностей опыта по определению сроков полива и в их проведении, тем более с параллельным изучением различных систем удобрений.

Компактные мелкоделяночные комплексные исследования поливных режимов сельскохозяйственных культур с включением различных вариантов с удобрениями на данном этапе развития поливной техники наиболее целесообразно проводить при капельном орошении, используя грамотно построенную сеть капельных и транзитных линий пропуска воды. Для названных исследований остается вполне актуальным грамотное использование поверхностного полива по бороздам с оставлением необходимых защитных зон.

Список использованных источников

1 Необходимость двустороннего регулирования водного режима почв в земледелии Нечерноземной зоны России / Н. Г. Ковалёв, В. Н. Зинковский, Т. С. Зинковская, О. Н. Анциферова // Российская сельскохозяйственная наука. – 2015. – № 1–2. – С. 47–50.

2 Роде, А. А. Водный режим почв и его регулирование / А. А. Роде. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 122 с.

3 Плюснин, И. И. Мелиоративное почвоведение / И. И. Плюснин, А. И. Голованов. – М.: Колос, 1983. – 318 с.

4 Толковый словарь по почвоведению / под ред. А. А. Роде. – М.: Наука, 1975. – 287 с.

5 Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация заболоченных почв Нечерноземной зоны РСФСР: справоч. кн. / Ф. Р. Зайдельман. – М.: Колос, 1981. – 168 с.

6 Научно-теоретические основы управления продуктивностью осушаемых почв с использованием приемов и средств биологической мелиорации, обеспечивающих получение экологически чистой растениеводческой продукции: метод. рекомендации / Н. Г. Ковалёв, В. Н. Зинковский, Т. С. Зинковская, В. А. Сорокина, Л. А. Шапаронян, Т. Н. Пантелеева. – Тверь: Твер. печатник, 2014. – 40 с.

7 Леви, Л. И. Автоматизация процессов управления дождеванием / Л. И. Леви, Д. М. Правдюк // Автоматика. – Львов, 2011. – С. 169.

УДК 631.67

П. И. Ковальчук, Т. В. Матяш, В. П. Ковальчук, А. А. Балыхина

Институт водных проблем и мелиорации Национальной академии аграрных наук Украины, Киев, Украина

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ НОРМИРОВАНИЯ
ВОДОПОТРЕБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР
ПРИ ОРОШЕНИИ ДОЖДЕВАНИЕМ**

Разработана и обобщена методология расчета биологически оптимальных и экономически целесообразных проектных норм водопотребности сельскохозяйственных культур при орошении дождеванием. Приведен метод технико-экономического обоснования норм водопотребности. Разработана информационно-аналитическая система для расчета эксплуатационных норм водопотребности для биологически оптимальных и водосберегающих режимов орошения.

Ключевые слова: проектные и эксплуатационные нормы водопотребления, биологически оптимальные нормы, водосберегающие режимы орошения, имитационное моделирование.

Введение. Нормативы водопотребности сельскохозяйственных культур при орошении применяются как в проектных разработках [1, 2], так и в эксплуатационной практике управлений водного хозяйства, фермеров и сельскохозяйственных предприятий. Проектные организации чаще всего используют проектные нормы водопотребности при определении расчетной водообеспеченности оросительных систем [2], их гидро модуля, при создании региональных планов водопользования, разработке планов управления речными бассейнами. Особенно острая необходимость в нормативах водопотребности существует при заключении договоров на платное водопользование между управлениями водного хозяйства с одной стороны [3] и фермерами или сельхозпредприятиями как субъектами использования водных ресурсов с другой стороны. Эксплуатационные оросительные нормы, как и экономически обоснованные нормы водопотребности сельскохозяйственных культур, соответствуют выбранным принципам хозяйствования, режимам орошения сельскохозяйственных культур. Важную роль играют и нормы водоотведения сельскохозяйственных культур, которые используются и как нормативные значения, и как эксплуатационные. Такие нормы предполагают применение определенных режимов орошения. Также они являются экологическим нормативом для защиты почв орошаемых территорий и населенных пунктов от подтопления и засоления.

В связи с изменившимися климатическими и социально-экономическими условиями в статье рассмотрены методологические подходы к созданию нормативов водопотребности и водоотведения, которые в максимальной степени соответствуют сложившимся социально-экономическим условиям, минимизируют экологические и экономические риски при их использовании.

Методологические особенности разработки норм водопотребности. В современных социально-экономических условиях ведения орошаемого земледелия для водопользователей (фермеров, сельскохозяйственных предприятий) необходимо разрабатывать нормы водопотребности, которые обеспечат решение таких задач:

- обоснование биологически оптимальных нормативов водопотребности;
- экономически эффективное водопользование с оптимизацией экологического эффекта (минимизация инфильтрационных потерь воды, недопущение подтопления сельскохозяйственных угодий), что достигается уменьшением норм водопотребности на основе экономических оценок вариантов, а значит, и уменьшением антропогенной нагрузки на почвы;

- максимизация дополнительной чистой прибыли от орошения при ограниченных ресурсах (материальных – вода, удобрения, финансовые и т. д.) в условиях платы за воду;
- разработка норм водоотведения (стока) как показателя величины инфильтрации для расчетного слоя почвы.

Проектные биологически оптимальные нормы водопотребности разрабатываются по региональным методикам [1], в основу которых положены дефициты водопотребления сельскохозяйственных культур за поливной период. В отличие от проектных норм водопотребности, при расчете которых дефицит водопотребления является объективным показателем реакции растения на недостаток влаги в почве при текущих погодных условиях, эксплуатационные оросительные нормы вычисляются в зависимости от режима орошения сельскохозяйственных культур, возможности их реализации используемой техникой полива. Различают оптимальные (биологически оптимальные), водосберегающие экономически обоснованные, экологически безопасные режимы орошения [4], которые позволяют учитывать сложившиеся компромиссные условия хозяйствования – социальные, экономические, экологические.

На Украине для расчета норм водопотребности использовалась методика С. М. Алпатьева, усовершенствованная биоклиматическая модель В. П. Остапчика [5]. Нами для нормирования водопотребности, оперативного планирования поливов D_K используется модель расчета биологически оптимальных и водосберегающих режимов орошения в виде уравнения водного баланса по дефициту влагозапасов:

$$D_K = D_H + (K_{\Gamma} \alpha KE - P) - m, \quad (1)$$

где D_H – начальный дефицит (на начало декады и т. д.), мм;

E – суммарное испарение, мм;

P, m – соответственно количество осадков и поливная норма, мм;

K_{Γ} – коэффициент подпитки грунтовыми водами;

$(K_{\Gamma} \alpha KE - P)$ – недостаток природного увлажнения, мм.

При определении осадков сумма $D_K = D_H + (K_{\Gamma} \alpha KE - P) - m$; дает отрицательное число, показывающее количество осадков, которые инфильтрировались за пределы расчетного слоя. В таких случаях конечный дефицит D_K принимается равным нулю. Суммарное испарение определяется по формуле Штойко [4].

Методические основы технико-экономического обоснования норм водопотребности. При разработке экономически обоснованных норм используются критерии относительной валовой урожайности и дополнительной чистой прибыли от орошения. Структура математической модели «относительная урожайность – влагообеспеченность» для отдельной сельскохозяйственной культуры определяется в виде сплайн-функции [2] (рисунок 1):

$$\frac{Y}{Y^{\max}} = f(K) = \begin{cases} 1, & \text{если } K \geq 1 \\ a_0 + a_1 \left(\frac{u+\xi}{\omega+\xi} \right) + a_2 \left(\frac{u+\xi}{\omega+\xi} \right)^2, & \text{если } K_0 \leq \frac{u+\xi}{\omega+\xi} \leq 1 \\ b_0 + b_1 \left(\frac{u+\xi}{\omega+\xi} \right) + b_2 \left(\frac{u+\xi}{\omega+\xi} \right)^2, & \text{если } \frac{u+\xi}{\omega+\xi} < K_0, \end{cases} \quad (2)$$

где Y – фактическая урожайность, ц/га;

Y^{\max} – максимальная урожайность, ц/га;

K – коэффициент влагообеспеченности ($0 \leq K \leq 1$);

u, ω – соответственно оросительные нормы при биологически оптимальных и водосберегающих режимах орошения;
 ξ – осадки за период вегетации.

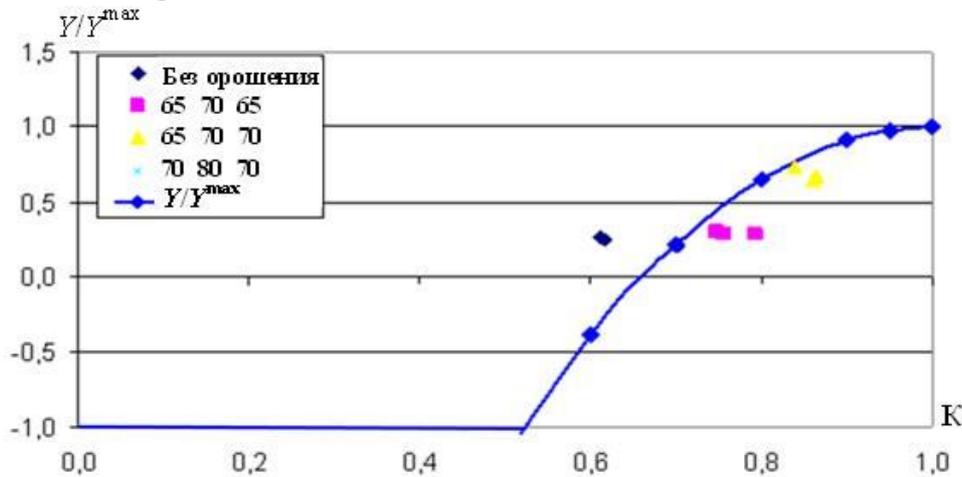


Рисунок 1 – Модель зависимости «урожайность – влагообеспеченность» для подсолнечника

Идентификация моделей урожайности на основе данных опытов [2] дает возможность построить функции дополнительной чистой прибыли от орошения в зависимости от комплекса факторов (закупочной цены, себестоимости продукции при орошении и на богаре, себестоимости подачи 1 м³ воды, метеоусловий года и оросительных норм в годы разной обеспеченности и т. д.).

В условиях перевода мелиоративно-водохозяйственного комплекса на платное водопользование оптимизация прибыли от орошения основывается на экономической оценке вариантов по критерию дополнительной чистой прибыли от орошения, которая вычисляется как разница между прибылью при орошении и на богаре за вычетом стоимости оросительной воды:

$$F_3(P) = (C - C_1) f\left(\frac{u_{\text{пр}}^i + \xi}{\omega_j + \xi}\right) Y^{\text{П}} - (C - C_2) f\left(\frac{\xi_j}{\omega_j + \xi_j}\right) Y^{\text{П}} - \lambda_{\text{П}} u_{\text{пр}}^i, \quad (3)$$

где $F_3(P)$ – дополнительная чистая прибыль от орошения, грн./га;

C – закупочные цены, грн./ц;

C_1, C_2 – себестоимость соответственно при орошении и на богаре (без затрат на подачу воды), грн./ц;

$f\left(\frac{u_{\text{пр}}^i + \xi}{\omega_j + \xi}\right), f\left(\frac{\xi_j}{\omega_j + \xi_j}\right)$ – урожайность при орошении и на богаре, долей единиц;

$\omega_j, u_{\text{пр}}$ – значение соответственно текущих (биологически оптимальных) и проектных (водосберегающих) оросительных норм, м³/га;

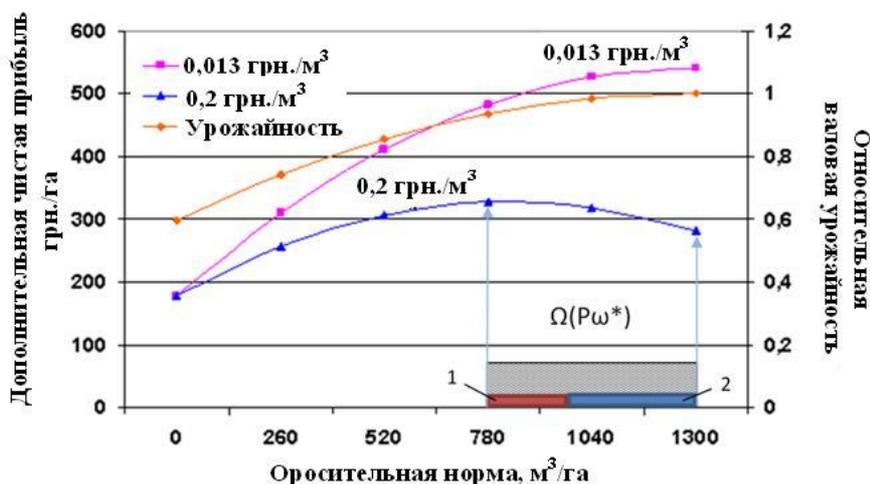
ξ_j – осадки, м³/га;

$Y^{\text{П}}$ – плановая (проектная) урожайность, ц/га;

$\lambda_{\text{П}}$ – тариф (цена 1 м³ воды), грн./м³.

Решения для конкретного года принимаются на основе расчета дополнительной чистой прибыли от орошения и относительной валовой урожайности (рисунок 2). Показан диапазон оросительных норм при биологически оптимальных и водосберегающих режимах орошения. Как видно из графика (рисунок 2), область Парето-оптимальных

значений оросительной нормы находится в пределах 780–1300 м³/га. Для ограничений определяется допустимое значение урожайности, которое находится в области Парето-оптимальных значений оросительной нормы. Единственное значение оросительной нормы составляет 1100 м³/га. При этом экономия водных ресурсов составляет 200 м³/га, то есть снижение составит около 15 % по сравнению с биологически оптимальной нормой 1300 м³/га.



1 – реализация норм при водосберегающих режимах орошения;
2 – реализация норм при биологически оптимальных режимах орошения

Рисунок 2 – Определение области Парето-оптимальных значений оросительных норм по критериям урожайности и дополнительной чистой прибыли при разных ценах на воду для лука репчатого

Метод определения оросительной нормы и величин инфильтрации для расчетного слоя основывается на имитационной модели влагопереноса в грунтах [6]. Модель использует одномерное нелинейное уравнение движения грунтовой влаги, которое описывает насыщенно-ненасыщенный грунтовой поток в неоднородном почвенном профиле [2]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial z} \left[k(z, \theta, \eta_1, \dots, \eta_n) \frac{\partial \Psi(z, \theta, \eta_1, \dots, \eta_n)}{\partial z} - k(z, \theta, \eta_1, \dots, \eta_n) \right] - I_\theta(z, \theta, \eta_1, \dots, \eta_n), \quad (4)$$

где θ – объемная влажность почвы, % объема;

$\Psi(z, \theta, \eta_1, \dots, \eta_n)$ – водный потенциал, кПа или см вод. ст.;

$k(z, \theta, \eta_1, \dots, \eta_n)$ – коэффициент влагопроводности, см/сут;

$I_\theta(z)$ – функция «внутренних источников» влаги;

z – вертикальная координата, см;

τ – время, сут;

η_1, \dots, η_n – параметры (физические свойства почвы послойно).

Реализация имитационного моделирования проводится на основе разработанной информационно-аналитической системы [7], программный комплекс которой позволяет реализовать сценарный анализ поливных режимов в годы различной водообеспеченности, получить величины оросительных норм и значения инфильтрации влаги на различных глубинах за определенный период времени.

Результаты и обсуждение. В связи с повышением средней температуры и аридизацией климата в Институте водных проблем и мелиорации разработаны биологически оптимальные и экономически целесообразные нормы водопотребности и нормы

водоотведения сельскохозяйственных культур при орошении дождеванием. Нормы водопотребности (проектные) разработаны для сухих ($P = 95\%$), среднесухих ($P = 75\%$) и средних ($P = 50\%$) по влагообеспеченности лет (по дефициту водного баланса) для всех областей Украины. Нормы для Харьковской области приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Биологически оптимальные оросительные нормы для Харьковской области

Коэффициент влагообеспеченности	Влагообеспеченность лет (по дефициту водного баланса)					
	95 %	75 %	50 %	95 %	75 %	50 %
	Соя среднеспелая			Люцерна 2-го года		
0,5–0,6	3900	3100	2550	4550	3850	3250
0,6–0,7	3600	3100	2400	4250	3800	2950
	Озимая пшеница			Свекла кормовая		
0,5–0,6	2800	2200	1700	4500	3800	3050
0,6–0,7	2650	2150	1650	4300	3700	2700
	Овес			Кукуруза среднеспелая		
0,5–0,6	2600	1850	1400	4150	3500	2900
0,6–0,7	2250	1850	1300	4150	3150	2550
	Томаты			Капуста белокочанная		
0,5–0,6	3300	2650	2100	3900	3150	2550
0,6–0,7	2950	2550	2100	3600	3100	2400
	Картофель весенней посадки			Подсолнечник		
0,5–0,6	1850	1650	1200	2950	2500	2100
0,6–0,7	1800	1550	1100	2750	2450	2000
	Озимый ячмень			Ячмень яровой		
0,5–0,6	2000	1350	950	3200	2350	1750
0,6–0,7	1900	1200	550	2750	2250	1700
	Рапс яровой			Рапс озимый		
0,5–0,6	1650	1200	650	1500	1100	600
0,6–0,7	1300	950	450	1300	1050	550
	Рожь			Гречиха		
0,5–0,6	2650	1950	1350	1750	1400	1000
0,6–0,7	2400	1750	1300	1650	1250	900

Эксплуатационные нормы водопотребности и водоотведения разрабатываются на основе имитационного моделирования вариантов поливных режимов орошения (биологически оптимальный, водосберегающий I и водосберегающий II) [8]. Моделируется как вариант для сравнения динамика влажности почвы, инфильтрация (или подпитка) в богарных условиях. Информационно-аналитическая система позволяет проводить расчеты для различных культур, типов почв, климатических условий года, близкого или глубокого залегания уровней грунтовых вод [6–8].

Выводы. Разработана и обобщена методология нормирования, которая дает возможность рассчитывать проектные и эксплуатационные нормы водопотребности сельскохозяйственных культур при орошении дождеванием. Это позволило в условиях изменения климата на Украине провести расчеты биологически оптимальных и экономически целесообразных проектных норм водопотребности, а также норм водоотведения по областям для лет 95, 75 и 50%-ной обеспеченности по дефициту водного баланса. Разработанная информационно-аналитическая система позволяет рассчитывать эксплуатационные нормы водопотребления сельскохозяйственных культур для биологически оптимальных и водосберегающих режимов орошения в условиях различных типов почв, погодных условий года, близкого и глубокого залегания уровней грунтовых вод.

Список использованных источников

1 Нормы водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур по природно-климатическим зонам СССР / ЦНИИКИВР. – Минск, 1990.

2 Системная оптимизация водопользования при орошении / П. И. Ковальчук, Н. В. Пендак, В. П. Ковальчук, М. М. Волошин. – Ровно: Редакц.-издат. центр НУВХиП, 2008. – 205 с.

3 Балыхина, А. А. Системное моделирование рисков в платном водопользовании / А. А. Балыхина // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: науч.-практ. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. № 1(57). – С. 192–198.

4 Методические рекомендации по оперативному планированию режимов орошения. – Киев: ИГиМ УААН, ИЗЮР УААН, 2004. – 50 с.

5 Временные районированные нормы водопотребности сельскохозяйственных культур для орошения дождеванием: рекомендации. – Киев: Аграр. наука, 2015. – 24 с.

6 Ковальчук, В. П. Эколого-экономическая оптимизация режимов орошения с учетом качества грунтовых вод / В. П. Ковальчук // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2013. – Вып. 50. – С. 81–88.

7 Информационно-аналитическая система оценки изменения состояния и эффективности систем защиты от подтопления и затопления территорий / П. И. Ковальчук [и др.] // Водное хозяйство Украины. – 2009. – № 6. – С. 52–53.

8 Ковальчук, В. П. Сценарный анализ проектных режимов орошения, норм водопотребления и водоотведения на основе многослойных моделей / В. П. Ковальчук, Т. В. Матяш // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. тр. науч. чтений / под ред. Н. В. Бышова. – Рязань: РГАТУ, 2014. – Вып. 11. – С. 63–68.

УДК 631.674.5:504.064.36

В. В. Бородычев, М. Н. Лытов

Волгоградский филиал Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации, Волгоград, Российская Федерация

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МОНИТОРИНГОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В РЕЖИМЕ «ПОЛИВ»

Цель исследований – дать научное обоснование функциональным мониторинговым комплексам – критериям эффективности эксплуатации дождевальной техники при поливе в режиме реального времени. Методологической основой исследований стало определение перечня критериев эффективности эксплуатации дождевальной техники в режиме «полив» с последующим анализом степени их информативности и возможности использования в общей информационной модели мониторинга работы дождевальной техники. Особенностью исследований стала организация показателей в функциональные комплексы, в которых информативность каждого из критериев дополняет друг друга. На основе совокупности ряда критериев, таких как расширение информационного поля, углубление и детализация информации о работе дождевальной техники в режиме реального времени, исключение дублирования потоков информации, обоснованы комплексы показателей мониторинга работы дождевальной техники, обеспечивающие геопозиционный контроль дождевальной техники, контроль выполнения задания на полив, диагностику работы конструктивных элементов дождевальной техники, контроль экологической безопасности ее работы в режиме реального времени.

Ключевые слова: дождевальная техника, мониторинг, геопозиционный контроль, комплексы показателей, режим реального времени.

Введение. Современной научной общественностью активно ведутся работы по совершенствованию гидромелиоративных систем с учетом новых требований и уровня развития технологий [1–3]. Ключевым направлением совершенствования таких систем является внедрение современных дождевальных машин и установок, которые обеспечивают возможность проведения поливов на полях, имеющих прямые и обратные уклоны, маневрирования поливными нормами в широком диапазоне, от 50 до 900 м³/га, без потерь воды на глубинную фильтрацию, высокую равномерность распределения дождя по поверхности орошаемого участка. Эффективное использование указанных преимуществ может быть обеспечено при наиболее полном согласовании режимов эксплуатации гидромелиоративных систем, биологических особенностей орошаемых культур, природных особенностей региона и агроландшафтной единицы. При этом степень дифференциации динамики этих критериев в пространстве и времени напрямую зависит от эффективности мониторинга исполнительных механизмов системы и требует реализации функции слежения в режиме реального времени. Собственно, возможность мониторинга технологических процессов в режиме реального времени является одной из главных отличительных особенностей гидромелиоративных систем нового поколения [4, 5].

Материалы и методы. Цель исследований – дать научное обоснование комплексам показателей – критериев мониторинга работы дождевальной техники в режиме реального времени. Исследуемым процессом в соответствии с поставленными задачами является процесс осуществления непрерывного контроля выполнения функций дождевальной техникой нового поколения в режиме реального времени. Методологической основой настоящей работы стали основы теории оптимальных и адаптивных систем, принципы координатных систем земледелия, методы функционального анализа в области информационных технологий [6–8]. Для каждого из показателей были определены возможные области применения, степень информативности и возможности использования в общей информационной модели мониторинга работы дождевальной техники. Особенностью исследований является организация показателей в функциональные комплексы, в которых информативность каждого из критериев дополняет друг друга. В таблице 1 приведены результаты анализа сочетания показателей мониторинга работы дождевальной техники с точки зрения получения новой (дополнительной) информации. Таблица 1 организована таким образом, что все анализируемые показатели пересекаются между собой. В случае если контроль одного показателя по виду и объему получаемой информации полностью замещает информативность другого показателя, то в таблице 1 на пересечении этих показателей ставили минус. Если контроль одного показателя по виду и объему получаемой информации дополняет информативность другого показателя или совместный мониторинг показателей позволяет извлечь новую, полезную информацию (синергетический эффект), то в таблице 1 на пересечении этих показателей ставили плюс.

Результаты и обсуждение. Результаты анализа показывают, что глобальное спутниковое позиционирование и глобальное время являются ключевыми показателями мониторинга работы дождевальной машины в режиме реального времени. Сочетание данных глобального спутникового позиционирования, равно как и глобального времени, с любым из приведенных в таблице 1 показателей обеспечивает получение полезной информации. По сути, этим обеспечивается привязка мониторинговых данных к географической и временной позиции дождевальных машин.

Совместный мониторинг давления воды на гидранте или насосе дождевальной машины с давлением на первом аппарате дождевальной машины не имеет практического смысла, так как не несет никакой полезной информации.

Таблица 1 – Комплексы показателей инструментального мониторинга работы дождевальной техники

Наименование показателя	№ показателя	№ показателя по порядку														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	16	18	
Данные глобального спутникового позиционирования	1	X	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Глобальное время	2	+	X	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Давление на гидранте или насосе дождевальной машины	3	+	+	X	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Давление на первом аппарате дождевальной машины	4	+	+	-	X	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Давление на последнем аппарате дождевальной машины	5	+	+	+	+	X	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Расход воды на входе дождевальной машины	6	+	+	+	+	-	X	+	+	+		+	+	+	+	+
Расход воды аппаратом	7	+	+	-	-	-	+	X	-	-	+	+	+	+	+	+
Скорость движения дождевальной машины при поливе	8	+	+	+	+	-	+	-	X	-	+	+	+	+	+	+
Время стояния на позиции (для дождевальной машины позиционного полива)	9	+	+	+	+	-	+	-	-	X	+	+	+	+	+	+
Размер капель дождя	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X	+	+	+	+	+
Образование луж	13	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X	+	+	+	+
Скорость и направление ветра	14	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X	+	+	+
Температура и относительная влажность воздуха	16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X	+	+
Средняя интенсивность дождя с перекрытием	18	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X

В то же время совместный мониторинг давления воды на гидранте (насосе дождевальной машины) с давлением на последнем аппарате дождевальной машины обеспечивает возможность контроля герметичности конструкции, исправности дождевальных аппаратов, изменения проходного сечения или гидравлической шероховатости водоподводящих трубопроводов. В норме разница напоров на гидранте (насосе дождевальной машины) и последнем аппарате не должна превышать конструктивно допустимого падения напора, обусловленного техническими особенностями дождевальной машины:

$$P_0 - P_{\text{П.А.}} \leq \Delta P_{\text{ПР.}}$$

где P_0 – давление воды на гидранте (насосе);

$P_{\text{П.А.}}$ – давление воды на последнем аппарате дождевальной машины;

$\Delta P_{\text{ПР.}}$ – величина конструктивно допустимого падения напора воды в дождевальной машине.

Главным преимуществом совместного контроля давления воды на гидранте (насосе дождевальной машины) и последнем аппарате является простота организации такого рода мониторинга, возможность использования известных технологий и технически несложных измерительных устройств. Недостатком такого мониторинга является размытость получаемой информации.

Возможность измерения расхода воды на входе дождевальной машины в сочетании с контролем давления воды на гидранте (насосе дождевальной машины) позволяет конкретизировать выводы, что соответственно повышает качество извлекаемой информации. В частности, любая дождевальная машина имеет напорно-расходную характеристику, обусловленную комплексом конструктивных особенностей. По изменению этих характеристик можно судить о техническом состоянии дождевальной машины, причем:

- если фактический расход воды на входе дождевальной машины $q_{\text{факт}}$ больше нормативных значений $q_{\text{норм}}$, определенных по давлению воды на гидранте (насосе дождевальной машины) с учетом напорно-расходной характеристики дождевальной машины ($q_{\text{факт}} > q_{\text{норм}}$), то имеет место:

- а) разгерметизация водоподводящего пояса дождевальной машины;
- б) срыв или неисправность конструкции дождевальных аппаратов;
- в) установка (замена) дождевальных аппаратов, не соответствующих конструкции дождевальной машины;

- если фактический расход воды на входе дождевальной машины $q_{\text{факт}}$ меньше нормативных значений $q_{\text{норм}}$, определенных по давлению воды на гидранте (насосе дождевальной машины) с учетом напорно-расходной характеристики дождевальной машины ($q_{\text{факт}} < q_{\text{норм}}$), то имеет место:

- а) изменение проходного сечения водоподводящего пояса трубопроводов;
- б) засорение или неисправность дождевальных аппаратов;
- в) изменение гидравлической шероховатости водоподводящего пояса трубопроводов;
- г) установка (замена) дождевальных аппаратов, не соответствующих конструкции дождевальной машины.

Использование данных мониторинга давления воды в гидранте (насосе дождевальной машины), на последнем аппарате и сведений о расходе воды на входе дождевальной машины позволяет сделать указанные диагностические суждения, а также оценить, являются ли они критическими по уровню падения напора по длине дождевальной машины.

Организация непрерывного мониторинга расхода воды на дождевальных аппаратах вряд ли имеет практический смысл как с технической точки зрения, так и с позиций получения полезной информации. Однако контроль расходно-напорных характеристик дождевальных аппаратов в совокупности с организацией непрерывного мониторинга расхода воды на входе дождевальной машины при известном давлении воды на гидранте (насосе дождевальной машины) позволяет конкретизировать диагностические суждения, за счет чего возрастает полезность извлекаемой информации. В частности:

- если фактический расход воды на входе дождевальной машины $q_{\text{факт}}$ больше нормативных значений $q_{\text{норм}}$, определенных по давлению воды на гидранте (насосе дождевальной машины) с учетом напорно-расходной характеристики дождевальной машины ($q_{\text{факт}} > q_{\text{норм}}$), а расход воды совокупностью аппаратов меньше расхода воды на входе дождевальной машины ($\sum q_{\text{ап}} < q_{\text{факт}}$), то имеет место разгерметизация конструкций дождевальной машины; при $\sum q_{\text{ап}} = q_{\text{факт}}$ аппарат (совокупность аппаратов) неисправен или не соответствует конструкции дождевальной машины;

- если фактический расход воды на входе дождевальной машины $q_{\text{факт}}$ меньше нормативных значений $q_{\text{норм}}$, определенных по давлению воды на гидранте (насосе дождевальной машины) с учетом напорно-расходной характеристики дождевальной машины ($q_{\text{факт}} < q_{\text{норм}}$), а расход воды аппаратом (совокупностью аппаратов) равен нормативным значениям ($q_{\text{ап}} = q_{\text{норм. ап}}$), то имеет место изменение проходного сечения или гидравлической шероховатости водоподводящего трубопровода; при $q_{\text{ап}} < q_{\text{норм. ап}}$ засорен водовыпуск дождевального аппарата.

На практике целесообразно проводить периодический контроль расходно-напорных характеристик дождевальных аппаратов с выбраковкой последних при превышении допустимого уровня отклонений. Результаты контроля в этом случае можно использовать в форме уточненных расходно-напорных характеристик дождевальных аппаратов при проведении анализа данных непрерывного мониторинга.

Контроль скорости движения дождевальной машины при производстве поливов в сочетании с мониторингом давления воды на гидранте (насосе дождевальной машины) при известных расходно-напорных характеристиках позволяет вести дифференцированный учет фактического объема воды, подаваемого по секторам орошаемого участка. Учет колебаний давления воды на гидранте (насосе дождевальной машины) при известной скорости ее движения позволяет отследить отклонения от графика – задания на проведение полива и при необходимости назначить компенсационные мероприятия.

Организация непрерывного мониторинга давления воды на гидранте (насосе дождевальной машины) в сочетании контролем размера капель дождя позволяет оценить критические пороги диапазона рабочих напоров для дождевальной машины по физическим показателям. При этом реализуется возможность учета почвенного покрова орошаемого участка, особенностей растительного покрова, биологических требований орошаемой культуры по фенологическим фазам.

Мониторинг средней интенсивности дождя с перекрытием позволяет оценить опасность образования луж, поверхностного стока и развития ирригационной эрозии. Мониторинг этого показателя в сочетании контролем давления воды на гидранте (насосе дождевальной машины) позволяет детально оценить эту связь для конкретных конфигураций дождевальных машин. Последнее определяет целесообразность периодического измерения интенсивности дождя с перекрытием и оценки ее связи с давлением воды на гидранте (насосе дождевальной машины). Зная интенсивность дождя с пере-

крытиями и досточковую поливную норму при известной интенсивности дождя, можно спрогнозировать образование луж на поверхности орошаемого участка. Однако эти мониторинговые показатели нельзя считать взаимозаменяемыми, поскольку значения интенсивности дождя при разном давлении воды на гидранте (насосе дождевальной машины) могут быть использованы, например, для контроля выполнения графика – задания на полив.

Совместный мониторинг давления воды на первом и последнем аппарате дождевальной машины обеспечивает возможность контроля герметичности конструкции, исправности дождевальных аппаратов, изменения проходного сечения или гидравлической шероховатости водоподводящих трубопроводов. Эту же информацию, но без учета всасывающей линии и водоводов от гидранта (насоса дождевальной машины) до первого дождевального аппарата можно получить и при совместном контроле давления воды на гидранте (насосе дождевальной машины) и последнем ее аппарате. В целом информация, получаемая в результате мониторинга давления воды на первом аппарате дождевальной машины, практически идентична информации, получаемой в результате контроля давления воды на гидранте или насосе дождевальной машины.

Контроль фактического расхода воды на входе дождевальной машины в совокупности с известной скоростью движения машины позволяет оценить отклонения от графика – задания на полив и при необходимости провести компенсационные мероприятия. Для машин позиционного действия, чтобы получить аналогичную мониторинговую информацию, необходима организация контроля фактического расхода воды на входе дождевальной машины и времени стояния на позиции.

Совместный контроль расхода воды на аппарате и скорости движения дождевальной машины при поливе (времени стояния машины на позиции) не имеет практического смысла. В то же время по размеру капель дождя и данным контроля образования луж можно получить дополнительную информацию, уточняющую причины образования луж, что, в свою очередь, позволяет скорректировать компенсационные мероприятия. Размер капель дождя также имеет значение для определения предельных порогов ветровой активности, характеризующих эффективность эксплуатации дождевальной техники. Совместный контроль размера капель дождя и температуры воздуха позволяет уточнить потери дождя на испарение в воздухе, что, безусловно, можно считать полезной информацией.

Выводы. Системный контроль рассматриваемых выше показателей позволяет получить следующую информацию:

- координаты местонахождения дождевальной машины, кинематика и динамика перемещения машины, время стояния машины на позиции;
- информация о нахождении машины в работе, простое или холостом перемещении, контроль соответствия фактических напоров рабочим характеристикам машины, расчетный мониторинг производительности дождевальной машины и параметров выполнения задания на полив;
- общая информация о техническом состоянии конструкций дождевальной машины с оценкой возможности выполнения основных функций (нет отклонений от заявленных технических характеристик, есть отклонения, отклонения критические с точки зрения выполнения технологического процесса);
- инструментальный контроль производительности дождевальной машины с возможностью прямого мониторинга параметров выполнения задания на полив, уточненная диагностика технического состояния дождевальной машины (нет отклонений от заявленных технических характеристик, разгерметизация водоподводящего пояса и других узлов дождевальной машины, изменение проходного сечения или гидравлической шероховатости стенок водоподводящего пояса и других узлов дождевальной машины);

- инструментальный контроль изменения напорно-расходных характеристик дождевальных аппаратов (нет изменений, есть изменения, изменения носят критический характер), уточненная информация о техническом состоянии конструкций дождевальной машины с дифференцированием диагностических суждений (разгерметизация водоподводящего пояса дождевальной машины, изменение проходного сечения или гидравлической шероховатости стенок водоподводящего пояса, неисправность или засорение дождевальных аппаратов);

- физический мониторинг качества дождя с оценкой возможности продолжения полива на основе учета особенностей почвенного и растительного покрова, биологических требований орошаемой культуры по фенологическим фазам, диагностическая информация о причинах снижения качества дождя (снижение давления воды на гидранте, увеличение потерь напора в водоподводящем поясе);

- инструментальный контроль образования луж на поверхности орошаемого участка с прогнозированием возможности формирования поверхностного стока и развития ирригационной эрозии, диагностические суждения о причинах образования луж на поверхности орошаемого участка (превышен допустимый, экологически обоснованный объем водоподачи, в том числе по причине несоответствия скорости движения машины фактическому расходу воды при колебаниях давления воды на гидранте, а также по причине превышения времени стояния дождевальной машины на позиции, ухудшение качества дождя, наличие почвенных комплексов).

Список использованных источников

1 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография: в 2 ч. / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – Новочеркасск: Геликон, 2013.

2 Ольгаренко, Г. В. Научно-методические рекомендации по проектированию и эксплуатации оросительных систем при дождевании на агроландшафтах различной топографии / Г. В. Ольгаренко, А. А. Алдошкин. – М.: Росинформагротех, 2011. – 111 с.

3 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.

4 Бородычев, В. В. К вопросу об организации комплексного мониторинга работы дождевальной техники в режиме реального времени / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Проблемы управления водными и земельными ресурсами: материалы междунар. науч. форума. – М.: РГАУ – МСХА, 2015. – С. 287–295.

5 Бородычев, В. В. Экспериментальное устройство мониторинга работы дождевальной техники в режиме реального времени / В. В. Бородычев, Е. Э. Головинов, М. Н. Лытов // Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. – Рязань: РГАТУ, 2016. – С. 9–13.

6 Михайленко, И. М. Управление системами точного земледелия / И. М. Михайленко. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2005. – 233 с.

7 Александров, А. Г. Оптимальные и адаптивные системы / А. Г. Александров. – М.: Высш. шк., 1989. – 263 с.

8 Андреев, В. К. Вопросы прикладного функционального анализа / В. К. Андреев. – Красноярск: КрасГУ, 2007. – 128 с.

УДК 634.11

В. И. Кременской, Н. М. ИванютинНаучно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь,
Российская Федерация**ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ЛОКАЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ
НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ОБРАСТАНИЕ
УВЛАЖНИТЕЛЕЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ЯБЛОНИ**

Целью исследований является изучение влияния локальных способов полива на характер развития и распределения корневой системы яблони, а также обрастание увлажнителей. Исследование корневой системы деревьев яблони производили методом монолита. Для этого отбирались модульные деревья на каждой клетке сада на основании замеров штамбов. В результате исследований установлено, что корневая система 23-летних деревьев яблони во всех вариантах освоила всю площадь питания $4,0 \times 2,5$ м до глубины 1,0 м. С увеличением объема увлажнения площади питания дерева возрастала длина и масса обрастающих корней. Корни располагались параллельно увлажнителю на полиэтиленовой пленке.

Ключевые слова: корневая система, яблоня, внутрипочвенное орошение, капельное орошение, длина и масса корней, обрастание увлажнителей.

Введение. В Республике Крым в 2014 г. было в наличии 11,4 тыс. га плодово-ягодных насаждений, из которых семечковых садов – 5,4 тыс. га, косточковых – 4,5 тыс. га, орехоплодных – 0,8 тыс. га, субтропических культур – около 23 га. Капельным способом орошалось около 4 тыс. га, в основном это были яблоневые сады.

Развитие промышленного садоводства в Крыму связано с закладкой новых насаждений, орошаемых локальными способами полива: капельным, внутрипочвенным, микрождеванием. Строение и размещение корневой системы плодовых культур зависит от самой культуры, водно-физических свойств почвы, питательного и водного режимов, объема увлажнения почвы и способов полива. Корневая система дерева воздействует на надземную часть и продуктивность дерева.

Влияние орошения и микроорошения на развитие корневой системы плодового дерева изучали Б. В. Безолюк [1], В. И. Водяницкий [2], Л. В. Григорьева [3], В. А. Колесников [4], В. И. Кременской [5, 6], В. Н. Сторчоус [7] и др. Однако влияние способов полива на характер развития и распределения корневой системы плодовых культур пока исследовано недостаточно. Изучение данного вопроса будет способствовать повышению эффективности технологии выращивания плодовых культур при локальных способах орошения.

Условия проведения исследований. Исследования проводились в опытном экспериментальном хозяйстве «Крым» Научно-исследовательского института сельского хозяйства Крыма в селе Желябовка Нижнегорского района Республики Крым (ранее опытно-мелиоративная станция Крымского филиала ИГиМ). В 1978 г. на площади 7 га еще до посадки сада была построена система внутрипочвенного и капельного орошения. Осенью того же года были высажены деревья сортов Голден Делишес, Ренет Симиренко, Старк, Банан. Схема посадки – $4,0 \times 2,5$ м, подвой – М-IX.

Почвенный покров сада представлен лугово-черноземными карбонатными тяжелосуглинистыми почвами на желто-буром лессовидном суглинке. Мощность гумусового горизонта – 0,6–0,8 м, содержание гумуса – 1,30–2,85 %. Плотность почвы в метровом слое – $2,67 \text{ г/см}^3$, объемная масса – $1,35 \text{ г/см}^3$. Общая скважность верхних горизонтов – 47–55 %. Наименьшая влагоемкость в верхнем полуметровом слое – 29–32 % от веса сухой почвы, в другом полуметровом горизонте снижается до 24–28 %. Расчет-

ный режим пальметтного сада установлен на уровне 75 % наименьшей влагоемкости.

Методика исследований. Изучение корневой системы деревьев яблони сорта Голден Делишес на подвое М-IX производили методом монолита. Для этого отбирали модульные деревья на каждой клетке сада на основании замеров штамбов.

Раскапывалась половина корневой системы ($4,0 \times 1,25$ м) на глубину 1,0 м по секторам через 0,5 м. В глубину раскапывали через 0,2 м. Отбирались монолиты прямоугольной формы размером $0,50 \times 1,25 \times 0,20$ м. По каждому дереву взято 40 образцов. Корни распределяли по диаметрам: обрастающие – до 1, 1–3 мм и скелетные – 3–5, 5–10, более 10 мм. Отобранные корни распределяли по диаметрам, затем измеряли их длину и определяли их массу в воздушно-сухом состоянии. Полученные данные обрабатывались и систематизировались.

Изучалось влияние внутрипочвенного и капельного способов локального полива с разными объемами увлажнения почвогрунта на рост, развитие и размещение корневой системы яблони на подвое М-IX и обрастание увлажнителей. Схема опытов включала:

- вариант 1. Внутрипочвенное орошение с одним керамическим увлажнителем справа от ряда деревьев на расстоянии 0,75 м. Объем увлажнения – 30 % от площади питания дерева;

- вариант 2. Внутрипочвенное орошение с двумя керамическими увлажнителями – справа и слева на расстоянии 0,75 м от ряда деревьев. Объем увлажнения – 60 % от площади питания дерева;

- вариант 3. Внутрипочвенное орошение с тремя керамическими увлажнителями – справа, слева и в середине междурядья. Объем увлажнения – 80 % от площади питания дерева;

- вариант 4. Внутрипочвенное орошение с одним увлажнителем из полиэтиленовой перфорированной трубки диаметром 20 мм с шагом 0,35 м справа от ряда деревьев. Объем увлажнения – 20 % от площади питания дерева;

- вариант 4А. Внутрипочвенное орошение с двумя увлажнителями из полиэтиленовой перфорированной трубки диаметром 20 мм справа и слева на расстоянии 0,75 м от ряда деревьев. Объем увлажнения – 36 % от площади питания дерева;

- вариант 5. Капельное орошение с установкой одной капельницы возле штамба дерева с расходом 10–12 л/ч. Объем увлажнения – 25,4 % от площади питания дерева.

Результаты исследований. В результате исследований установлено, что корневая система 23-летних деревьев яблони сорта Голден Делишес на подвое М-IX во всех вариантах освоила всю площадь питания $4,0 \times 2,5$ м до глубины 1,0 м (таблица 1).

Таблица 1 – Структура корневой системы яблони сорта Голден Делишес на подвое М-IX в вариантах орошения

Вариант	Единица измерения	Обрастающие корни			Скелетные корни				Всего
		> 1 мм	1–3 мм	сум-ма	3–5 мм	5–10 мм	> 10 мм	сум-ма	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	м	548	278	826	61	34	15	110	936
	г	210	489	699	371	672	1710	2753	3452
	%	59	30	88	7	4	2	12	100
	%	6	14	20	11	19	50	80	100
2	м	1282	318	1600	59	39	11	109	1709
	г	425	621	1046	432	714	1740	2886	3932
	%	75	19	94	3	2	1	6	100
	%	11	16	27	11	18	44	73	100

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	м	1288	315	1603	92	36	9	137	1740
	г	385	597	982	641	647	1121	2409	3391
	%	74	18	92	5	2	1	8	100
	%	11	18	29	19	19	33	71	100
4	м	565	284	849	78	34	12	124	973
	г	223	498	721	466	568	1083	2117	2838
	%	58	29	87	8	3	1	13	100
	%	8	18	25	16	20	38	75	100
4А	м	740	300	1040	66	30	12	108	1148
	г	333	580	913	363	535	1430	2328	3241
	%	64	26	91	6	3	1	9	100
	%	10	18	28	11	17	44	72	100
5	м	749	366	1115	67	37	16	120	1235
	г	345	570	915	441	594	1641	2676	3591
	%	61	30	90	5	3	1	10	100
	%	10	16	25	12	17	46	75	100

Наибольшая масса половины корневой системы дерева Голден Делишес (3,93 кг) отмечена при поливе двумя увлажнителями из керамических трубок, расположенных слева и справа от штамба дерева (рисунок 1), протяженность корневой системы – 1,71 км.



Рисунок 1 – Раскопка корневой системы деревьев яблони до глубины закладки увлажнителей

В варианте 3 при устройстве трех увлажнителей масса корневой системы составила 3,39 кг, что на 16 % меньше, чем в варианте 2, а протяженность здесь была на 2 % больше (1,74 км). Длина обрастающих корней по этим вариантам одинаковая – 1,6 км.

При капельном поливе длина половины корневой системы составила 1,24 км, а масса – 3,59 кг.

Наименьшая протяженность корневой системы выявлена при внутрпочвенном орошении с одним увлажнителем (0,94 км), так как увлажнитель уложен на глубине 0,76 м, что ниже гумусового горизонта.

При наименьшем объеме увлажнения 20 % одним увлажнителем из перфорированной полиэтиленовой трубки диаметром 20 мм корневая система менее развита и имеет массу 2,84 кг и протяженность 0,97 км. Обрастающие корни составляют по массе 0,85 кг, по протяженности – 0,72 км.

Из проведенных исследований видно, что 87–94 % от всей длины корневой системы составляют обрастающие корни диаметром до 3,0 мм во всех вариантах опыта, а по массе – 20–29 %.

Полив в большей степени влияет на обрастающие корни, повышение площади увлажнения способствует увеличению обрастающих корней. С увеличением объема увлажнения площади питания дерева возрастает длина и масса обрастающих корней.

Основная масса корней при внутрпочвенном орошении размещена в горизонте 0,2–0,8 м, по длине она составляет 81–88 %, а по массе – 71–94 %. Доля обрастающих корней в данном горизонте равна по длине 80–88 % и по массе 80–89 % от всей корневой системы в среднем по всем вариантам. При капельном поливе в горизонте 0,6 м располагается 81 % корневой системы по длине и 74 % по массе, обрастающих корней в этом горизонте – 79 % по длине и массе.

Было установлено, что вокруг увлажнителя плотность корневой массы значительно больше. Корни располагались параллельно увлажнителю на полиэтиленовой пленке и проникали иногда под пленку, однако закупорки водовыпусков не наблюдалось.

По горизонтам почвы на площади питания дерева насыщенность корнями была разнообразной. В горизонте почвы, где расположен увлажнитель, наблюдалась наибольшая протяженность обрастающих корней.

Для выявления работоспособности увлажнителей проведены их раскопки, изучено обрастание их корнями деревьев и содержание осадка в увлажнителе. Непосредственно вокруг увлажнителя плотность корневой массы значительно увеличена. Корни располагались параллельно увлажнителю на полиэтиленовой пленке, и имелись случаи проникновения корней под пленку, однако случаев забивки водовыпусков увлажнителя не обнаружено.

Для выявления заиливания увлажнителей проводились раскопки в трех местах: начале, середине и конце – длиной 1 м. В полиэтиленовых увлажнителях по всему периметру имелся светло-серый налет, а количество осадка было незначительное (до 5,5 г/пог. м). В керамических увлажнителях (первых от распределительного колодца) имел место слой осадка от 3 до 25 г/пог. м в связи с попаданием почвы в колодец при сельскохозяйственных работах, так как они открыты и расположены на уровне почвы. Заиливания и забивки корнями увлажнителей не обнаружено. Для предотвращения попадания земли в колодцы необходимо располагать их выше поверхности почвы и закрывать люками.

На рисунке 2 представлены фото обрастания корнями деревьев яблони увлажнителей различной конструкции.



а



б



в

Рисунок 2 – Обрастание корнями деревьев яблони увлажнителей из керамических трубок с экраном из полиэтиленовой пленки

Выводы

1 Корневая система 23-летних деревьев яблони сорта Годен Делишес на подвое М-IX во всех вариантах освоила всю площадь питания $4,0 \times 2,5$ м до глубины 1,0 м.

2 Наибольшая протяженность корневой системы и ее масса отмечены при внутрипочвенном поливе двумя и тремя увлажнителями.

3 Обрастающие корни диаметром до 3,0 мм составляли 87–94 % от всей протяженности корневой системы во всех вариантах, что по массе равно 20–29 %.

4 С увеличением объема увлажнения площади питания дерева возрастала длина и масса обрастающих корней.

5 Корни располагались параллельно увлажнителю на полиэтиленовой пленке, и имелись случаи проникновения корней под пленку, однако случаев забивки водовыпусков увлажнителя не обнаружено.

Список использованных источников

1 Безолук, Б. В. Архитектоника корневой системы яблони в зависимости от режима капельного орошения / Б. В. Безолук, Б. В. Пупов // Садоводство, виноградарство, виноделие Молдавии. – 1991. – № 2. – С. 20–22.

2 Водяницкий, В. И. Корневая система яблони при орошении / В. И. Водяницкий, М. Н. Горбач // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. – 1981. – № 12. – С. 21–22.

3 Григорьева, Л. В. Урожай и архитектура корневой системы деревьев яблони в саду разной плотности посадки / Л. В. Григорьева, А. А. Балашов // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2. – С. 76–79.

4 Колесников, В. А. Корневая система плодовых и ягодных растений и методы ее изучения / В. А. Колесников. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 190 с.

5 Кременской, В. И. Характер развития и распределения корневой системы яблони при внутрпочвенном орошении / В. И. Кременской // Вестник аграрной науки. – 1996. – № 9. – С. 32–36.

6 Кременской, В. И. Развитие корневой системы яблони на подвое М-9 при локальном увлажнении / В. И. Кременской, Т. О. Вислобокова // Инновационные технологии в сельском хозяйстве: материалы междунар. науч. конф. – М., 2015. – С. 15–19.

7 Сторчоус, В. Н. Архитектоника корневой системы яблони в зависимости от объема локального увлажнения / В. Н. Сторчоус, В. И. Кременской, Т. О. Вислобокова // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет» / Серия: Сельскохозяйственные науки. – 2014. – № 161. – С. 102–108.

УДК 631.674.6

Э. Э. Сейтумеров

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь,
Российская Федерация

РАЗВИТИЕ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ В КРЫМУ

В задачу отрасли овощеводства, виноградарства и садоводства Крыма входит стабильное снабжение населения городов и курортных зон региона свежими овощами, бахчевыми культурами, картофелем и фруктами собственного производства в соответствии с рекомендуемыми нормами потребления, повышение урожайности и расширение ассортимента культур, снижение себестоимости и повышение качества плодово-овощной продукции, обеспечение сырьем перерабатывающей промышленности. Для решения задач стабильного обеспечения населения Крыма и отдыхающих сельхозпродукцией в настоящий момент и на перспективу необходимо дальнейшее повышение эффективности использования орошаемых земель. Но для этого требуется комплексное решение проблемы рационального использования водных ресурсов, уменьшение зависимости выращивания сельскохозяйственных культур от неблагоприятных погодных условий.

Ключевые слова: водоснабжение, орошение, капельный полив, поливная норма, поливные трубопроводы, поливная вода, урожайность.

Дефицит пресной воды был самой острой проблемой в Крыму всегда. В последние годы на полуострове сложилась критическая ситуация с водоснабжением отдельных городов, а также с организацией орошения и полива сельскохозяйственных культур.

Северо-Крымский канал, который подавал на полуостров днепровскую воду, необходимую для нужд населения и полива сельскохозяйственных культур, официально

прекратил функционировать в мае 2014 г. По данным Госкомводхоза Крыма, в 2014 г. в Крыму произошло сокращение поливных земель в 7,6 раза по сравнению с прошлым годом, их площадь составила 17,7 тыс. га, а в 2015 г. снизилась до 10,1 тыс. га. Площади, орошаемые дождеванием, сократились в 14,5 раза и в 2014, 2015 гг. составили соответственно 5,4 и 1,2 тыс. га, а поверхностным поливом по бороздам и полосам поливалось 6,9 и 2,7 тыс. га [1]. Эффективность использования крымских земель упала в 3–4 раза. С учетом засушливого климата полуострова альтернативы развитию орошаемого земледелия, по мнению многих экспертов, нет. В сложившейся ситуации (острого дефицита водных ресурсов) внедрение капельного орошения является альтернативой существующему орошаемому земледелию – энергоемкому, капиталоемкому, разрушенному, морально и физически устаревшему.

К концу 2013 г. в Крыму капельным способом орошалось около 14,5 тыс. га. Площадь ежегодно увеличивалась примерно на 10 процентов, однако в 2014 г. из-за отсутствия днепровской воды она уменьшилась почти в 2,7 раза и составила 5,4 тыс. га, а в 2015 г. – до 3,5 тыс. га.

Более 30 лет сотрудниками Института гидротехники и мелиорации (В. Н. Строчоусом, В. И. Кременским и др.) проводились исследования элементов технологии микроорошения садов, виноградников и овощных культур в различных почвенно-климатических условиях Крыма [2–4]. Целью исследований являлось изучение режимов орошения садов, виноградников и овощных культур в условиях Крыма при капельном способе полива. Изучались сроки и нормы поливов, характер иссушения и увлажнения почвы, водопотребление и продуктивность этих культур в различные по погодным условиям годы. Исследования проводились на опытных участках в хозяйствах Нижнегорского, Симферопольского, Бахчисарайского, Раздольненского, Сакского районов Крыма. Управление режимами орошения осуществлялось по показаниям влажности почвы, определяемой с помощью тензиометров. Поливные нормы рассчитывались исходя из дефицита влаги в активном корнеобитаемом объеме почвы с учетом локального ее увлажнения. Все учеты и наблюдения на опытных участках проводились по существующим общепринятым методикам [5].

Определено, что применение капельного орошения в насаждениях яблони, груши и винограда с поддержанием предполивной влажности почвы 70 % НВ дает возможность формировать на протяжении вегетационного периода самый благоприятный водный режим. В насаждениях персика и овощных культур оптимальная влажность почвы – 80 % НВ. Установлено, что наиболее интенсивно влагозапасы используются овощными культурами в слое почвы 0–40 см, плодовыми культурами и виноградом – в слое 30–70 см.

Выявлено, что поливные трубопроводы с интегрированными водовыпусками обеспечивали более высокую равномерность полива, чем с тупиковыми капельницами. В процессе исследований было установлено, что в интенсивных садах у слаброслых деревьев основная масса корней располагается в приштамбовой зоне диаметром 1,5 м до глубины 0,6–0,8 м. В уплотненных посадках корни соседних деревьев переплетаются, образуя единую корнеобитаемую зону в виде полосы. Иссушение почвы происходит в приштамбовой зоне радиусом 0,6–0,8 м до глубины 0,5–0,6 м в молодых виноградниках и садах и до 0,7–0,8 м в плодоносящих, а у овощных культур – до 0,2–0,4 м. Интенсивность иссушения почвы неравномерна по профилю. Наиболее интенсивно иссушаются верхние слои почвы до глубины 0,5 м. В молодых садах в различные по гидротермическим показателям годы требуется проведение 10–16 поливов средней поливной нормой 70 м³/га. Оросительные нормы при этом варьируют от 700 до 1120 м³/га.

В семечковом саду с сортами летнего срока созревания в различные по погодным условиям годы требуется проведение 6–12 поливов средней поливной нормой

170 м³/га при оросительных нормах 1020–2040 м³/га. В семечковом саду с сортами осенне-зимнего срока созревания в связи с более продолжительным периодом формирования урожая количество поливов увеличивается до 8–14 при такой же поливной норме 170 м³/га, оросительные нормы при этом возрастают до 1360–2380 м³/га.

Косточковые культуры отличаются от семечковых более коротким периодом формирования плодов и более ранними сроками их созревания. Многие ученые считают, что косточковые культуры менее требовательны к орошению, чем семечковые. Для поддержания рационального режима влажности почвы в плодоносящем косточковом саду достаточно проводить 5–10 поливов поливной нормой 170 м³/га при оросительной норме 850 м³/га во влажный год и 1700 м³/га в засушливый. Для обеспечения высокой продуктивности овощных культур требуется в зависимости от культуры и года выращивания от 7 до 25 поливов оросительной нормой 1200–2400 м³/га.

При полосном увлажнении плодового сада с смонтированными интегрированными водовыпусками урожайность деревьев яблони Ренет Симиренко выше, чем урожайность при локальном увлажнении одной или двумя капельницами. Так, наивысшая урожайность (228,9 ц/га) получена на участках, где размещены поливные трубопроводы RAM израильской компании Netafim, с расходом воды водовыпусками 1,6 л/ч и расстоянием между водовыпусками 0,5 м. При локальном поливе одной или двумя капельницами урожайность была на 24–30 % ниже и составляла 175,2 и 184,4 ц/га. Установлено, что причиной снижения работоспособности поливных трубопроводов, в том числе капельных водовыпусков, являлся комплекс факторов, как природных, так и антропогенных, основными из которых были качество поливной воды, несоблюдение эксплуатационных режимов фильтрации и промывки системы (периодичности, частоты, нормы), качество удобрений, используемых для фертигации [6].

Разработка правил эксплуатации поливных трубопроводов должна быть индивидуальной для каждой системы капельного орошения, технологии выращивания культуры, для отдельного поля (с учетом качества поливной воды, свойств почв, погодных условий, состава вносимых удобрений и т. д.). Выполнение таких работ должно осуществляться специалистами, имеющими подкрепленный научными знаниями опыт работы с системами капельного орошения. Крымские аграрии успели оценить выгоду от систем капельного полива: поля картофеля, других овощных культур, сады, виноградники, ягодники и зерновые дают более высокий урожай, который не зависит от изменения количества осадков.

В большинстве специализированных хозяйств при капельном орошении применяются инновационные и самые перспективные технологии и типы насаждений (контроль за влагозапасами, внесение с поливной водой удобрений, суперинтенсивные формирования и др.). Результаты научных исследований и практический опыт работы хозяйств показывают высокую эффективность капельного орошения. Так, урожайность при капельном орошении яблони составляла 220–650 ц/га, винограда – 70–140 ц/га, овощей (томатов, лука) – более 1000 ц/га. По многолетним наблюдениям, прибавка урожая при капельном орошении по сравнению с дождеванием достигает на плодовых породах и виноградниках 20–40 %, на овощных культурах – 50–80 % и более, при этом овощи созревают на 5–10 дней раньше обычного срока. При достаточном водоснабжении Крым может дать до 1 млн т ценных южных плодов.

Правильно подобранные элементы техники полива позволяют рационально расходовать поливную воду, электроэнергию, эффективно использовать земли и обеспечивают высокую продуктивность насаждений [7].

Выводы. Закладка новых насаждений плодовых культур и винограда, а также посадка овощных культур в Крыму должна осуществляться только с системами орошения, и в основном при капельном способе полива. Учитывая специфику водопотребле-

ния овощных, плодовых культур и винограда, а также особенности капельного орошения, можно утверждать, что одним из наиболее простых и точных методов определения сроков полива является тензиометрический. Неправильно назначенный режим орошения на промышленных площадях приводит к миллионным убыткам.

Микроорошение позволяет оптимизировать водный режим почвы в интенсивных садах, виноградниках и на полях овощных культур, обеспечивая подачу воды в активную корнеобитаемую зону почвы наилучшими нормами в наиболее благоприятные сроки с экономией воды по сравнению с другими способами полива 1,5–3,0 раза и более.

Список использованных источников

1 Современное состояние и перспективы развития капельного орошения в Республике Крым / Э. Э. Сейтумеров, В. И. Кременской, Т. О. Вислобокова, С. В. Подошова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: науч.-практ. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. № 2(58). – С. 120–126.

2 Сторчоус, В. Н. Результаты исследований плодовых культур и винограда при капельном орошении в Крыму / В. Н. Сторчоус // Научные труды КАТУ. Сельскохозяйственные науки. – Симферополь, 2005. – Вып. 90. – С. 187–193.

3 Сторчоус, В. Н. Капельное орошение – резерв экономии воды при выращивании винограда, плодовых и овощных культур в Крыму / В. Н. Сторчоус // Научные труды КАТУ. Сельскохозяйственные науки. – Симферополь, 2014. – Вып. 161. – С. 148–153.

4 Сторчоус, В. Н. Состояние виноградарства и перспектива его развития в Крыму / В. Н. Сторчоус, Э. Э. Сейтумеров, В. П. Руднев // Сборник статей Международной научно-практической конференции 13 июня 2015 г. – Уфа: ОМЕГА САЙНС, 2015. – С. 58–60.

5 Марков, Ю. А. Программа и методика исследований по орошению плодовых и ягодных культур / Ю. А. Марков; М-во плодоовощного хоз-ва СССР, ВНИИС им. И. В. Мичурина. – Мичуринск, 1985. – 116 с.

6 Сторчоус, В. Н. Распределение оросительной воды различными типами водовыпусков по длине поливных трубопроводов и на модуле системы капельного орошения / В. Н. Сторчоус, В. И. Кременской, И. Н. Софроний // Строительство и техногенная безопасность: сб. науч. тр. – Симферополь: НАПКС, 2008. – Вып. 24–25. – С. 173–177.

7 Волкова, Н. Е. Внедрение водосберегающих способов полива – основа устойчивого развития орошаемого земледелия Республики Крым / Н. Е. Волкова, Э. Э. Сейтумеров, В. В. Попович // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: науч.-практ. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. № 2(58) – С. 93–98.

УДК 631.674.6:634.11

А. Н. Рыжаков

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫМ РЕШЕНИЯМ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ЯБЛОНИ

В статье рассмотрено многообразие условий произрастания древесных растений и факторов, влияющих на планово-пространственное распространение отдельных корней, их форму и удаление их окончаний от штамба. Цель исследования – выделить и рассмотреть отдельные, наиболее общие и характерные особенности планового распространения корневых систем яблони, позволяющие с определенной степенью точности прогнозировать их пространственно-геометрические параметры, и в частности осредненную удаленность их границ от штамба растения. Установлено, что при размещении яблоневого растения и соседствующих с ним объектов и субъектов необхо-

димо обеспечить требуемое для него жизненное пространство и условия для функционирования надземной и подземной частей, а конфигурация выделяемой зоны питания растения должна обеспечить возможности для симметричного расположения корней. При вынужденном по разным обстоятельствам применении асимметричных схем показатель асимметричности соотношения размеров сторон зоны питания желательнее ограничить величиной, не превышающей 1,4–1,5. В настоящее время приемы управления развитием корневых систем яблони используются недостаточно. В реальной практике имеются различные примеры увязки формы и размеров выделенной растению зоны питания с расположением в ее пределах капельных микроводовыпусков, но отработанный алгоритм выбора определенного компоновочного решения сети отсутствует.

Ключевые слова: корневая система, системы локального орошения, яблоня, площадь питания, схема посадки, средняя удаленность корней, гидротропизм.

Введение. Площадь и конфигурация околодревесного пространства, в пределах которого располагается основная часть корневой системы, определяют необходимую площадь и форму участка (зоны) орошения яблоневого растения. Количество и взаимное плановое расположение капельных микроводовыпусков в общем случае зависят от площади и формы зоны сосредоточения основной части корневой системы яблони и плановых размеров единичного контура увлажнения, формируемого в подкапельном почвенном пространстве.

Для разработки рациональных и высокоэффективных систем локального (надземного, наземно- и подземно-капельного) орошения и их качественной эксплуатации необходимы знания в области размещения в почвогрунтовой среде (геометрии) основной части корней корневой системы различных сортов и видов яблоневых растений на всех этапах их жизненного цикла в определенных природно-климатических условиях их произрастания.

Расположение корневой системы древесных растений определяется местонахождением отдельных формирующих ее корней в почвенном пространстве. В зависимости от ряда обстоятельств плановое расположение отдельных корней и корневых систем яблони в целом отличается широким многообразием форм. В подавляющем большинстве случаев форма корневой системы в плане (горизонтальная проекция корневой системы растений) асимметрична, характеризуется разным удалением отдельных корней от штамба и весьма извилистым контуром, ограничивающим окончания корней. Возможное планово-пространственное распространение отдельных корней, их форма и удаление их окончаний от штамба дерева зависят от воздействия ряда экзогенных (в меньшей степени) и эндогенных (в большей степени) факторов произрастания растений и их взаимных сочетаний и труднопрогнозируемы. Значительной изменчивостью отличается протяженность корней, их пространственная направленность, удаленность от штамба, форма и размеры многочисленных корневых ответвлений. Многообразие условий произрастания и факторов влияния затрудняет прогнозирование плановых форм корневых систем и определение их геометрических параметров. И при всем при этом накопленный банк данных о корневых системах дает возможность выделять и рассматривать отдельные, наиболее общие и характерные особенности планового распространения корневых систем яблони, позволяющие с определенной степенью точности прогнозировать их пространственно-геометрические параметры, и в частности среднюю удаленность их границ от штамба растения [1].

В реальных условиях форма и плановые размеры корневых систем яблони в целом, размеры и направленность (пространственная ориентация) распространения отдельных горизонтальных корней определяются совокупностью экзо- и эндогенных факторов и зависят от генетических свойств и особенностей растений (их сортов и пород, видов привоев и подвоев, возраста); природных условий (почвенных, климатических, гидро-

геологических, фенологических, рельефных); антропогенных (искусственно создаваемых или регулируемых человеком, мелиоративных, агротехнических, ограничительных). Достаточно полный и точный учет всех факторов влияния на форму и параметры корневой системы яблони в настоящее время не представляется возможным, но некоторые из них могут быть рассмотрены и в определенной степени учтены при расчетах и прогнозировании удаленности отдельных корневых ветвей растения от штамба [2].

Среди антропогенных ограничительных факторов (на уровне обстоятельств «непреодолимой силы») – устройство в пределах возможного распространения корневых систем (корней) растения непреодолеваемых заграждений (например, стенок из плотных материалов – фундаментов), уплотненных грунтовых дорог, каналов и других непреодолеваемых или трудно преодолеваемых препятствий, а также посадки (наличие) других растений. Наличие таких ограничений в пределах возможного распространения горизонтальных корней приводит к адекватной трансформации формы (конфигурации) и размеров корневой системы в других направлениях почвенного пространства (рисунки 1 и 2).

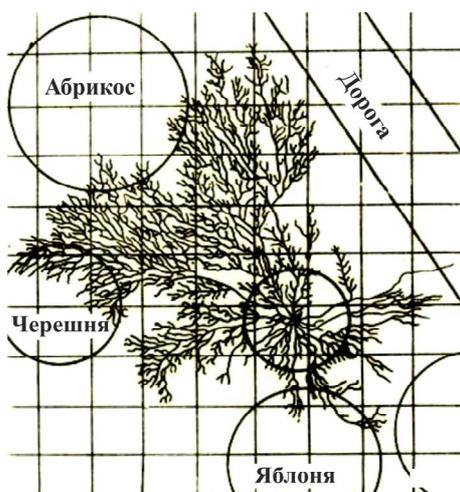


Рисунок 1 – Плановая схема расположения корней корневой системы яблони [подвой – лесная яблоня, привой – Кандиль синап (12 лет)], произрастающей в Крыму при наличии различных ограничений для развития отдельных корневых ветвей растения (по В. А. Колесникову, 1974 [3])

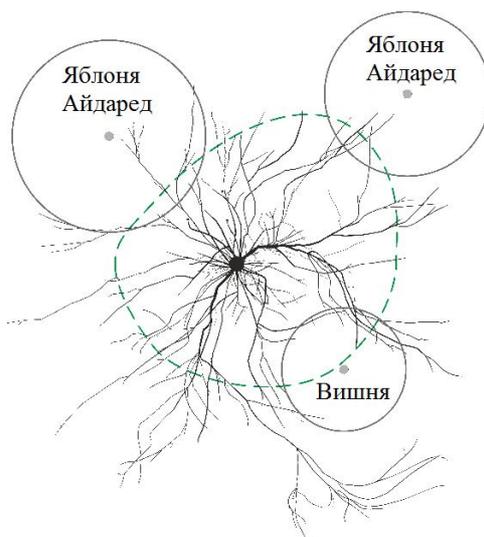


Рисунок 2 – Схема расположения яблони сорта Айдаред (18 лет) и соседствующих растений в саду, произрастающих в Ростовской области (по А. Н. Рыжакову, 2014)

Значительное влияние на плано-пространственное расположение (распространение и развитие) отдельных корней и корневых систем яблони оказывают мелиоративные мероприятия (орошение, внесение удобрений-мелиорантов, глубокое рыхление) [3], позволяющие (при прочих равных условиях) управлять ростовыми и пространственно-ориентационными процессами развития подземной части растительных организмов.

Материалы и методы. Среди агротехнических мероприятий наиболее значимыми являются выбор схемы посадки растений, характер использования потенциально или фактически освоенного корнями растения земельного участка и режим ухода за ним.

В реальных условиях при проектировании садов (садовых участков) и размещении составляющих их древесных, кустарниковых и травянистых культур интенсивно выделяются определенные площади питания для отдельных растений, которые в зависимости от их прогнозируемых размеров и вида могут составлять от 1 до 64 м² и более. В соответствии с принятой площадью питания назначается ширина междурядий и расстояние между растениями в ряду. При этом используются различные варианты (схемы) и соотношения между этими расстояниями (1,0 × 1,0; 1,2 × 0,8; 1,5 × 1,0; 2,0 × 2,0; 3,0 × 2,0; 4,0 × 3,0; 6,0 × 4,0; 6,0 × 6,0; 8,0 × 4,0; 8,0 × 8,0 м и др.).

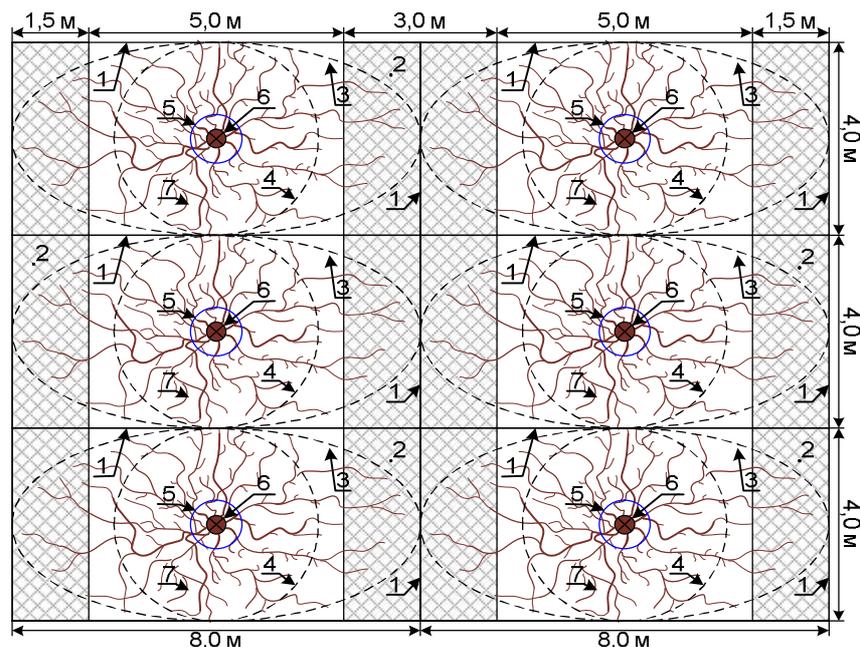
Отметим, что вопросы оптимизации схем посадки яблоневых растений исследовались неоднократно и продолжают изучаться в настоящее время [4–7]. Выбор схемы посадки растений зависит от ряда биотических и абиотических факторов и условий. Так, исходя из условий проведения агротехнических работ, чаще всего ширину междурядий принимают с учетом необходимости обеспечения проезда техники. При этом расстояния между древесными растениями в ряду, как правило, принимаются меньшими расстояниями между их рядами [8].

Принятые квадратная (реже) и прямоугольная разносторонняя (чаще) схемы расположения выделяемых садовому растению зон питания в реальных условиях могут осваиваться им как в полной мере, так и частично. При этом возможны случаи, когда выделенный растению участок по форме и площади может не устраивать растение, несмотря на высокий уровень пластичности его корневой системы. Чаще всего предполагается большее распространение корней растений в междурядовое пространство и меньшее – в сторону соседствующих растений в ряду. Указанное предположение о форме планового расположения корневой системы в пределах выделяемой растению зоны питания относится к разряду недостаточно обоснованных, и такая форма не всегда наблюдается в реальных условиях [2].

Выделяемая растениям площадь питания предполагает наличие в пределах этого пространства соответствующего и достаточного для их роста, развития и плодоношения количества элементов питания и влаги, а следовательно, допускает возможность зоны внесения удобрений и области естественного и искусственного увлажнения почвенного пространства. Эти обстоятельства определяют необходимость установления зон внесения удобрений и зон искусственного увлажнения. Особенно актуально решение данной задачи при использовании локальных технологий орошения и технологий фертигации.

Результаты и обсуждение. Из отмеченного выше и имеющихся данных наблюдений вытекает вывод о целесообразности вычленения в границах выделяемой растению зоны питания зоны расположения основной части корневой системы, в пределах которой целесообразно проведение увлажнения почвенного пространства и внесение удобрений.

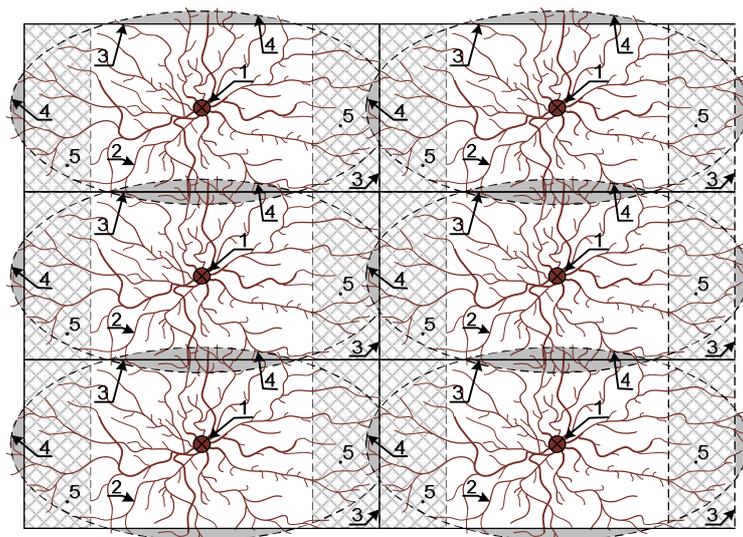
В реальных садовых условиях необходимые условия для равномерного по площади и пространству радиального распространения корней растений ограничиваются преимущественно корневыми системами соседствующих растений. Указанное обстоятельство особенно проявляется в интенсивных садах при использовании схем с плотной посадкой растений. При выборе схемы посадки деревьев в большей мере ориентируются на параметры надземной части плодовых древесных культур, а интересы их корневых систем учитываются в меньшей степени (рисунок 3).



1 – условные границы выделенной зоны питания растения; 2 – эксплуатационная дорога; 3 – гипотетическая граница зоны распространения корневой системы; 4 – условное очертание кроны; 5 – приштамбовая зона; 6 – штамп растения; 7 – корни растения

Рисунок 3 – Условная схема расположения садовых насаждений и корневых систем растений при схеме посадки 8,0 × 4,0 м (по данным О. Е. Ясонида [9])

Выделенная отдельным растениям форма и площадь питания не предусматривает одинакового по всем радиальным направлениям распространения корней яблони. Изначально предполагается разное удаление корней растения в рядковом и междрядовом направлениях. При этом удаленность корней от штамба дерева в направлении ряда предполагается на величину 2 м (без учета возможного взаимного проникновения корневых систем соседствующих растений в их жизненное пространство), а удаленность окончаний корней, распространяющихся в междрядовом направлении, может составлять 4 м. При рассматриваемой форме и площади питания изначально предусматривается формирование асимметричной формы корневой системы с двукратным превышением удаленностей корней в рядковом и междрядовом направлениях. В целом выделенная растению площадь питания, равная 32,0 м², является достаточной для исследуемой яблони, что подтверждается сопоставлением опытных и расчетных значений средних радиусов корневой системы этой яблони (средняя удаленность корней от штамба растения – 3,20 ± 0,30 м), исходя из приведения формы корнеосвоенного пространства к кругу. С учетом относительно низкой плотности корневых систем яблонь в пределах граничных и приграничных зон их распространения вполне реально взаимопроникновение части корней соседствующих растений в соседние зоны питания. В связи с этим процессы взаимопроникновения корней разных и одинаковых деревьев в освоенное почвенное пространство могут быть «дружественными», нейтральными и антагонистическими. Судя по известным данным, взаимопроникновение корневых систем наблюдается преимущественно в приграничной полосе. Установлено, что в плотных древесных насаждениях (при дефиците площадей) корни более заглублены по сравнению с одиночно произрастающими растениями [10]. С учетом вышеуказанных позиций реально предположить приведенную на рисунке 4 схему корневой системы яблони (сорта Джонатан) по возможному второму варианту (с учетом последующего (с возрастом) роста корней).



1 – штамб; 2 – корни; 3 – условные границы выделенной зоны питания дерева;
4 – граница зоны распространения корней; 5 – эксплуатационная дорожка

Рисунок 4 – Схема планового расположения корневой системы яблони сорта Джонатан с учетом взаимопроникновения корней и увеличения их протяженности

Выводы. В связи с вопросом выбора схем посадки яблоневых растений и определения размеров и формы площади их питания необходимо отметить следующее:

- в садовых насаждениях при предпосадочном планировании размещения отдельных древесных культур необходимо исходить из выделения для них земельного пространства с достаточной площадью питания и распространения корневой системы;

- при размещении яблоневого растения и соседствующих с ним объектов и субъектов необходимо обеспечить требуемое для него жизненное пространство и условия для функционирования надземной и подземной частей;

- конфигурация выделяемой зоны питания растения должна обеспечить возможности для симметричного расположения корней. При планировании асимметричных схем корневых систем необходимо учитывать потенциальные возможности деревьев в части удаленности горизонтальных корней от штамба дерева;

- при управлении направленностью распространения корней и размерами корневых систем необходимо использовать агротехнические и мелиоративные средства и технологии, улучшающие условия для развития корневых систем яблони в определенном направлении и почвенном пространстве;

- до настоящего времени приемы управления развитием корневых систем яблони использовались недостаточно. Также на практике известны примеры дезориентирующих растения действий садоводов – расположение капельниц в направлении ряда растений. Указанное мелиорирующее действие (благодаря гидротропизму корневых систем древесных растений) стимулирует развитие корней в направлении ряда, от одного соседствующего растения к другому, где жизненное пространство для их функционирования ограничено корневой системой относительно близко расположенного растения, тогда как в междюновом направлении (где расположена большая часть выделенной растению зоны питания) стимулирование роста корней при таком размещении капельных микроводовыпусков не осуществляется;

- для улучшения условий освоения корнями растения жизненного почвенного пространства желательно применение симметричных по основным направлениям возможного роста корней схем их размещения с предоставлением растениям круглых или прямоугольных по форме зон питания. При вынужденном по разным обстоятельствам

применении асимметричных схем показатель асимметричности соотношения размеров сторон зоны питания желательнее ограничить величиной, не превышающей 1,4–1,5.

Отметим, что в реальной практике имеются различные (как удачные, так и неудачные) примеры увязки формы и размеров выделенной растению зоны питания с расположением в ее пределах капельных микроводовыпусков, но отработанный алгоритм выбора определенного компоновочного решения сети отсутствует.

Список использованных источников

1 Лунева, Е. Н. Анализ и синтез данных полевых исследований сложных биологических систем (на примере корневой системы яблони): учеб. пособие для магистрантов / Е. Н. Лунева, Д. Л. Обумахов, В. Н. Шкура; под ред. В. Н. Шкуры; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск, 2013. – 117 с.

2 Шкура, В. Н. Геометрия корневых систем яблони: монография / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов, Е. Н. Лунева; под ред. В. Н. Шкуры; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск: Лик, 2013. – 124 с.

3 Колесников, В. А. Корневая система плодовых и ягодных растений / В. А. Колесников. – М.: Колос, 1974. – 509 с.

4 Балашов, А. А. Строение корневой системы деревьев яблони сорта Синап орловский на разных по силе роста подвоях в интенсивном саду / А. А. Балашов, Л. В. Григорьева // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2009. – № 2. – С. 6–9.

5 Гена, Н. Архитектоника и рост надземной и корневой системы яблони Антоновка обыкновенная, привитой на различных подвоях / Н. Гена // Известия ТСХА. – 1959. – Вып. 1(26). – С. 149–164.

6 Григорьева, Л. В. Урожай и архитектоника корневой системы деревьев яблони в саду разной плотности посадки / Л. В. Григорьева, А. А. Балашов // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 35, № 2. – С. 76–78.

7 Григорьева, Л. В. Особенности строения корневой системы деревьев яблони на подвоях разной силы роста в интенсивном саду / Л. В. Григорьева, А. А. Балашов, О. А. Ершова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2010. – № 2. – С. 18–21.

8 Агафонов, Н. В. Научные основы размещения и формирования плодовых деревьев / Н. В. Агафонов. – М.: Колос, 1983. – 173 с.

9 Ясониди, О. Е. Капельное орошение: монография / О. Е. Ясониди; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 322 с.

10 Калинин, М. И. Корневедение / М. И. Калинин. – М.: Экология, 1991. – 173 с.

УДК 631.458.411.6

Х. Махмудов

Ташкентский государственный технический университет, Ташкент,
Республика Узбекистан

Д. Махмудова

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

МЕТОД ИНТЕРПОЛЯЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ РЕЖИМА УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД ДЛЯ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В статье приведен новый метод интерполяции климатических параметров территории, который позволяет по данным нескольких метеопостов установить пространственное распределение значений климатических факторов. На основе этой ме-

тодика создается возможность установить режим уровня грунтовых вод под влиянием климатических факторов. С использованием реальных климатических параметров и гидрогеологических данных наблюдений произведена численная реализация симуляционной модели. Ее результаты изображены на ГИС-картах. Разработанная методика позволяет прогнозировать режим грунтовых вод и состояние зоны аэрации орошаемых территорий. Приведено сравнение результатов прогнозных расчетов с данными гидрогеологических наблюдений, сходимость результатов достаточно высокая.

Ключевые слова: зона аэрации, почва, грунтовые воды, атмосферные осадки, интерполяция, модели ГИС.

Климатические факторы (осадки, температура, влажность воздуха, испарение и т. д.) оказывают определяющее влияние на режим грунтовых вод, а также на мелиоративное состояние орошаемых земель. Для установления пространственного распределения климатических данных охватить всю орошаемую территорию метеорологическими станциями не представляется возможным. В связи с этим для расчетов режима орошения сельскохозяйственных культур используются данные ближайших метеостанций или же средние значения, определенные по данным нескольких станций. Такая методика не дает достоверных результатов, чем обусловлены большие погрешности при определении параметров режима орошения сельскохозяйственных культур. Погрешности при установлении параметров режима орошения оказывают негативное влияние на эффективность водопользования. Поэтому возникает острая необходимость установления пространственного распределения климатических параметров по всей территории орошаемых площадей. Авторами статьи получен новый метод интерполяции, который успешно решил существующую проблему. Решение проблем пространственного распределения климатических параметров территории позволило создать симуляционные модели для прогноза состояния зоны аэрации и уровня грунтовых вод орошаемой территории [1–7].

Исследование пространственного распределения климатических параметров территории. С помощью моделей в установленном порядке осуществляется мониторинг климатических факторов всей территории, в качестве объекта исследования выбрана орошаемая территория в Ташкентской области в пределах Чирчикского речного бассейна (рисунок 1). При этом каждая метеорологическая станция имеет свою зону охвата. Тем не менее до настоящего времени установить необходимые климатические значения для любой точки пространства не представлялось возможным. Предложенный нами метод интерполяции [2], основанный на использовании центра климатических факторов и их градиентов, позволил установить величину необходимых климатических параметров в любой точке на территории конкретного речного бассейна (рисунок 1).

По данным 2010 г. (источник – Узгидромет) проведены исследования по установлению сезонных изменений атмосферных осадков на территории бассейна р. Чирчик (рисунок 2).

Исследование состояния зоны аэрации и уровня грунтовых вод на территории бассейна р. Чирчик. Создание симуляционной модели изменения зоны аэрации и режима грунтовых вод осуществлялось с использованием уравнения водного баланса территории и уравнения движения влаги в аэрационной зоне. При этом необходимость использования уравнения водного баланса обусловлена прежде всего необходимостью установления начального состояния влаги в зоне аэрации орошаемой территории.

Водный баланс исследуемой территории представлен в виде:

$$Q_{gw_in} - Q_{gw_out} = W + P - ET + B, \quad (1)$$

где Q_{gw_in} – приток грунтовых вод;

Q_{gw_out} – отток грунтовых вод;

W – объем влаги в зоне аэрации перед началом вегетации сельскохозяйственных культур;

P – атмосферные осадки;
 ET – суммарная эвапотранспирация;
 $В$ – влажность воздуха.

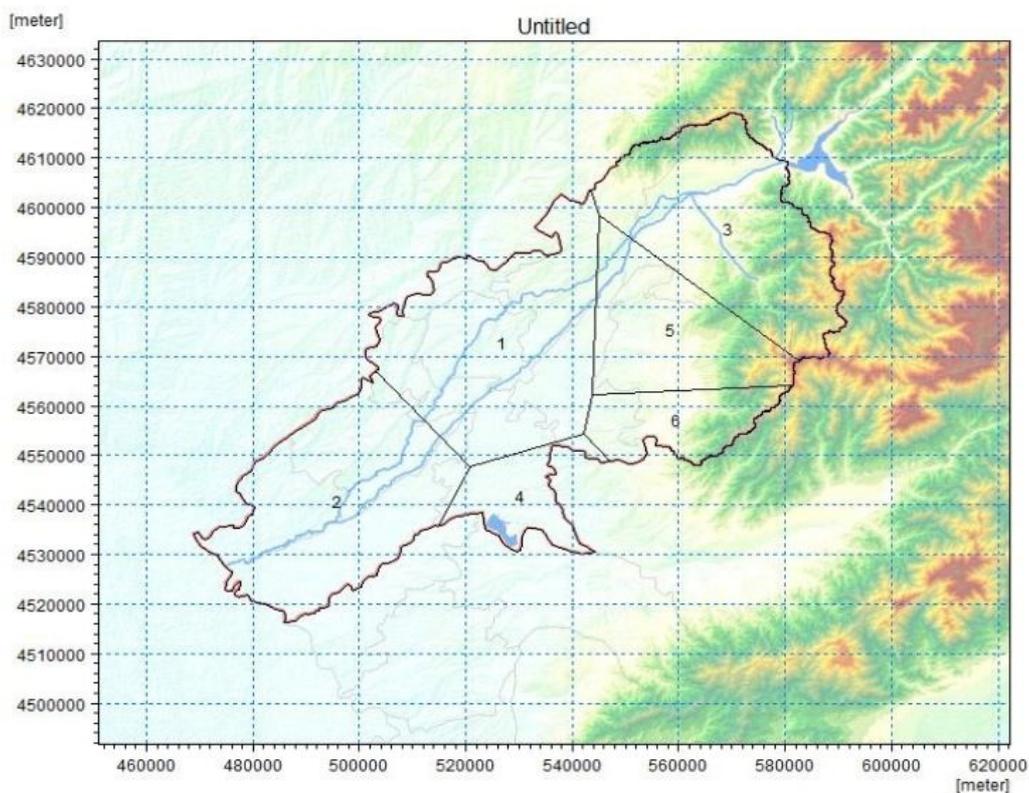


Рисунок 1 – Схема расположения станций на территории бассейна р. Чирчик

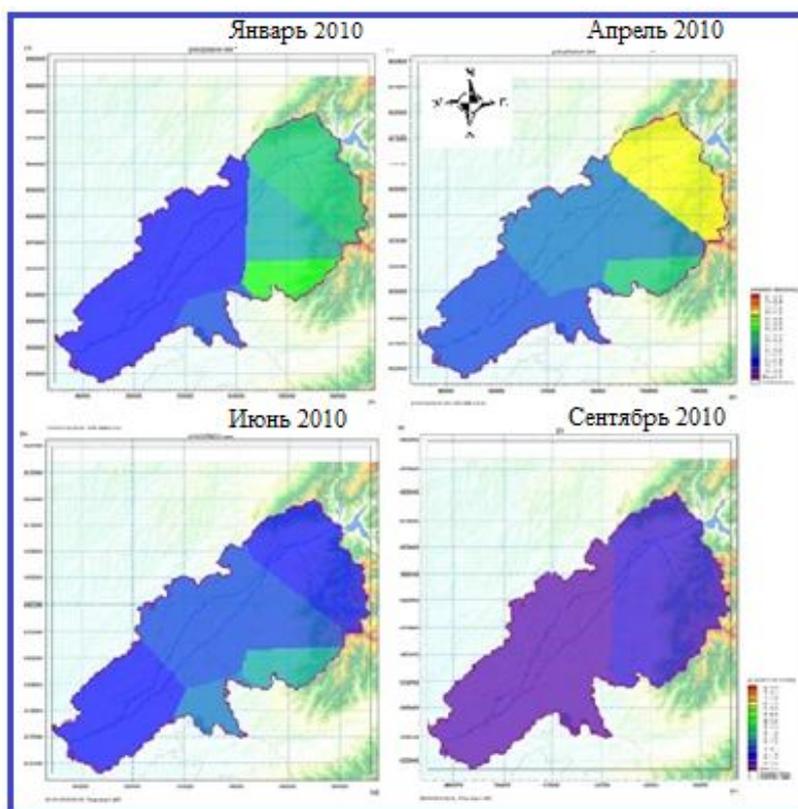


Рисунок 2 – Увлажненность территории бассейна р. Чирчик

Динамика уровня грунтовых вод в зависимости от инфильтрации и фильтрации влаги через зону аэрации описывается уравнением Л. Ричардса:

$$C \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K(\theta) \frac{\partial \Psi}{\partial z} \right) + \frac{\partial K(\theta)}{\partial z} - S, \quad (2)$$

где C – динамика почвенной влаги в зоне аэрации, см/сут;

t – время, сут;

z – вертикальная координата, направленная вверх;

K – коэффициент влагопроводности (гидравлическая проводимость), см/сут;

θ – объемная влажность почвы, см³/см³;

$S(h)$ – эвапотранспирация, см³/(см³·сут);

h – давление почвенной влаги, см вод. ст.

Для реализации уравнений (1) и (2) использовались сезонные изменения и распределение увлажненности на территории (рисунок 2), данные наблюдательных скважин (таблица 1), а также параметры водного баланса орошаемой территории Чирчикского бассейна.

Таблица 1 – Исходная информация для оценки состояния грунтовых вод по данным наблюдательных скважин

Наблюдательная скважина	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Координаты X/Y	69,3914 41,3458	69,4986 41,3656	69,5052 41,3678	69,7576 41,5717	69,2928 41,2444	69,2684 41,3038	69,2242 41,2936	69,0649 41,1197	69,0547 41,0599
Отметки	481	519	519	668	416	461	445	357	244
Состояние грунтовых вод по данным наблюдений									
Январь	476,6	517,7	515,7	411,7	411,7	451,3	451,3	347,3	320,6
Февраль	476,4	517,4	515,4	411,5	411,5	451,0	451,0	347,0	320,5
Март	476,0	517,5	516,1	411,6	411,6	451,1	451,1	347,1	320,6
Апрель	475,9	517,9	516,7	412,0	412,0	451,3	451,3	347,3	320,6
Май	476,0	518,0	516,8	412,2	412,2	451,6	451,6	347,6	320,8
Июнь	476,1	518,1	516,9	412,3	412,3	451,7	451,7	348,0	320,8
Июль	476,2	518,2	517,0	412,4	412,4	452,0	452,0	348,0	320,8
Август	476,2	518,2	517,1	412,4	412,4	452,1	452,1	348,1	320,7
Сентябрь	476,1	518,2	517,0	412,4	412,4	452,1	452,1	348,1	320,7
Октябрь	478,0	518,1	516,9	412,3	412,3	452,1	452,1	348,1	320,6
Ноябрь	475,8	518,0	516,8	412,2	412,2	452,0	452,0	348,0	320,5
Декабрь	475,7	517,9	516,7	412,1	412,1	451,9	451,9	347,9	320,4

Симуляционное моделирование состояния грунтовых вод под влиянием инфильтрации. В результате численной реализации уравнений (1) и (2) с использованием цифровой топографической карты территории бассейна в программе MIKE SHE получены карты сезонного изменения уровня грунтовых вод на всей территории бассейна р. Чирчик (рисунок 3). На картах разными цветами показан уровень грунтовых вод в речном бассейне от места формирования речного стока до устья реки. Для установления достоверности полученной информации об изменении уровня грунтовых вод произведено сравнение измеренных значений по данным наблюдательных скважин на территории речного бассейна с результатами, полученными на симуляционной модели.

Сравнение или тестирование результатов, полученных путем натуральных наблюдений и расчетным методом для характерных точек территории бассейна, показано на примере наблюдательной скважины 3 (рисунок 4), в остальных скважинах аналогичные результаты.

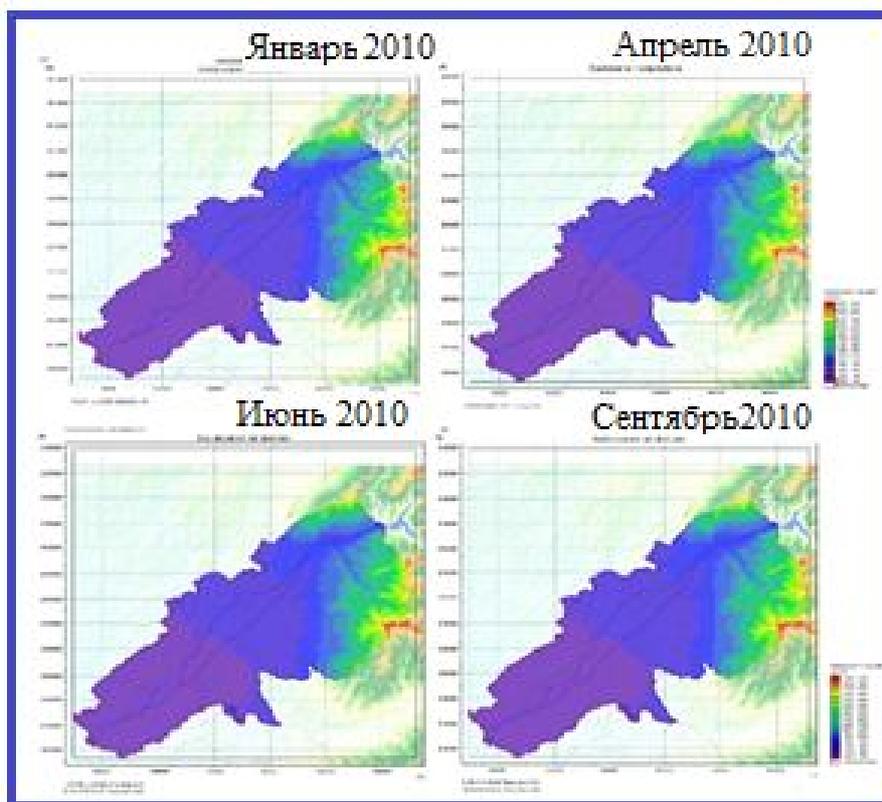


Рисунок 3 – Карты сезонного изменения уровня грунтовых вод в бассейне р. Чирчик

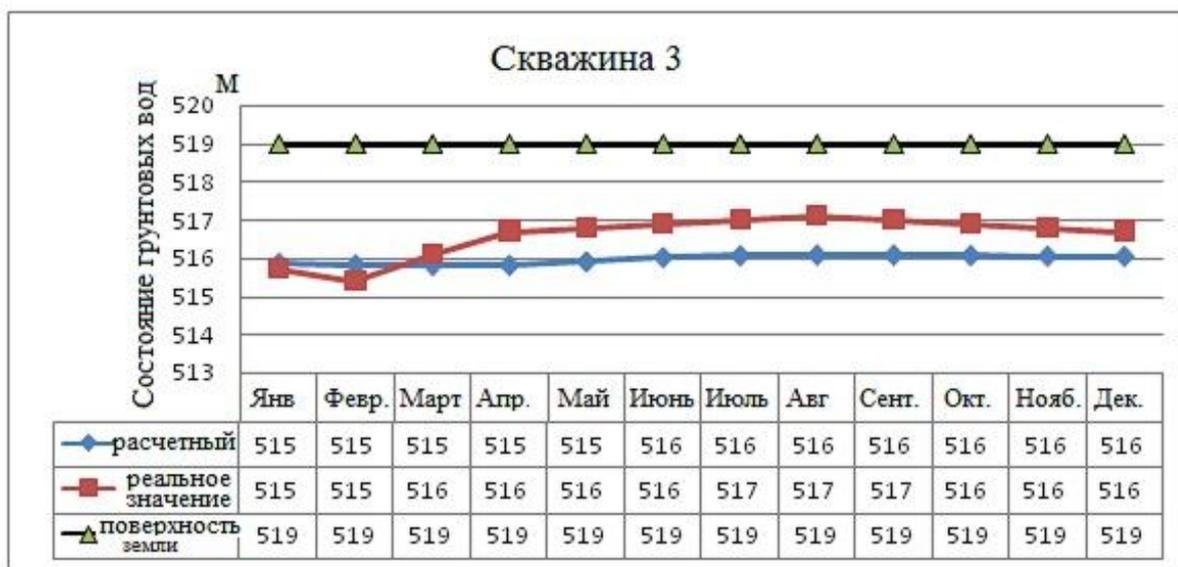


Рисунок 4 – Сравнение результатов, полученных расчетным методом, с результатами измерения на примере скважины 3

На рисунке 4 верхняя темная линия – поверхность земли, а красная и голубая линии уровней грунтовых вод построены разными методами. Как показывают данные графиков, расхождение между расчетными и реальными значениями уровня грунтовых вод незначительное, 5–6 см, что делает допустимым использование прогнозного расчетного метода для установления положения уровня грунтовых вод в любой точке на территории речного бассейна.

Выводы. Результаты, полученные при симуляции состояния водного баланса орошаемой территории и инфильтрации, а также поверхностной влаги, показали, что использование метода интерполяции климатических параметров территории позволяет достаточно точно рассчитать прогнозные параметры состояния зоны аэрации и уровня грунтовых вод. Применение результатов настоящих исследований позволяет с высокой точностью установить параметры режима орошения сельскохозяйственных культур и тем самым существенно повысить эффективность использования земельных и водных ресурсов орошаемой территории Республики Узбекистан.

Список использованных источников

- 1 Makhmudov, Kh. Interpolation of Climatic Parameters By Using Barycentric Coordinates / Kh. Makhmudov, Y. Mitani, T. Kusuda // World Journal of Environmental Engineering. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 1–6.
- 2 MIKESHE User Manual, Volume-1, and Reference guide, DHI 2012.
- 3 MIKESHE User Manual, Volume-2, and Reference guide, DHI 2012.
- 4 Makhmudov, Kh. Integrated River Basin Management in Chirchik River Basin: Master's Thesis / Kh. Makhmudov. – Japan: The University of Kitakyushu, 2012.
- 5 Zhuravlev, V. F. Foundations of Theoretical Mechanics / V. F. Zhuravlev. – 2nd ed. – Moscow, Russia: Fizmatlit, 2001.
- 6 Valipour, M. Analysis of potential evapotranspiration using limited weather data / M. Valipour // J. Applied Water Science. – Springer Berlin Heidelberg, 2014, Sept. 27.
- 7 Meteorology / V. Petrov, H. Egamberdiev, B. Kholmatzhonov, T. Alaudinov. – Tashkent, Uzbekistan: NUU, 2006. – 330 p.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 626.814

Ф. А. Гапбаров

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Ташкент,
Республика Узбекистан

Д. В. Назаралиев

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

РАЦИОНАЛЬНЫЙ РЕЖИМ НАПОЛНЕНИЯ И СРАБОТКИ ВОДОХРАНИЛИЩ

В работе изучается вопрос установления рационального режима наполнения и сработки водохранилища. Предложен метод составления графика наполнения и сработки водохранилища в различные по водности годы с минимальными холостыми сбросами в многоводные годы и наименьшими потерями в маловодные годы.

Ключевые слова: водохранилище, река, многоводные и маловодные годы, объем стока, водный баланс, диспетчерский график, подача воды, расход.

Одним из главных вопросов эксплуатации водохранилищ, определяющих его судьбу и сохранность сооружений, возможность эффективного использования речного стока, является вопрос установления оптимального режима наполнения и сработки водохранилища.

Режим работы водохранилища устанавливается при помощи диспетчерских графиков. Диспетчерский график должен содержать противоперебойную линию, восходящая ветвь которой служит линией ограничения наполнения водохранилища в многоводных условиях, линию ограниченных подач в маловодных условиях, а также линию наполнения и сработки водохранилища [1, 2].

Эти линии строятся в начале года после получения прогноза объема стока за год по реке и с учетом объема наполнения водохранилища в начале года. Для этого необходимо иметь график внутригодового распределения стока по реке, график гарантированных подач воды потребителям и данные о составляющих водного баланса.

Сначала изучается сток реки по натурным гидрологическим данным за последние 15–30 лет и определяются маловодные, средневодные и многоводные годы. Затем определяются декадные составляющие водного баланса. Анализируя собранные материалы, составляют рациональный режим наполнения и сработки водохранилища – диспетчерский график [3].

Линии ограничения наполнения водохранилища. Для определения ординат линии ограничения наполнения водохранилища надо иметь наблюдаемые декадные приходные и расходные составляющие водного баланса. На основании этих материалов ординаты линии ограничения наполнения водохранилища определяются по формуле:

$$W_j^n = W_{\text{НПУ}} - S_{\text{макс}} + \sum_{i=j}^j (A \sum K - \sum Ч),$$

где W_j^n – объем водохранилища в конце декады по линии ограничения наполнения, млн м³;

$j = 1, 2, 3, \dots, 36$ (декады);

$W_{\text{НПУ}}$ – объем водохранилища при НПУ, млн м³;

$S_{\text{макс}} = \sum_{i=1}^k (A \sum K - \sum Ч)$ – максимальные значения объема воды в течение года, млн м³;

k – декада, в которой сумма достигает максимального значения;

$$A = \frac{W_0}{\bar{W}_k};$$

W_0 – прогнозируемый годовой объем стока в расчетном году, млн м³;

\bar{W}_k – среднегодовое количество стока, млн м³;

$\sum K$ – сумма среднедекадных составляющих приходных объемов воды, млн м³;

$\sum Ч$ – сумма среднедекадных расходных составляющих, млн м³.

Линии ограничения подачи воды. Для рационального использования воды из водохранилища в вегетационные периоды маловодных лет необходимо найти положение линии ограничения подачи воды. Ординаты линии ограничения подачи воды из водохранилища определяются по формуле:

$$W_j^p = W_0 - S_{\min} + \sum_{i=1}^j (A \sum K - \sum Ч),$$

где W_j^p – объем водохранилища в конце декады по линии ограничения подачи воды, млн м³;

$j = 1, 2, 3, \dots, 36$ (декады);

W_0 – мертвый объем водохранилища, млн м³;

$S_{\min} = \sum_{i=1}^k (A \sum K - \sum Ч)$ – минимальные значения объема воды в течение года, млн м³;

k – декада, в которой сумма достигает максимального значения.

Линия ограничения наполнения водохранилища служит для регулирования сработки водохранилища таким образом, чтобы в период паводка избежать аварийной ситуации при переполнении водохранилища.

Линия ограниченных подач воды служит для регулирования сработки в маловодных условиях таким образом, чтобы не оставить потребителей совсем без воды, а распределить ограниченные подачи в течение года с наименьшими экономическими потерями, если сток в водохранилище недостаточен для обеспечения гарантированных подач.

Учитывая, что наполнение водохранилища в начале года может отличаться по годам, как и сток в водохранилище по реке, а также могут изменяться объемы воды, подаваемой потребителям, диспетчерский график надо составлять в начале года на расчетный год.

Максимальный расход паводка надо учитывать при определении положения ограничения наполнения вблизи НПУ в период пика паводка, так как в это время неизбежным будет переполнение водохранилища, если катастрофический сброс по каким-либо причинам не сможет сбрасывать воду расходом стока. Поэтому наполнение водохранилища следует сдвигать до времени, когда после пика паводка расход начинает уменьшаться.

Для удобства практического использования диспетчерского графика ординаты его линий надо выразить в отметках уровня воды в водохранилище, для чего следует воспользоваться кривой зависимости объема водохранилища от отметки уровня в нем.

Наполнение и сработка водохранилища осуществляются согласно диспетчерскому графику. При этом уровень воды в водохранилище всегда должен находиться между линиями ограничения наполнения и подачи воды, отраженными на диспетчерском графике.

Построенный в начале года диспетчерский график, отражающий все внутригодовые изменения стока и начальный объем водохранилища к началу года, создает усло-

вия для рационального использования воды и гарантированного обеспечения всех потребителей нужным ее количеством.

Вывод. На основе наблюдаемых декадных приходных и расходных составляющих водного баланса имеется возможность научно обоснованно определять ординаты линии ограничения подачи воды из водохранилища в вегетационный период.

Список использованных источников

1 Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1983. – 543 с.

2 Крицкий, С. Н. Гидрологические основы управления речным стоком / С. Н. Крицкий, М. Ф. Менкель. – М.: Наука, 1981. – 256 с.

3 Белесков, Б. И. Наполнение и сработка водохранилищ в маловодных условиях / Б. И. Белесков, А. Х. Садыков, Ф. А. Гаппаров // Мелиорация и водное хозяйство: сб. науч. тр. / САНИИРИ. – Ташкент, 1997. – С. 130–133.

УДК 626/627

Д. Т. Палуанов

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Ташкент,
Республика Узбекистан

У. Э. Бобокулов

Ташкентский государственный технический университет, Ташкент,
Республика Узбекистан

ПРОЦЕССЫ УВЛАЖНЕНИЯ В ТЕЛЕ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН И ИХ ОСНОВАНИЯХ

Целью исследований является изучение процессов увлажнения в теле грунтовых плотин и в их основаниях. В связи с чем были проведены следующие исследования: изучение процессов увлажнения грунта в теле грунтовых плотин с водонепроницаемым основанием и увлажнения грунта основания водонепроницаемой глухой плотины. Определено поле увлажнения тела плотины, согласно которому неравномерно изменяются физико-механические параметры увлажненного грунта. Показано распределение увлажнения по сечению плотины через определенные промежутки времени после заполнения верхнего бьефа. Определяя физико-механические параметры увлажненного грунта в области пьезуна, получили деформированное состояние и соответствующее ему распределение изолиний вертикальных смещений.

Ключевые слова: увлажнение, грунтовая плотина, основание, напряженно-деформационное состояние, грунт, разжижение песков, пьезун, изолиния, влажность.

Данная работа подготовлена в рамках молодежного проекта «Критерии для оценки безопасности основания низконапорных плотин с учетом влияния динамических воздействий» [1].

Процессы увлажнения грунта в теле грунтовых плотин и в их основаниях, особенно неравномерные, являются фактором, существенно влияющим на напряженно-деформированное состояние и сейсмостойкость сооружений, вызывающим их неравномерную осадку, деформации и повреждения. Поэтому учет неравномерного увлажнения грунта в результате фильтрации через тело плотины и ее основание и трансформации при этом ее напряженно-деформированного состояния представляется важной и актуальной задачей.

Перед проведением исследований поставлены следующие условия: изучение процессов увлажнения грунта в теле грунтовых плотин с водонепроницаемым основанием и увлажнения грунта основания водонепроницаемой глухой плотины. Обе задачи решают-

ся численно методом конечных элементов с применением метода Ньюмарка. Этот метод широко распространен и позволяет производить расчеты и исследования динамических задач теории упругости для неоднородных областей различной конфигурации [2].

Сначала рассмотрим процессы увлажнения грунта в теле грунтовых плотин с водонепроницаемым основанием. Прежде всего, определяется поле увлажнения тела плотины, при этом неравномерно изменяются физико-механические параметры увлажненного грунта. По полученным данным находится распределение коэффициента запаса прочности в сечении плотины [3].

Уравнение состояния, описывающее закон объемного деформирования грунта с учетом увлажнения, представляется нелинейным законом, связывающим полное давление P и объемную деформацию θ :

$$P = K_s(\theta)\theta,$$

и релаксационным уравнением состояния грунта при сдвиговом деформировании в виде:

$$S_{ij} + T_s \frac{dS_{ij}}{dt} + \lambda_1 S_{ij} = 2G_s \left(e_{ij} + T_e \frac{de_{ij}}{dt} \right),$$

где K_s – модуль сжатия:

$$K_s(I_\omega) = K_{sat} \exp(\alpha_k \cdot (1 - I_\omega)),$$

где K_{sat} – модуль объемного сжатия;

I_ω – параметр, характеризующий степень увлажненности грунта:

$$I_\omega = \frac{\bar{\omega}}{\bar{\omega}_{sat}},$$

где $\bar{\omega}$ – текущая влажность грунта;

$\bar{\omega}_{sat}$ – влажность, соответствующая полному заполнению пор грунта водой;

$T_s = \frac{1}{\gamma_s \mu_s}$ – время релаксации сдвигового напряжения при постоянной деформации

сдвига;

$$\lambda_1 = \frac{2G_s \lambda}{\mu_s};$$

$$G_s(I_\omega) = G_{sat} \exp(\alpha_G \cdot (1 - I_\omega)),$$

где G_{sat} – модуль сдвига грунта;

α_k, α_G – безразмерные коэффициенты, характеризующие степень изменения соответствующих механических характеристик просадочного грунта, определяемые по результатам опытов;

$T_e = \frac{1}{\mu_s}$ – время релаксации девиатора деформации при постоянном сдвиговом на-

пряжении.

Указанная модель деформирования с учетом увлажненности грунтов может быть использована при статических расчетах напряженно-деформированного состояния грунтовых массивов, когда влажность грунта не превышает значений $\bar{\omega} = 30-40\%$.

Конечно-элементная дискретизация рассматриваемой задачи получается в результате разбиения рассматриваемой области на конечные элементы треугольной формы (рисунок 1) с линейной аппроксимацией функции увлажнения внутри элемента:

$$\omega = \frac{(a + bx + cy)}{2s}.$$

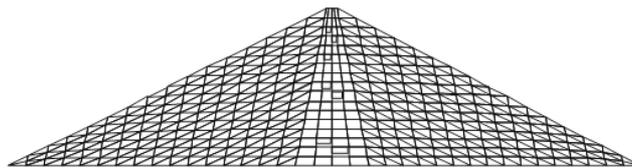


Рисунок 1 – Конечно-элементная дискретизация поперечного сечения грунтовой плотины

В результате конечно-элементной дискретизации для нестационарной задачи о распределении влаги по всей области в результате максимального увлажнения части свободной поверхности получается следующая разрешающая система дифференциальных уравнений:

$$[C] \frac{\partial}{\partial t} \{\omega\} + [H] \{\omega\} = 0, \quad (1)$$

где матрицы $[H]$ и $[C]$ получаются в результате объединения элементарных матриц по [3].

Решение полученной системы дифференциальных уравнений (1) дает ответ на поставленную задачу о распределении нестационарного поля увлажнения области в зависимости от времени. Для ее решения используется алгоритм, который основан на методе Ньюмарка с разложением функций $\omega(t_i + \tau)$ и $\bar{w}(t_i + \tau)$ в ряды по степеням τ -шага интегрирования, приводящим к разрешающей системе алгебраических уравнений относительно функции увлажнения ω_{i+1} :

$$[A] \{\omega_{i+1}\} = \{P_{i+1}\},$$

где $[A] = \frac{[H] + [C]\beta}{(\alpha\tau)}$;

$$\{P_{i+1}\} = [C] \left[\frac{\beta \{\omega_i\}}{\alpha\tau} + \left(\frac{\beta}{\alpha} - 1 \right) \{\bar{\omega}_i\} + \frac{\tau}{2} \left(\frac{\beta}{\alpha} - 2 \right) \{\ddot{\omega}_i\} \right],$$

где $\{\omega_i\}$, $\{\bar{\omega}_i\}$, $\{\ddot{\omega}_i\}$ – найденные на предыдущем шаге по времени функция увлажнения и ее производные.

Описанный алгоритм, использован в решении задачи о распространении влаги по телу грунтовой плотины по времени при заполнении верхнего бьефа.

Картина распределения линий увлажненности зависит от времени замачивания, анизотропности среды, определяющей скорости фильтрации в том или ином направлении в различных частях сооружения, а также от учитываемых граничных условий в основании.

На рисунке 2 показано распределение увлажнения по сечению плотины через определенные промежутки времени после заполнения верхнего бьефа. Значения коэффициентов фильтрации: $k_x = 20$ м/сут; $k_y = 1$ м/сут. Меньшая скорость фильтрации по вертикали обусловлена снижением пропускной способности грунта в вертикальном направлении вследствие его уплотнения под действием собственного веса. Индексы на изолиниях увлажненности на рисунке 2 означают малое ($\omega = 0,1$), умеренное ($\omega = 0,2$) и сильное ($\omega = 0,3$) увлажнение грунта в соответствующей области плотины. Из рисунка 2 видно, что с течением времени форма изолиний приобретает характерный для кривой депрессии вид, не меняющийся в дальнейшем (рисунк 2, *з, д*). Увлажнение грунта плотины способствует увеличению вязкости проникающей в него жидкости. Поэтому при использовании метода Ньюмарка нами учитывался также коэффициент вязкого трения. Полученные в этом случае изолинии увлажнения через 120 сут от момента заполнения верхнего бьефа представлены на рисунке 2, *е*. Коэффициент вязкости, пропорциональный скорости распространения влаги, принят равным $\mu = 0,5$.

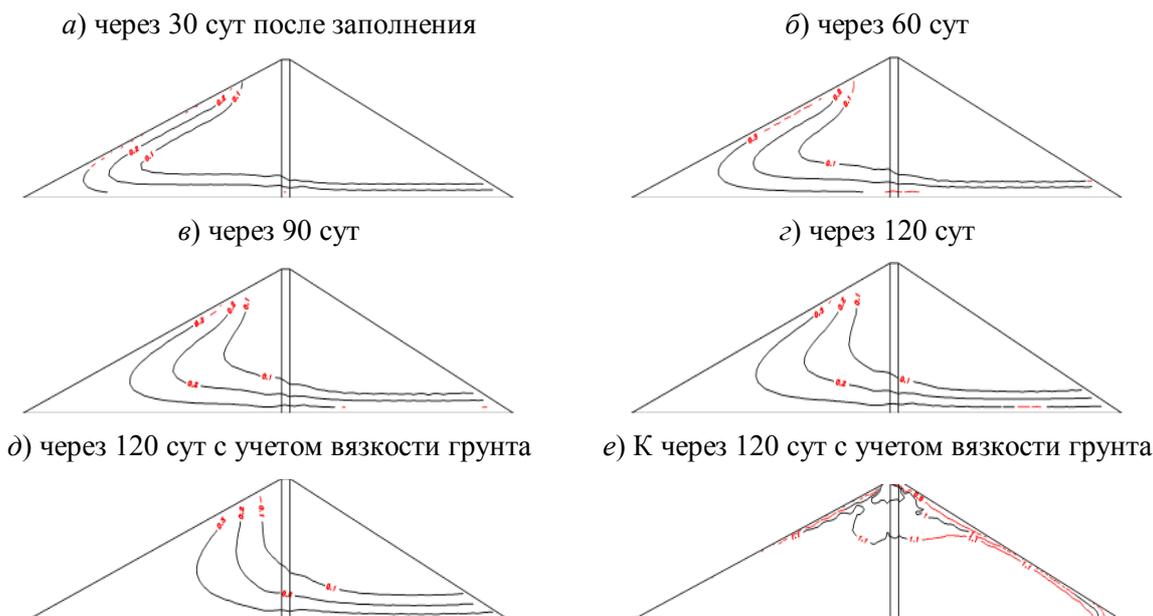
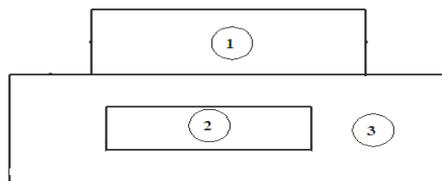


Рисунок 2 – Распространение изолиний увлажненности со временем (а–д) и коэффициента прочности К (е) при заполненном верхнем бьефе

Полученные картины распределения полей увлажненности демонстрируют, что в послойно уплотняющемся грунте высокого сооружения с течением времени устанавливаются фильтрационные потоки. Так, изолинии увлажнения со временем охватывают центральные участки откоса, приближая изолинии к известным кривым депрессии. Влияние гидростатического давления на откос при заполненном верхнем бьефе увеличивает прочность верхового откоса. Об этом свидетельствуют результаты распределения коэффициента прочности K , значение которого превышает единицу практически по всей высоте верхового откоса (исключение составляет небольшая пригребневая зона над уровнем воды), в отличие от низового, на большей части которого значение K меньше 1. Возникающий дефицит гидростатического давления на верховой откос при резком снижении уровня воды, особенно если это происходит многократно, может привести к выпору грунта на этих участках.

Теперь переходим ко второй задаче (процессам увлажнения грунта основания водонепроницаемой глухой плотины). Грунты основания плотины под действием фильтрационного потока насыщаются водой. Водонасыщенные грунты основания плотины, если они не пластичны, способны разжижаться под действием динамических нагрузок, возникающих при землетрясениях, взрывах, других формах вибраций и ударных нагрузках. Разжижению песков и илистых отложений способствует возникающее при вибрации избыточное поровое давление и уменьшение эффективного напряжения, что ведет к снижению прочности, потере несущей способности, просадкам грунтов и осадке основания плотины. Разжиженные пески в результате действия внешних сил превращаются в пльвуны [4]. Пльвуны – это слабые, неустойчивые породы, требующие специальных методов ведения строительных работ и специальных мероприятий по обеспечению устойчивости сооружений. Кроме этого, при избыточном увлажнении грунта любые слабые (неустойчивые) грунты могут перейти в пльвуноное состояние. Поэтому пльвуны представляют собой большую опасность при выполнении работ в строительстве гидротехнических сооружений и многие аварии и разрушения связаны именно с этой проблемой.

Для решения поставленной задачи создана расчетная модель системы «плотина – неоднородное основание» (рисунок 3).

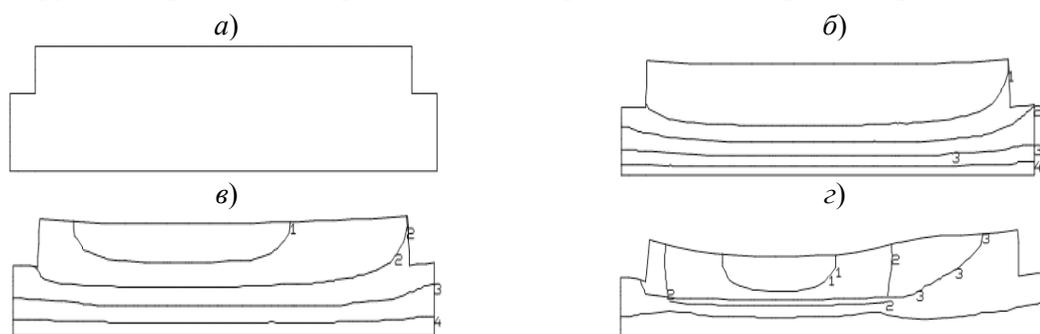


Исходные данные системы: 1 – глухая плотина, 2 – плавун, 3 – основание

Рисунок 3 – Расчетная модель системы «плотина – неоднородное основание»

Физико-механические параметры глухой плотины: $E = 17e^3$ МПа, $\rho = 2500$ кг/м³; физико-механические параметры грунта основания: $E = 15e^3$ МПа, $\rho = 2500$ кг/м³; физико-механические параметры грунта плавунa: $E = 1e^3$ МПа, $\rho = 2000$ кг/м³.

Определяя физико-механические параметры увлажненного грунта в области плавунa при различных значениях увлажненности ($\bar{\omega} = 10, 20$ и 30%), получим деформированное состояние и соответствующее ему распределение изолиний вертикальных смещений (рисунок 4). Здесь показано деформированное состояние, которое со временем приобретает система «плотина – неоднородное основание» при неравномерном увлажнении. Термин «неравномерное» применен к области основания, поскольку увлажнение его различных пластов, состоящих из супеси, песка, суглинка и других грунтов, происходит с различными скоростями, т. е. неравномерно.



a – исходное недеформированное состояние; *b* – слабое увлажнение ($\bar{\omega} = 0,1$):
1) $-0,30$ мм; 2) $-0,22$ мм; 3) $-0,15$ мм; 4) $0,0$ мм; *v* – среднее увлажнение ($\bar{\omega} = 0,2$):
1) $-0,4$ мм; 2) $-0,3$ мм; 3) $-0,2$ мм; 4) $-0,1$ мм; *z* – сильное увлажнение области плавунa
($\bar{\omega} = 0,3$): 1) $-0,70$ мм; 2) $-0,52$ мм; 3) $-0,35$ мм; 4) $0,17$ мм

Рисунок 4 – Деформирование со временем модели системы «плотина – неоднородное основание» в результате неравномерного увлажнения

Для решения используется алгоритм, основанный на методе Ньюмарка, как и в предыдущей задаче.

Результаты показывают, что образование плавунa значительно искажает область преимущественно левой части, где расположена песчаная зона.

Список использованных источников

- 1 Критерии для оценки безопасности основания низконапорных плотин с учетом влияния динамических воздействий. – Ташкент, 2015. – 74 с.
- 2 Зенкевич, О. К. Метод конечных элементов в технике / О. К. Зенкевич. – М.: Мир, 1975. – 542 с.
- 3 Хусанов, Б. Э. Модели деформирования лессового грунта при увлажнении. Одноосное деформирование / Б. Э. Хусанов // Проблемы механики. – Ташкент, 2004. – № 6. – С. 31–36.
- 4 Иванов, П. Л. Разжижение песчаных грунтов / П. Л. Иванов. – М.: Госэнергоиздат, 1962.

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 631:528

Э. И. Чембарисов, И. Э. Махмудов, Т. Ю. Лесник

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

И. В. Беликов

Государственный комитет Республики Узбекистан по охране природы, Ташкент, Республика Узбекистан

Ю. С. Вахидов

Государственное унитарное предприятие «Геоинформкадастр», Ташкент, Республика Узбекистан

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМЫ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД, ВПАДАЮЩИХ В АЙДАРО-АРНАСАЙСКУЮ ОЗЕРНУЮ СИСТЕМУ

В статье представлена общая характеристика гидрологического и гидрохимического режимов коллекторно-дренажных вод, впадающих в Айдаро-Арнасайскую озерную систему, приводятся актуальные сведения об объемах и минерализации данной системы, а также даются рекомендации по сохранению этого природного объекта.

Ключевые слова: гидрологический и гидрохимический режим коллекторно-дренажных вод, Айдаро-Арнасайская озерная система, многолетние изменения расходов и минерализации воды.

Коллекторно-дренажные воды оазисов являются следствием улучшения мелиоративного состояния орошаемых массивов, поэтому к ним привыкли относиться с позиций мелиоративных требований: было необходимо только отвести нужное количество минерализованных вод из оазисов. Но в настоящее время, когда охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов уделяется большее внимание, эти позиции должны быть пересмотрены.

В последние годы влияние существующего объема коллекторных вод становится все заметнее: ухудшается химический состав речных вод, возрастает их минерализация. Эти воды засоляют пастбищные угодья и некоторые озера, например Айдаро-Арнасайскую систему озер (ААСО) [1–3].

Гидрологический и гидрохимический режимы коллекторных вод Среднеазиатского региона мало изучены. Однако данный вопрос чрезвычайно важен для народного хозяйства, особенно для ирригации. Использование коллекторных вод для орошения, промывки и других хозяйственных нужд невозможно без установления закономерностей их водного и солевого режима. Важно обладать информацией не только об объемах и качестве коллекторно-дренажной воды, образующейся внутри того или иного ирригационного района, но и о характере распределения этих показателей в течение года. На примере наиболее изученных коллекторов Средней Азии, несмотря на различные внутригодовые изменения минерализации вод, нами было выделено два типа гидрохимического режима этих вод:

- минерализация воды меняется обратно пропорционально изменению ее расхода, этот тип наблюдается практически во всех крупных коллекторах Средней Азии;

- минерализация воды меняется прямо пропорционально изменению расхода воды, то есть с увеличением расхода воды ее минерализация повышается, второй тип на-

блюдается в небольших коллекторах, дренирующих сильнозасоленные территории.

В 1988 г. Э. И. Чембарисову, по результатам существующих на данный момент исследований и собственных полевых измерений, удалось выделить и третий тип гидрохимического режима коллекторных вод, когда минерализация воды почти не зависит от расхода воды в коллекторах. Третий тип наблюдается в большинстве коллекторов старой зоны орошения Голодной степи [1].

В данной статье гидрологический и гидрохимический режимы коллекторно-дренажных вод изучены на примере коллекторов, впадающих в ААСО (рисунок 1).

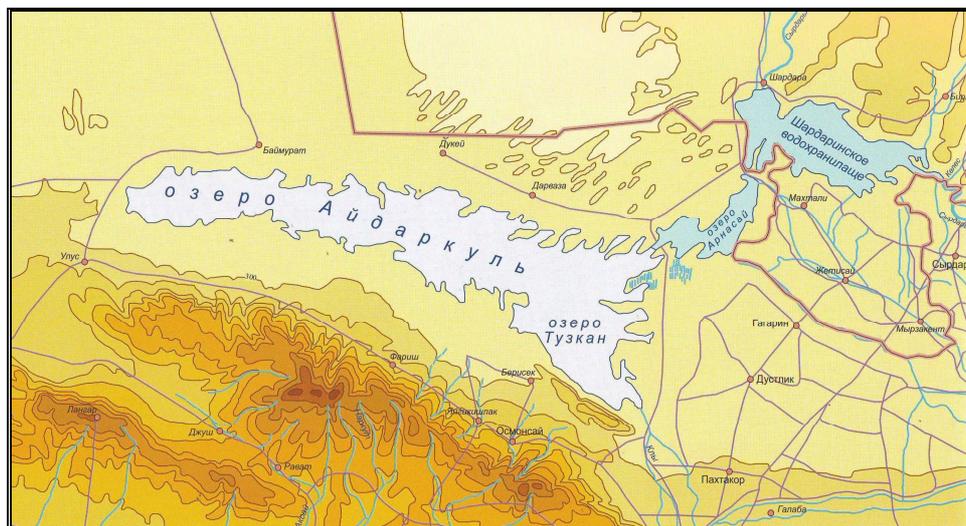


Рисунок 1 – Айдаро-Арнасайская система озер (ААСО)

ААСО, включающая Айдаркуль, Тузкан и Восточно-Арнасайские озера, сформировалась в 1969 г. в результате сброса 21 км^3 воды из Шардаринского водохранилища. Она является крупнейшей озерной системой в Узбекистане и расположена в среднем течении реки Сырдарья – на стыке Голодноостепского плато с пустыней Кызылкум и на юге ограничивается Нуратинским горным поднятием.

К началу 90-х гг. приток коллекторно-дренажных вод стабилизировал уровень воды на отметке 237 м. Но возобновившиеся с 1993 г. попуски из Шардаринского водохранилища подняли уровень воды, и в 2005 г. он составил 246,5 м. В 2004 г. в результате сброса значительного количества воды из Шардаринского водохранилища, в Джизакской и Навоийской областях оказались затопленными 180 тыс. га земель. При увеличении озерной системы приращение площадей происходило по всему периметру водоема.

Ширина восточной части озера Айдаркуль составляет 28,33 км, средней части – 22,40 км, западной – 23,80 км. Максимальную ширину из всей озерной системы имеет озеро Тузкан – 34,84 км. Максимальная длина водоема при отметке уровня 246,54 м составляет 160,36 км, его объем – $41,10 \text{ км}^3$. Соответственно изменилась и максимальная глубина озерной системы, которая увеличилась до 33,64 м. Средняя глубина всего водоема оценивается в 12,54 м [3].

Для аккумуляции части зимне-весенних сбросов из Шардаринского водохранилища и дальнейшего их использования с целью улучшения водообеспеченности орошаемых массивов части Голодной степи построили Верхне-Арнасайское водохранилище, которое было введено на проектный эксплуатационный режим в 2005 г. Образованное Арнасайское водохранилище имеет объем 605 млн м^3 , его мертвый объем – 130 млн м^3 (таблица 1).

Под чашу водохранилища используется большая часть цепочки Восточно-Арнасайских озер, протянувшихся от Шардаринского водохранилища до озера Айдаркуль и собирающих воду основных коллекторов Голодной степи.

Таблица 1 – Многолетние характеристики Арнасайского водохранилища [3]

Год	На 1 января			Годовое изменение уровня, м	Максимальный годовой уровень, м	Минимальный годовой уровень, м	Годовая амплитуда уровня, м	Сброс воды из Шардаринского водохранилища, млн м ³
	уровень, м	объем, млн м ³	площадь, км ²					
2004	247,36	450,00	153,6	-	247,38	246,16	1,22	2832,0
2005	246,67	347,50	141,0	-0,69	250,71	246,67	4,04	2197,4
2006	247,01	394,00	145,2	0,34	249,00	246,62	2,38	261,8
2007	246,62	340,18	140,4	-0,39	249,65	246,62	3,03	787,8
2008	247,50	471,00	157,0	0,88	249,00	246,40	2,60	973,9
2009	246,57	333,60	139,8	-0,93	248,95	246,56	2,39	211,7
2010	247,67	498,00	161,1	1,10	250,50	247,67	2,83	839,8
2011	248,89	710,00	188,6	1,22	249,98	248,89	1,09	197,0
2012	247,09	407,13	147,2	-1,80	249,72	-	-	1628,0

Госкомприроды Республики Узбекистан с привлечением различных организаций (САНИГМИ, Узгидромет и др.) проводит работы по изучению состояния и перспектив развития ААСО. Анализ состояния ААСО показывает, что начавшаяся с 2005 г. фаза снижения уровня воды водоемов и сложившийся на озерах характер водопользования сопровождаются признаками ухудшения экологического состояния данной системы и прилегающих к ней территорий. Это выражается в постепенном росте минерализации воды, снижении рыбопродуктивности, формировании деградированных участков осушенного дна и осолонении побережья.

При сопоставлении минерализации воды в 2006 и 2011 гг. было выявлено, что на большей части ААСО ее уровень увеличился на 1–2 г/л. При этом в Арнасайском водохранилище он практически оставался стабильным (в пределах значений 0,8–1,6 г/л). В озере Тузкан, в которое впадают все коллекторы, повышение уровня минерализации за эти годы не превысило 1–1,5 г/л, а в озере Айдаркуль, содержащем более 80 % водных масс озер, минерализация воды за 5 лет повысилась на 2,0 г/л и достигла 10 г/л [3].

В 2005–2011 гг. уровень воды в озере Айдаркуль понизился на 1,5 м, что привело к пока еще незначительному осушению береговой полосы. К сентябрю 2011 г. площадь осушенного дна ААСО составила 30 тыс. га.

В настоящее время ААСО приобретает важное природоформирующее значение как для Республики Узбекистан, так и для всей Центральной Азии. Она стала местом гнездовий, остановок при перелетах или на зимовку значительного количества водоплавающих и околоводных птиц, включая виды, занесенные в Международную Красную книгу и Красную книгу Республики Узбекистан.

В 2008 г. ААСО была включена в Рамсарский список водно-болотных угодий, имеющих международное значение, тем самым и ответственность за сохранение этой озерной системы возрастает.

При этом увеличение притока дренажных вод несколько снижает отрицательные последствия от сокращения поступления воды из Шардаринского водохранилища. Среднегодовой расход воды коллекторов, впадающих в ААСО за 2005–2013 гг., в целом демонстрирует положительную динамику, несмотря на то, что расход воды коллекторов Клы и Акбулак за указанный период несколько снижается (таблица 2).

В соответствии с таблицей 2 за прошедшие 13 лет поступление воды в ААСО из данных коллекторов в целом не уменьшилось. В результате проведенных исследований были изучены гидрологический и гидрохимический режимы коллекторов, впадающих в ААСО за 2013 г. (рисунок 2).

Таблица 2 – Среднегодовой расход воды ($Q_{\text{ср.год}}$, м³/с) и показатели минерализации (М, г/л) в коллекторах, впадающих в ААСО

Коллектор	2000 г.		2005 г.		2010 г.		2013 г.	
	$Q_{\text{ср.год}}$, м ³ /с	М, г/л	$Q_{\text{ср.год}}$, м ³ /с	М, г/л	$Q_{\text{ср.год}}$, м ³ /с	М, г/л	$Q_{\text{ср.год}}$, м ³ /с	М, г/л
ЦГК	47,74	3,59	38,81	4,50	68,53	4,59	50,52	3,88
Клы	11,21	5,00	16,58	2,50	11,04	2,63	10,30	3,02
ПК-6	1,60	5,26	1,01	2,26	2,55	3,20	1,77	4,36
Акбулак	3,22	4,29	6,24	2,88	4,16	3,30	6,78	3,44

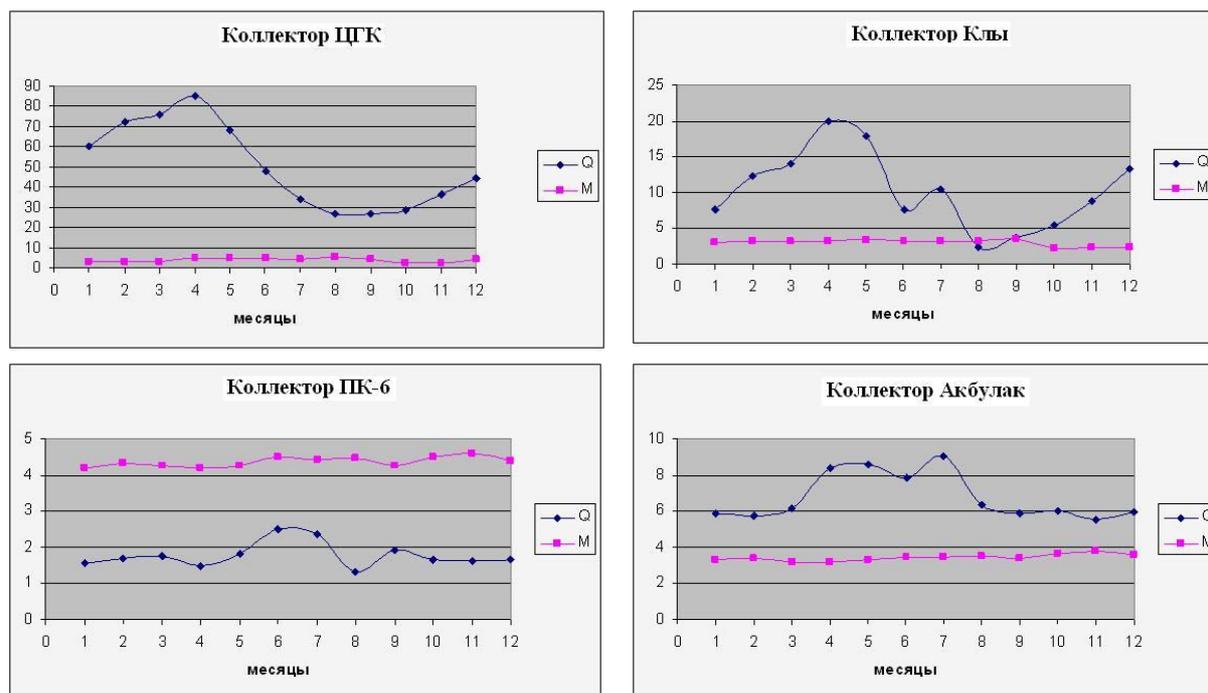


Рисунок 2 – Внутригодовые изменения расхода воды (Q , м³/с) и минерализации (М, г/л) за 2013 г. в коллекторах, впадающих в ААСО: ЦГК, Клы, ПК-6, Акбулак

В соответствии с рисунком 2 отчетливо выделяется третий тип гидрохимического режима коллекторных вод, когда минерализация воды почти не зависит от расхода воды в коллекторах.

В практических расчетах обычно используются графики взаимосвязи минерализации и расхода воды $M = f(Q)$. Ниже представлены данные графики для условий 2013 г. (рисунок 3).

В соответствии с рисунком 3 зависимость минерализации от изменения расхода воды является незначительной. Это еще раз подтверждает тот факт, что гидрологический и гидрохимический режимы данных коллекторов принадлежат к третьему выделенному типу. Необходимо изменить существующее на данный момент отношение к коллекторно-дренажным водам, рассматривая их с точки зрения эколого-географического подхода, то есть учитывать не только объемы воды, отведенной коллекторами, а также происходящие изменения природных ландшафтов в том или ином ирригационном районе.

Следует уделить особое внимание проблеме изучения возможности использования коллекторно-дренажных вод в народном хозяйстве в современных условиях. Варианты их использования различны:

- на местах их формирования;
- за пределами бассейнов коллекторов и др.

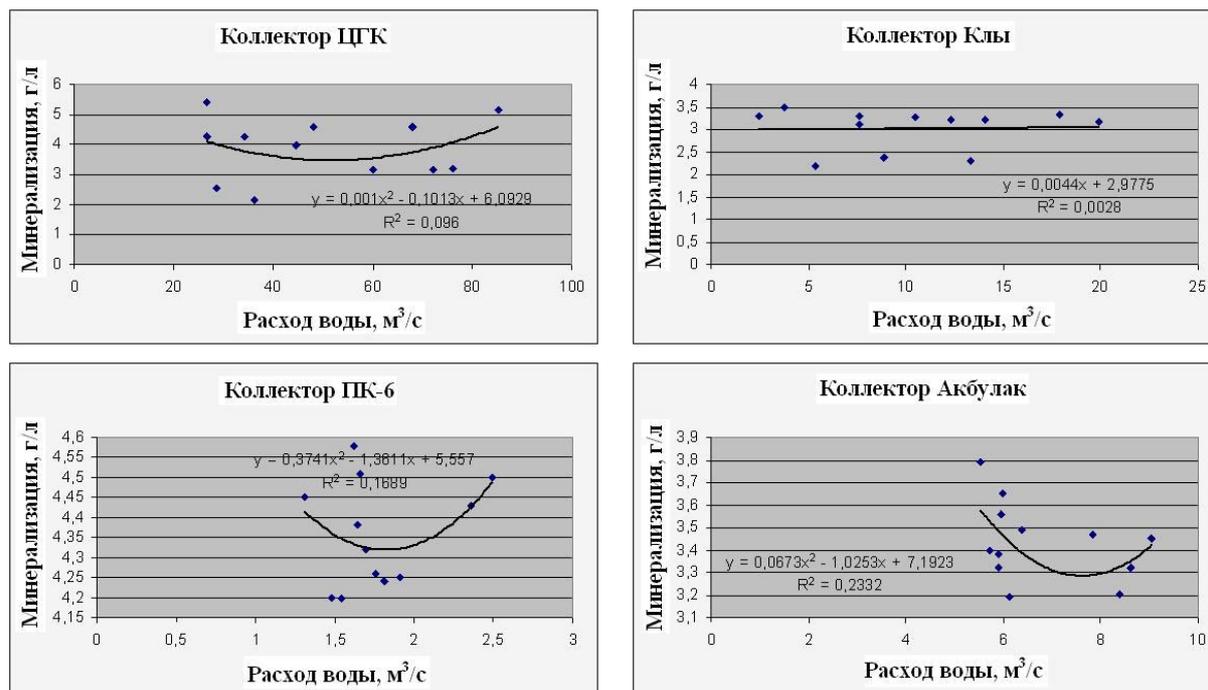


Рисунок 3 – Зависимость изменения минерализации от расхода воды за 2013 г. в коллекторах, впадающих в ААСО: ЦГК, Клы, ПК-6, Акбулак

Выбор оптимального варианта должен быть экономически или социально обоснован. В качестве рекомендации следует отметить следующее:

- обеспечить ежегодные гарантированные санитарные попуски в ААСО с целью стабилизации водно-солевого режима. Обосновать потребности водных ресурсов для поддержания экологического состояния ААСО на приемлемом уровне в рамках внедрения интегрированного управления водными ресурсами среднего течения реки Сырдарья;

- проанализировать различные варианты регулирования водно-солевого баланса различных частей озерной системы. Оценить их эффективность и возможности реализации;

- для стабилизации гидрохимического режима озер необходимо создать проточность водоемов, что позволит эффективно использовать водные ресурсы озерной системы в течение длительного периода;

- следует подготовить научный международный проект по рациональному использованию водно-земельных ресурсов всего бассейна реки Сырдарья с участием специалистов из Узбекистана, Таджикистана, Кыргызстана и Казахстана, в результате осуществления которого появится возможность найти компромиссные решения по вопросам водных функций (обеспечение населения питьевой водой, снабжение промышленности водой, ирригация и гидроэнергетика);

- в том числе и в Республике Узбекистан коллективом сотрудников научно-исследовательского института ирригации и водных проблем (НИИИВП) при ТИИМ разрабатывается проект «Повышение эффективности управления и использования водных ресурсов в среднем течении бассейна реки Сырдарья (Чирчик-Ахангаранский ирригационный район);

- данный проект направлен на решение научно-технических проблем, исследование образования на территории Чирчик-Ахангаран-Келесского ирригационного района (ЧАКИР) 4,5–5,0 км³/год сбросной воды, создание необходимых механизмов для ее регулирования и использования в дальнейшем с целью повышения водообеспеченности территорий в пределах среднего течения реки Сырдарья, а также поддержания устойчивого состояния ААСО.

Список использованных источников

- 1 Чембарисов, Э. И. Гидрохимия орошаемых территорий (на примере Аральского моря) / Э. И. Чембарисов. – Ташкент: Фан, 1988. – 104 с.
- 2 Чембарисов, Э. И. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии / Э. И. Чембарисов, Б. А. Бахритдинов. – Ташкент: Укитувчи, 1989. – 232 с.
- 3 Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов в Республике Узбекистан (2008–2011 гг.). – Ташкент: CHINOR ENK, 2013. – 254 с.

УДК 626.862

Х. М. Якубова, И. А. Усманов

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Ташкент, Республика Узбекистан

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ДЕФИЦИТА РЕЧНЫХ ВОД В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ БАССЕЙНА РЕКИ СЫРДАРЬИ

В статье приведены результаты оценки состава и качества возвратных коллекторно-дренажных вод Сырдарьинской и Джизакской областей с целью установления возможности повторного их использования для орошения сельскохозяйственных культур. Целью исследований явилось определение уровня минерализации и химического состава коллекторно-дренажных вод бассейна среднего течения реки Сырдарьи и оценка объемов образующихся коллекторно-дренажных вод. Установлено, что их минерализация в Сырдарьинской области составляет 1,5–3,5 г/л, а в Джизакской области – 2,2–8,4 г/л. По химическому составу коллекторно-дренажные воды в Сырдарьинской области относятся преимущественно к хлоридно-сульфатному типу, а в Джизакской области – к гидрокарбонатно-сульфатному типу минерализации. Проанализированы существующие классификации коллекторно-дренажных вод по возможности использования для орошения с учетом их химического состава, предложенных математических формул и рекомендаций. Результаты исследований показали, что около 1,2 млрд м³ образующихся коллекторно-дренажных вод являются резервом и могут быть использованы как дополнительный водный источник для орошения сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: водные ресурсы, дефицит воды, объем и качество коллекторно-дренажных вод, состав солей, Сырдарьинская область, Джизакская область, минерализация воды, объемы образующихся дренажных вод.

Ряд естественных маловодных лет, наблюдаемых в последние годы (2000–2001, 2010–2011 гг.), а также антропогенное изменение стока реки Сырдарьи наносит значительный ущерб народному хозяйству, и в т. ч. аграрному комплексу. Из-за засухи и нехватки поливной воды сельские жители также ощущают большие трудности и несут потери доходов от приусадебных участков.

В такие годы нередко дренажные и откачиваемые скважинами воды являются дополнительным источником для покрытия дефицита оросительной воды. В маловодные годы для равномерного водообеспечения районов и хозяйств необходимо рациональное распределение выделяемых в пределах лимита водных ресурсов с учетом использования для полива коллекторно-дренажных (в т. ч. из скважин) вод (КДВ). Как известно, стихийное использование дренажно-сбросных вод без научного обоснования практикуется повсеместно. Однако их использование без учета химического состава, оценки качества их по пригодности в тех или иных природно-хозяйственных и почвенно-гидрогеолого-мелиоративных условиях может привести к отрицательным последствиям.

Следует также отметить, что определенных нормативных требований, предъявляемых к качеству и составу используемых в сельском хозяйстве КДВ, до настоящего времени не существует.

В мировой науке и практике накоплен огромный опыт использования минерализованных дренажно-сбросных вод для повторного орошения сельскохозяйственных культур [1, 2]. Вопросам повторного использования дренажно-сбросных и откачиваемых вод для орошения посвящен ряд работ (Н. М. Решеткина, Э. И. Чембарисов, М. А. Якубов и др. [3–5]).

В Узбекистане для устранения дефицита воды в основном используют периодическое орошение сельскохозяйственных культур КДВ, которое осуществляется ежегодно в периоды вегетации.

Главными водоотводящими трактами КДВ являются Центральный Голодностепский коллектор (ЦГК), коллектор Шурузьяк, Главный пойменный коллектор (ГПК), ЦК-9, Акбулакский коллектор.

Водоприемниками формируемых КДВ служат Арнасайские озера (39–52 %), река Сырдарья (49–53 %), Южно-Голодностепский канал (3–5 %) и канал Дустлик (1–2 %). ЦГК свои возвратные воды, общая минерализация которых составляет 4–6 г/л, отводит в Арнасайскую впадину. Коллектор Шурузьяк свои воды с уровнем минерализации 2,5–3,5 г/л и ГПК воды с минерализацией 2–3 г/л отводят в реку Сырдарью. КДВ Фархадского массива собираются коллекторами СК-2, СК-2-1, СК-2-2, СК-3 и отводятся в улавливающий коллектор, откуда насосами подаются в Южно-Голодностепский канал. Их минерализация колеблется в пределах 1,5–2,0 г/л.

КДВ с юго-восточной части Баяутского района (массив Султанхауз) по коллектору ВП-9 и Главному коллектору с минерализацией 2,0–2,5 г/л сбрасываются в межреспубликанский канал Дустлик. Объемы КДВ в зависимости от водности года составляют 1,50–2,05 млрд м³.

Максимальные расходы воды в коллекторах наблюдаются, как правило, в период вегетации и весной после осенне-зимних промывок засоленных площадей. В крупных коллекторах, таких как ЦГК, среднемесячные расходы воды колеблются в значительных пределах от 25 до 95 м³/с, а в средних коллекторах, таких как Акбулак и ДГК, – от 5 до 27 м³/с в отдельные месяцы.

Эти данные свидетельствуют о том, что при общей нехватке поливной воды из водозаборов почти в 1,0 млрд м³ на территории Голодной степи формируется до 1,50–2,05 млрд м³ возвратных КДВ.

Для уточнения и дополнения результатов ранее выполненных исследований нами отобраны пробы воды из крупных коллекторов и определены главные ионы (таблица 1). Обобщение материалов литературных источников и данных собственных исследований показывает, что КДВ Сырдарьинской области по составу преимущественно относятся к хлоридно-сульфатному и магниевому-натриевому типу минерализации. Иногда преобладающим является сульфатно-хлоридный тип (Баяутский коллектор). Среди катионов преобладают магний, натрий и кальций.

В Джизакской области в коллекторах Галляаральского района вода пресная, минерализация их составляет 0,719–1,290 г/л, они относятся к гидрокарбонатно-сульфатному типу. В других же районах уровень минерализации воды более высокий и составляет 2,20–8,45 г/л.

При использовании минерализованных вод для орошения необходимо оценивать качество воды по пригодности на основе имеющихся классификаций.

Важным показателем пригодности воды для орошения является отношение содержания натрия к содержанию кальция и магния. Так, по указанному отношению в классификации А. М. Можейко и Т. К. Воротник [6] оценивается опасность осолон-

цевания почв. Считается, что, если соотношение Na и суммы Ca и Mg составляет 75 %, вода весьма опасна, при 66–75 % – опасна, при < 65 % – неопасна по осолонцеванию.

Таблица 1 – Химический состав воды основных коллекторов Голодной степи (июль 2014 г.)

В числителе – в г/л, в знаменателе – в мг-экв./л

Название коллектора	Минерализация, г/л	Анион			Катион		
		НСО ₃ ⁻	Сl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺
По Сырдарьинской области							
Шурузьяк, устье	2,748	<u>0,325</u>	<u>0,270</u>	<u>1,277</u>	<u>0,270</u>	<u>0,146</u>	<u>0,312</u>
		5,33	7,61	26,59	13,50	12,17	13,58
ВС-13	3,020	<u>0,213</u>	<u>0,246</u>	<u>1,689</u>	<u>0,350</u>	<u>0,190</u>	<u>0,332</u>
		3,47	6,92	35,18	17,50	15,83	14,44
ГПК	2,098	<u>0,183</u>	<u>0,350</u>	<u>1,008</u>	<u>0,240</u>	<u>0,102</u>	<u>0,307</u>
		3,00	9,86	21,00	12,00	8,50	13,36
Овражный	4,560	<u>0,171</u>	<u>0,155</u>	<u>1,248</u>	<u>0,280</u>	<u>0,096</u>	<u>0,259</u>
		2,80	4,37	25,96	13,97	7,89	11,27
По Джизакской области							
Шорбулак	1,273	<u>0,122</u>	<u>0,259</u>	<u>0,576</u>	<u>0,040</u>	<u>0,120</u>	<u>0,217</u>
		2,00	7,30	11,98	2,00	9,86	9,42
Клы	2,803	<u>0,060</u>	<u>0,069</u>	<u>1,920</u>	<u>0,500</u>	<u>0,144</u>	<u>0,140</u>
		1,00	1,94	39,94	24,95	11,84	6,09
Тукурсай	3,051	<u>0,110</u>	<u>0,225</u>	<u>1,920</u>	<u>0,420</u>	<u>0,216</u>	<u>0,215</u>
		1,80	6,34	39,94	20,96	17,77	9,37
Акбулак	4,598	<u>0,084</u>	<u>0,623</u>	<u>2,496</u>	<u>0,440</u>	<u>0,144</u>	<u>0,853</u>
		1,39	17,55	51,92	21,96	11,84	37,07
ЦК-9	8,457	<u>0,093</u>	<u>1,039</u>	<u>4,800</u>	<u>0,400</u>	<u>0,420</u>	<u>1,751</u>
		1,53	29,27	99,84	19,96	34,52	76,20

И. Н. Антипов-Каратаев [7] предлагает оценивать воду по следующей зависимости:

$$K = \frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{Na^{+} + 0,23 \cdot S}$$

где Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ – количество ионов в поливной воде, мг-экв./л;

S – минерализация воды, г/л;

0,23 – переводной коэффициент.

Согласно данной классификации вода считается пригодной, если K > 1, и непригодной, если K < 1.

По классификации М. Ф. Буданова [8] считается, что при соотношении

$$\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{Na^{+}} = 1,0 - 0,5$$

вода пригодна для орошения.

За рубежом широко пользуются классификацией Е. Н. Гапона [9], учитывающей натриево-адсорбционное соотношение (SAR):

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

где Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ – содержание в воде катионов, мг-экв./л.

По этой классификации считается, что при $SAR < 10$ вода неопасна по осолонцеванию, при $SAR = 10...18$ опасность средняя, при $SAR = 18...26$ – высокая и при $SAR > 26$ – очень высокая.

За рубежом также широко применяется классификация L. V. Wilcox [10].

Т. П. Глуховой [11] предложена классификация, учитывающая химический состав вод: минерализацию, ионы хлора, соотношение Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , а также щелочность. По этой классификации вода является пригодной для орошения легких почв при ее минерализации менее 4 г/л, по содержанию иона Cl и щелочности – при условии их содержания в воде менее 0,5 г/л.

Э. И. Чембарисовым [12] разработана классификация для оценки ирригационного качества воды коллекторов Средней Азии, которая позволяет определить возможность общего засоления почв, содообразования, натриевого и магниевое осолонцевания и хлоридного засоления.

Одной из используемых в условиях Средней Азии является классификация, разработанная в САНИИРИ [13].

Указанные классификации легли в основу оценки качества поливной воды при определении их пригодности для орошения. Расчеты показали, что КДВ, имеющие минерализацию 2,0–4,0 г/л, являются вполне пригодными для поливов сельхозкультур (таблица 2).

По результатам сбора и обобщения гидрологических и гидрохимических характеристик, оценки химического состава и качества вод, обобщения многолетних данных об изменении среднемесячных расходов воды в основных коллекторах нами рассчитаны объемы образующихся вод, формируемых в Сырдарьинской и Джизакской областях.

Сведения об объемах КДВ и их качестве для вегетационного периода по районам Сырдарьинской области для маловодных лет свидетельствуют о том, что в области формируется до 81,7 млн м³ КДВ удовлетворительного качества и 436,4 млн м³ слабо удовлетворительного качества, являющихся резервом для орошения в вегетационный период. Объемы КДВ, оцениваемых как плохие, составляют около 272,2 млн м³.

На основе статистической обработки многолетних данных по объемам КДВ, оценки их качества и установления взаимосвязи между водозабором и дренажным стоком по районам Сырдарьинской области разработаны рекомендации по перераспределению лимита речной воды для маловодных лет и повышению коэффициента водообеспеченности орошаемых площадей за счет использования некоторых объемов КДВ.

Данные таблицы 2 показывают, что в маловодные годы объем лимитированных водных ресурсов, распределяемых областными водохозяйственными органами, составляет 1622,2 млн м³, и при этом коэффициент водообеспеченности земель равен $K_{во} = 0,58$.

Использование КДВ для полива в такие периоды года позволяет увеличить объемы используемой воды до 2292,5 млн м³ и повысить коэффициент водообеспеченности земель до 0,83.

Аналогичные расчеты объемов КДВ для различной степени обеспеченности расходов воды в коллекторах выполнены в разрезе районов Джизакской области. Согласно расчетам воды с хорошим качеством имеются только в коллекторах Галляаральского района: 9,28 млн м³ (0,580 м³/с – в период вегетации) и 19,68 млн м³ (0,624 м³/с – за год).

Общий объем формируемых слабоминерализованных КДВ с постоянным расходом (при 50%-ной водообеспеченности) в период вегетации составляет 166,9 млн м³, а в годовом разрезе – около 350 млн м³.

Если дренажно-сбросные воды имеют повышенную минерализацию, их можно использовать после смешивания с пресной арычной водой в пропорциях, рассчитываемых на основе вышеприведенной зависимости.

Таблица 2 – Оценка качества КДВ Сырдарьинской и Джизакской областей по различным классификациям

Метод оценки, автор	Формула	Требования по использованию	Предел минерализации КДВ, которые можно использовать по данной классификации
По А. Усманову (САНИИРИ)	$\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}}$	I группа – можно II группа – можно на фоне мелиорации	1,6–2,5 г/л – можно > 2,5 г/л – можно на фоне дополнительных мероприятий
По Т. П. Глухой	$M < 4,0 \text{ г/л}; Cl^- < 0,5$	I группа – можно использовать	2–4 г/л – можно использовать на легких почвах
По Э. И. Чембарисову	K_1, K_2, K_3, K_4		До 3 г/л можно использовать на фоне дополнительных мероприятий
По И. Н. Антипову-Каратаеву и Г. М. Кадер	$K = \frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{Na^+ + 0,23 \cdot S}$	$K > 1$ – можно $K < 1$ – опасно	1,60–4,0 г/л – можно
Американский (SAR)	$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$	$SAR < 8$ – можно $SAR > 8$ – опасно	1,60–4,30 г/л – можно 3,0–4,3 г/л – опасно
По М. Ф. Буданову	$K = \frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{Na^+}$	$K > 1$ – можно $K < 1$ – опасно	1,6–4,0 г/л – можно 3,0–8,2 г/л – опасно
По А. М. Можейко и Т. К. Воротник	$K = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$	$K < 2$ – можно $K > 2$ – опасно	1,6–4,0 г/л – можно > 5,0 г/л – опасно

В отдельных случаях, если позволяют топографические условия местности, КДВ могут аккумулироваться во временных водохранилищах, откуда их можно будет подавать самотечным или механическим способом для орошения нижележащих земель.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в Голодной степи около 1,2 млрд м³ КДВ могут быть использованы как дополнительный источник для покрытия дефицита речной воды, создаваемого в результате нарушения режима попусков воды по реке Сырдарье.

Список использованных источников

1 Минашина, Н. Г. Орошение минерализованными водами и расчет промывного режима / Н. Г. Минашина // Использование минерализованных вод для орошения. – М., 1973. – С. 67–69.

2 Нестерова, Г. С. Возможность использования соленых вод для орошения сельскохозяйственных культур / Г. С. Нестерова. – М.: Колос, 1972. – 137 с.

3 Решеткина, Н. М. Вертикальный дренаж / Н. М. Решеткина, Х. И. Якубов. – М.: Колос, 1978. – 319 с.

4 Чембарисов, Э. И. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии / Э. И. Чембарисов, Б. А. Бахретдинов. – Ташкент: Укитувчи, 1989. – 231 с.

5 Якубов, М. А. Коллекторно-дренажный сток Центральной Азии и оценка его использования на орошение / М. А. Якубов, Х. И. Якубов, Ш. Х. Якубов. – Ташкент: Узбекистан, 2011. – 189 с.

6 Можейко, А. М. Гипсование каштановых солонцеватых почв УССР, орошаемых минерализованными водами, как метод борьбы с солонцеванием этих почв / А. М. Можейко, Т. К. Воротник // Труды УкрНИИП. – 1958. – Т. 3. – С. 59.

7 Антипов-Каратаев, И. Н. К мелиоративной оценке поливной воды, имеющей щелочную реакцию / И. Н. Антипов-Каратаев, Г. М. Кадер // Почвоведение. – 1961. – № 3. – С. 60–65.

8 Буданов, М. Ф. Требования к качеству оросительных вод / М. Ф. Буданов // Водное хозяйство. – Киев: Урожай, 1965. – Вып. 1. – С. 38–56.

9 Гапона, Е. Н. К теории обменной адсорбции в почвах / Е. Н. Гапона // Журнал общей химии. – 1933. – Т. 3, вып. 2. – С. 33–42.

10 Wilcox, L. V. Determination of the quality of irrigation water / L. V. Wilcox // Agric. Inform. Publ. – Washington, 1958. – P. 197.

11 Глухова, Т. П. Почвенные процессы при орошении минерализованными водами / Т. П. Глухова. – Ташкент: Фан, 1977. – 128 с.

12 Чембарисов, Э. И. Коллекторно-дренажные воды Средней Азии: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: 11.00.07 / Чембарисов Эльмир Исмаилович. – М., 1990. – 47 с.

13 Усманов, А. У. К вопросу методологии оценки качества дренажных вод в целях использования их на орошение / А. У. Усманов // Сборник научных трудов САНИИРИ. – Ташкент, 1978. – Вып. 156. – С. 55–63.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.347.4

А. А. Чураев, Т. А. Погоров, В. Э. Завалюев

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПРИВОДА ХОДОВЫХ ТЕЛЕЖЕК ДЛЯ МНОГООПОРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В статье представлены типы всех приводов ходовых тележек современных широкозахватных многоопорных дождевальных машин. Описан принцип их работы, достоинство и недостатки. Сформулированы общие технические требования к функциональным параметрам привода тележек многоопорных дождевальных машин нового поколения.

Ключевые слова: дождевальная машина, ходовая тележка, гидравлический привод, электрический привод, система защиты, система автоматической работы.

В современных широкозахватных многоопорных дождевальных машинах (ДМ) в настоящее время используются три типа привода ходовых тележек [1–7]: гидропривод от оросительной воды, гидропривод с замкнутой гидравлической системой, электропривод.

Гидравлический привод с использованием оросительной воды.

ДМ с гидроприводом ходовых тележек от оросительной воды сравнительно сложны, для их монтажа и эксплуатации требуются рабочие высокой квалификации. Машина предъявляет также высокие требования к качеству оросительной сети и чистоте поливной воды.

ДМ имеет стоп-устройство для остановки в заданном месте, систему электрической защиты для аварийной остановки.

Электрическая система аварийной защиты при простоте ее реализации имеет недостатки, главными из которых являются наличие аккумуляторной батареи, требующей периодической подзарядки, и малонадежная работа ртутных переключателей. На тех машинах, которые работают с автономными электрическими насосными станциями (передвижными, глубинными на скважинах) при наличии электроэнергии, аккумуляторная батарея исключается. Вместо нее в блоке сигнализации устанавливают блок питания 220 В переменного тока с преобразованием в постоянное напряжение 24 В. Для повышения надежности работы переключателей проработан вариант электрической защиты с периодическим высоковольтным пробоем их ртутного перехода.

В гидравлической системе защиты использован принцип импульса давления. При установке этой системы ртутные переключатели заменяют гидравлическими размыкателями клапанного типа, сбрасывающими давление воды в системе защиты [1].

Конструкция гидропривода ДМ «Фрегат» при всех модернизациях имеет ряд недостатков [1, 2, 7, 8]:

- расход воды для питания гидроцилиндров составляет около 3 л/с;
- мощность гидропривода ограничивается диаметром цилиндра и давлением воды;
- привод имеет трущуюся пару «цилиндр – поршень»;
- сложная кинематика передаточного механизма;

- привод имеет холостой ход;
- привод не обеспечивает торможение колес.

Дальнейшие работы по созданию гидропривода проводились в направлении использования в качестве силового элемента отечественных резинокордных оболочек (сильфонов) [8]. Были проработаны несколько конструкций гидропривода, которые частично сняли вышеупомянутые недостатки. Разработанные конструкции защищены авторскими свидетельствами, прошли испытания и рекомендованы к производству. Однако и эта конструкция гидропривода имеет свои недостатки, для устранения которых необходим принципиально новый подход к проблеме. На повестке дня стоит вопрос о создании гидростатических приводов с использованием замкнутой масляной системы.

Гидравлический привод с замкнутым циклом.

Замкнутый гидропривод (автономная гидравлическая система) состоит из общего гидронасоса, гидродвигателей на каждом колесе опорной тележки, нагнетательной и сливной магистралей, устройств автоматического управления [2–4]. Система заполняется экологически безопасной гидравлической жидкостью.

На рисунке 1 представлена ДМ фирмы T-L с гидроприводом. Каждая опорная тележка перемещается непрерывно и плавно, что дает существенное преимущество перед электроприводом [3]. Уменьшается вероятность пробуксовки и застревания колес опорных тележек.



Рисунок 1 – ДМ фирмы T-L с гидроприводом

Передача вращения может осуществляться непосредственно от гидромоторов, которые установлены на каждом колесе опорной тележки (рисунок 2), а также через зубчатый или червячный редукторы (рисунок 3) [4].



Рисунок 2 – Гидравлический мотор привода колеса опорной тележки ДМ T-L



а



б

Рисунок 3 – Редукторы: *а* – зубчатый; *б* – червячный

ДМ комплектуются четырех- и двухколесными центральными тележками (рисунок 4).



а



б

**Рисунок 4 – Центральные опорные тележки ДМ:
а – четырехколесная; *б* – двухколесная**

Управление скоростью передвижения тележек осуществляется с помощью гидроклапанов. Управление может осуществляться как в ручном, так и в автоматическом режиме. Система управления через компьютер состоит из аппарата включения и выключения системы, устройства регулирования скорости движения и включения заднего хода, устройства подачи удобрений и гербицидов, прибора включения (выключения) концевого дождевального аппарата (при движении по кругу). Измеряются и записываются следующие параметры: поливная норма, время полива, скорость концевой тележки. Дистанционный монитор служит для подключения сотовой или радиосвязи управления.

Система автоматической работы машины по курсу и в линию, а также система защиты от аварийных ситуаций также в большинстве случаев гидравлическая. Электрическая система машины управляется от аккумулятора, установленного на центральной тележке.

Движение опорных тележек ДМ с гидростатическим приводом, в отличие от машин с электроприводом, осуществляется постоянно, без остановок, что значительно улучшает равномерность полива. Кроме того, преимуществом таких машин считается уменьшение количества аварийных ситуаций и меньший износ некоторых узлов.

Основные недостатки:

- трудоемкость в обслуживании;

- для заполнения гидравлической системы ДМ требуется около 500 л гидравлического масла, рабочее давление масла в гидросистеме составляет около 120 атм., что при наличии 800 м маслопроводов и не менее 150 различных клапанов, соединительных элементов и т. п. свидетельствует о возможных рисках протечки, особенно при длительном сроке эксплуатации ДМ;

- высокое давление в гидросистеме небезопасно для обслуживающего персонала;
- низкий КПД гидромоторов (не более 68 %);
- наличие гидромоторов по 2 шт. на каждой опорной тележке и перемещение их всех одновременно ведут к увеличению затрат мощности;
- низкий нормативный срок службы гидромоторов (4000 моточасов);
- взрыво- и огнеопасность применяемой в гидросистеме рабочей жидкости;
- необходимость изготовления многих элементов гидропривода с высоким классом точности усложняет конструкцию и повышает стоимость их изготовления (примерно на 30 %);

- невозможность передачи энергии на большие расстояния из-за больших потерь на преодоление гидравлических сопротивлений и резкое снижение КПД гидросистемы.

Ввиду перечисленных выше недостатков ДМ с гидроприводом не получили существенного распространения за рубежом. По имеющимся данным, в общей парке широкозахватных ДМ машины с гидроприводом занимают около 6 % в США. Наиболее широко они использовались в Австралии, однако в последние годы до 80 % таких ДМ были переоборудованы под электропривод.

Электромеханический привод тележек ДМ.

Привод передвижения машины электромеханический. Питание с напряжением 380 В от внешней электрической сети или от автономной энергетической установки подается по кабелю от трансформаторной понизительной станции в шкаф управления машины и далее через систему управления электроприводом подводится к электродвигателям мотор-редукторов, которые через карданную трансмиссию и колесные редукторы вращают пневмоколеса тележек [2, 5–7].

Опорная тележка представляет собой сварную пространственную раму из элементов трубчатого профиля, опирающуюся на четыре или два колеса (рисунок 5). Некоторые ДМ оснащены гидравлической системой для поднятия поливного трубопровода.



а



б

Рисунок 5 – Опорные тележки: а – четырехколесная; б – двухколесная

Как правило, в машинах центральный пролет оборудуется четырехколесной опорной тележкой, а остальные – двухколесной. На центральной опорной тележке устанавливается электрическая станция. Опорные тележки имеют широкую колесную базу для повышения устойчивости на пересеченной местности. Размеры шин подбирают исходя из конкретных агроландшафтных условий.

Для улучшения проходимости некоторые фирмы предусмотрели комплектовку ДМ трехколесными опорными тележками (рисунок 6), которые имеют большую силу сцепления по сравнению с двухколесной.



Рисунок 6 – Трехколесная опорная тележка

Конструкция обладает повышенной прочностью несущей балки и редуктора центрального колеса. Третье колесо добавляют на опору для снижения давления на почву, уменьшения вероятности буксования опорных тележек.

Импортные ДМ могут комплектоваться шарнирной четырехколесной опорной тележкой (рисунок 7), что вдвое увеличивает проходимость по сравнению с двухколесной.



Рисунок 7 – Шарнирная четырехколесная опорная тележка

Все четыре колеса имеют независимый привод и сохраняют контакт с грунтом.

Для повышения проходимости на тяжелых почвах ДМ могут оснащаться гусеничными опорными тележками (рисунок 8).

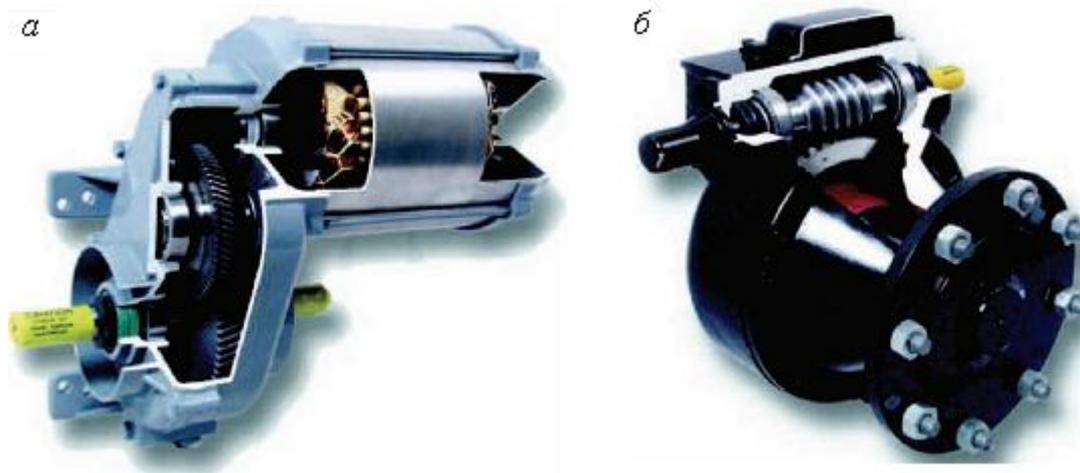


Рисунок 8 – Шарнирная гусеничная опорная тележка

Гусеницы копируют рельеф почвы, имеют более высокий коэффициент сцепления с почвой, оставляют неглубокие борозды благодаря увеличению опорной площади по сравнению с колесными тележками. Некоторые фирмы поставляют гусеничные опорные тележки со всеми моделями ДМ, траки подходят к различным размерам шин.

Вращение колес осуществляется мотор-редуктором через карданную трансмис-

сию (рисунок б), который устанавливается на каждой тележке (рисунок 9, а). Зубчатый мотор-редуктор мощностью 3–4 л.с (2,22–2,96 кВт) развивает достаточную скорость вращения (43 об/мин при частоте тока 60 Гц и 36 об/мин при частоте тока 50 Гц). Вращение колес от электродвигателя также может осуществляться через червячную передачу (рисунок 9, б), что развивает большой крутящий момент.



**Рисунок 9 – Механизмы привода опорных тележек:
а – мотор-редуктор; б – червячный редуктор**

Для сохранения прямолинейности поливного трубопровода имеются специальные электрические синхронизирующие устройства, включающие конечные выключатели, магнитные пускатели и блоки переключателей. Механизм управления подсоединен ко всем тележкам, за исключением первой и последней.

Управляют двигателями концевых тележек в режимах «Программное» и «Непрерывное», задаваемых переключателем движения. Пуск и остановка машин могут производиться как со шкафа управления, расположенного на неподвижной опоре машины, так и дистанционно с центрального пульта управления. ДМ обеспечены автоматической аварийной защитой от недопустимых смещений тележек относительно друг друга.

Машины просты в монтаже и эксплуатации, обслуживание их практически сведено к непродолжительному визуальному наблюдению в течение рабочей смены [9].

К недостаткам машины можно отнести отсутствие плавности хода, рывки опорных тележек в начале движения и на остановках, которые могут быть конструктивно устранены в процессе модернизации.

Выводы.

Современная машина должна работать на любых типах почв, вместе с поливной водой при необходимости вносить удобрения и гербициды, иметь возможность автоматического и дистанционного регулирования нормы полива и скорости движения тележек, дистанционного управления каждой опорной тележкой с пульта машины или местного пульта, иметь защиту и блокировку от возникновения аварийных ситуаций, систему автоматической диагностики и отображения, модемы (контролируемые пункты) для телемеханической связи с вышестоящими диспетчерскими пунктами. Конструкция машины должна иметь модульный принцип построения.

Общие технические требования к функциональным параметрам приводов тележек многоопорных ДМ нового поколения должны основываться на следующих позициях:

- возможность автоматического и дистанционного управления скоростью движения тележек, их пуском и остановкой с пульта машины или центрального пульта для исключения недопустимого выбега или отставания;

- конструктивное обеспечение системы непрерывного и плавного (без резких толчков) передвижения опорных тележек;
- возможность увеличения скорости движения опорных тележек в 2 раза для осуществления малоинтенсивного дождевания;
- привод колес должен быть гипоидным или планетарным и состоять из унифицированных комплексных узлов;
- опорные тележки должны быть оснащены облегченными колесами с резиновыми шинами или резинометаллическими гусеничными траками;
- использование электронной бесконтактной аппаратуры с соответствующим программным обеспечением, оптико-волоконных каналов связи, не только обеспечивающих функции реализации движения тележек, но и реализующих другие операции, которые связаны с реализацией технологии точного земледелия, что позволяет снизить общий вес машины и обеспечить надежность работы всех узлов.

Список использованных источников

- 1 Городничев, В. И. Автоматизация технологических процессов орошения: произв.-практ. изд. / В. И. Городничев. – М.: Росинформагротех, 2008. – 268 с.
- 2 Фокин, Б. П. Современные проблемы применения многоопорных дождевальных машин: науч. изд. / Б. П. Фокин, А. К. Носов. – Ставрополь, 2011. – 80 с.
- 3 Система дождевания T-L [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://micropoliv.com.ua/shop/mikrodozhdevanie/dozhdevalnye-mashiny/sistema-dozhdevaniya-t-l.html>, 2016.
- 4 Колеса опорной тележки дождевальной машины T-L [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zerno-ua.com/?p=8490>, 2016.
- 5 Каталог продукции Valley [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://act.su/sites/default/files/tech/prodcat_sept2011_rus_scr.pdf, 2016.
- 6 Круговые дождевальные машины Reinke [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yregion.ru/catalog/krugovye-dozhdevalnye-mashiny>, 2016.
- 7 Главный каталог. Автоматические системы орошения Urapivot [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sevkavagrottrade.ru/data/documents/prezentaciya-Ispaniya.pdf>, 2016.
- 8 Савушкин, С. С. Гидропривод широкозахватных дождевальных машин / С. С. Савушкин // Строительные и дорожные машины: материалы IX Междунар. форума по гидравлике, пневматике и приводам «Интердрайв-2012». – 2012. – С. 167–170.
- 9 Отличия электрического и гидравлического приводов в широкозахватных дождевальных машинах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aecompr.ru/spravinfo/gidravlika.pdf>, 2016.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 633.854.54:631.5

О. Л. Томашова, С. В. Томашов

Академия биоресурсов и природопользования Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО СОРТА ВОДОГРАЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМ ВЫСЕВА И СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Цель исследований – изучить влияние различных сроков сева и способов основной обработки почвы на продуктивность льна масличного сорта Водограй. Установлена высокая урожайность льна масличного в варианте с нормой высева 5 млн шт./га. Увеличение или уменьшение нормы высева приводило к снижению урожайности на 13,2–16,0 %. Применение глубокой обработки почвы, как отвальной, так и безотвальной, на 20–22 см вызывало уменьшение урожайности семян льна на 10–11 % в сравнении с вариантом поверхностной обработки (6,3 ц/га). В результате проведенных исследований было установлено, что для получения высокого урожая семян льна масличного достаточно почву обработать на глубину 8–10 см, а семена высеять нормой 5 млн шт./га.

Ключевые слова: лен масличный, урожайность, норма высева, обработка почвы, густота растений, количество ветвей и коробочек.

Введение. Расширение посевов льна масличного связано с тем, что он является основным источником сырья для производства технического масла. Эта культура характеризуется отличными биологическими и хозяйственными свойствами, а именно высокой засухоустойчивостью, скороспелостью, технологичностью выращивания, высокой урожайностью и рентабельностью [1].

В последние годы значительно возрос интерес сельхозпроизводителей ко льну масличному – культуре, альтернативной подсолнечнику. Однако технология выращивания этой культуры, особенно элементы сортовой агротехники, адаптированные к конкретным условиям, изучены недостаточно. Вопрос определения оптимальных параметров таких элементов технологии, как норма высева и обработка почвы, перед учеными стоял еще в прошлом веке. Так, по данным некоторых авторов, при увеличении нормы высева льна масличного в 2–3 раза (с 32 до 64 кг/га или с 30 до 90 кг/га) урожайность существенно не менялась. Если и было повышение или снижение, то незначительное, в пределах 1–4 % [2–4]. Другими учеными установлено, что при сплошном строчном способе сева лучшей нормой высева льна (с весом 1000 семян 7–8 г) в зоне Степи является 50 кг/га, при этом величина урожайности льна масличного напрямую зависит от количества растений на единице площади. Однако в загущенных посевах стебли вырастают высокие, тонкие и с небольшим количеством семенных коробочек, что приводит к уменьшению урожая семян и снижению устойчивости к болезням. В редких посевах стебли в поперечном разрезе имеют большой диаметр, более ветвистые, хорошо обсеменены и способны давать максимальный урожай [5, 6].

Обработка почвы под лен масличный – еще более сложный вопрос, который в первую очередь зависит от предшественника, затем от степени и характера засоренности полей, опасности проявления ветровой эрозии (дефляции). На полях, засоренных однолетними сорняками, применяют систему улучшенной зяби или полупаровой обработки почвы. В том случае, если поля засорены многолетними корнеотпрысковыми

сорняками, используют систему послойной обработки почвы. В районах с частым проявлением ветровой эрозии применяют систему плоскорезной обработки [7].

Тем не менее оптимальная норма высева и основная обработка почвы для современных сортов льна масличного являются важным условием получения устойчивых и высоких урожаев этой культуры, и вопрос их определения остается открытым для почвенно-климатических условий Крыма.

Объекты и методы исследований. Задача наших исследований состояла в определении влияния сроков сева и обработки почвы на урожайность семян льна масличного для степных районов Крыма. Изучение поставленных вопросов проводилось на сорте Водограй селекции Института масличных культур.

Опыт по изучению влияния обработок почвы на урожайность семян льна масличного включал три варианта: отвальная обработка (на 20–22 см), плоскорезная обработка (на 20–22 см), поверхностная обработка (на 8–10 см). Опыт по изучению влияния норм высева на урожайность семян льна масличного включал четыре варианта: 3, 4, 5, 6 млн шт./га всхожих семян. Сев осуществлялся при достижении температуры почвы на глубине залегания семян 4–6 °С. Посев рядовой на глубину 5–6 см. Предшественник – ячмень озимый. Площадь делянки – 88 м², учетная площадь – 50 м². Повторность в опыте трехкратная. Варианты размещали по методу расщепленных делянок. Учет урожая проводили после наступления у растений фазы полной спелости. Статистическую обработку данных осуществляли по методике дисперсионного анализа [8].

Исследования проводились на полях Института сельского хозяйства Крыма (в настоящее время ГБУ РК «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма») в течение 2011–2013 гг. Почва опытного участка – чернозем южный слабогумусный. На пашне содержание гумуса в слое 20–25 см не превышает 2,4–2,6 %. Азота легкогидролизуемого в слое 0–20 см содержится 3,0–6,1 мг/100 г почвы, в подпахотном слое – 2,1–3,8 мг/100 г, подвижного фосфора – 1,0–2,5 мг/100 г, обменного калия – 18–28 мг/100 г почвы [9].

Погодные условия в 2011–2013 гг. были достаточно разнообразными и характеризовали все возможные вариации условий увлажнения и температурного режима в зоне проведения исследований в различные периоды роста и развития льна масличного.

Результаты исследований. Формирование урожая – это сложный производственный процесс, который определяется генетической программой растения и внешними условиями. Чтобы обеспечить высокий урожай, необходимо иметь полную информацию обо всей многогранности действия и взаимодействия отдельных факторов, участвующих в росте и развитии растений, уметь предвидеть реакцию растений на них. Большую роль в обеспечении высокого урожая льна масличного играет обработка почвы и норма высева, последняя напрямую влияет на продуктивность растений и определяет густоту их стояния в течение вегетации до фазы созревания.

Как показывают результаты исследований, в среднем за три года густота стояния растений льна не зависела от обработки почвы, а была напрямую связана с нормой высева. Так, в фазу всходов при норме 3 млн шт./га данный параметр находился на уровне 244 шт./м² (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние элементов технологии на формирование густоты и высоты посевов льна масличного, среднее за 2011–2013 гг.

Вариант	Густота растений, шт./м ²		Выживаемость растений, %	Высота растений, см
	всходы	уборка		
1	2	3	4	5
1 Норма высева – 3 млн шт./га	244,4	217	89,0	39,0
2 Норма высева – 4 млн шт./га	308,4	265	86,2	39,1
3 Норма высева – 5 млн шт./га	371,9	313	84,1	39,5

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
4 Норма высева – 6 млн шт./га	417,2	359	87,0	38,7
НСР ₀₅		50,0	5,6	1,3
5 Отвальная обработка	332,7	287	86,7	39,1
6 Безотвальная обработка	344,4	295	85,9	39,2
7 Поверхностная обработка	329,3	284	87,0	38,9
НСР ₀₅		43,3	4,9	1,1

С увеличением нормы высева до 4–6 млн шт./га густота возрастала на 26–70 %. Перед уборкой в посевах льна на 1 м² насчитывалось от 205 до 377 растений. При этом наименьшее количество растений (217 шт./м²) было сформировано при норме высева 3 млн шт./га, а при повышении нормы до 5 и 6 млн шт./га предуборочная густота увеличивалась на 44–66 %.

За годы исследований в зависимости от погодных условий выживаемость растений льна масличного сорта Водограй находилась в пределах 83,2–90,7 %. В среднем на посевах с нормой высева 3 млн шт./га был получен максимальный уровень выживания (89,0 %). Дальнейшее увеличение нормы высева как при поверхностной, так и при глубоких обработках приводило к снижению этого показателя на 3–9 %. По другим вариантам опыта выживаемость находилась в пределах 84,1–87,0 %.

Высота растений – показатель, который зависит от многих факторов: метеорологических условий выращивания, почвенного состава, сроков посева, густоты стояния растений, особенностей сорта. По нашим данным, на высоту растений как косвенный показатель создания оптимальных условий выращивания в большей степени влияли погодные условия, чем варианты опыта. Так, высота растений существенно не отличалась по вариантам опыта и находилась в пределах 37,5–40,4 см, но с увеличением глубины обработки наблюдалась тенденция к увеличению высоты растений. По вариантам опыта с нормой высева наибольшая высота была сформирована на посевах с нормами 4 и 5 млн шт./га.

На начальных этапах развития растений почти одновременно с наступлением полной фазы елочки нами отмечалась разная степень разветвленности растений, которая зависела как от погодных условий года, так и от изучаемых факторов опыта (таблица 2). Анализ средних данных показал, что нормы высева не оказывали влияния на интенсивность формирования дополнительного количества ветвей. В то же время прослеживается тенденция к увеличению количества ветвей с понижением нормы высева. Так, по варианту с посевом нормой 3 млн шт./га растения образовывали по 2,1 ветви на одном растении, что на 9–16 % превышает показатели других вариантов.

Таблица 2 – Влияние элементов технологии на показатели структуры и урожайность льна масличного, среднее за 2011–2013 гг.

Вариант	Количество, шт./растение		Масса 1000 семян, г	Урожайность, ц/га
	веток	коробочек		
1	2	3	4	5
1 Норма высева – 3 млн шт./га	2,1	8,1	5,96	5,5
2 Норма высева – 4 млн шт./га	1,9	6,8	5,77	5,4
3 Норма высева – 5 млн шт./га	1,8	6,5	5,95	6,6
4 Норма высева – 6 млн шт./га	1,8	6,6	5,94	5,6
НСР ₀₅	0,4	1,4	0,23	1,1
5 Отвальная обработка	2,2	7,9	5,94	5,6

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
6 Безотвальная обработка	2,0	6,8	5,91	5,5
7 Поверхностная обработка	1,5	6,3	5,87	6,3
НСР ₀₅	0,3	1,2	0,20	0,9

Это подтверждает точку зрения, что повышение нормы высева вызывает у растений внутривидовую конкуренцию, в результате которой подавляется биологический потенциал продуктивности растений. В то же время обработка почвы имела существенное влияние на количество боковых ветвей. Так, применение глубокой обработки почвы, как отвальной, так и безотвальной, позволило сформировать на каждом растении по 2,0–2,2 боковой ветви. При уменьшении глубины обработки с 20–22 до 8–10 см количество боковых ветвей уменьшалось на 25–30 %.

Количество коробочек на растении – один из основных признаков формирования продуктивности льна масличного. Как показали наши результаты, применение глубокой отвальной обработки увеличивало количество коробочек на 25 % по сравнению с вариантом мелкой обработки почвы. Установлено, что при норме 3 млн шт./га сформировалось на 24 % большее число коробочек, чем при посеве нормой 6 млн шт./га. Это объясняется тем, что на более густых посевах часть боковых побегов и коробочек растений остаются недоразвитыми и не имеют продуктивной ценности, что в дальнейшем отражается на урожайности посевов.

В вариантах с обработкой почвы на глубину 20–22 см отмечается тенденция к увеличению массы тысячи семян на 1,2 % по сравнению с мелкой обработкой. Однако в целом показатели массы 1000 семян существенно не отличались по вариантам опыта и находились в пределах 5,87–5,94 г.

Анализ полученной урожайности показал, что за годы исследований она варьировала в пределах 4,7–7,0 ц/га. Нами установлено, что урожайность льна масличного в большей степени зависела от нормы высева, чем от обработки почвы. Так, если по вариантам обработки максимальная урожайность (6,3 ц/га) была получена по поверхностной обработке почвы, а с увеличением глубины (20–22 см) урожайность снижалась на 12,5 %, то эта разница находилась в пределах ошибки опыта.

Норма высева оказывала влияние на формирование продуктивности фитоценоза культуры. За годы исследований была установлена оптимальная норма высева (5 млн шт./га семян), обеспечившая наибольшую урожайность льна масличного (6,6 ц/га). С увеличением или уменьшением нормы высева семенная продуктивность льна уменьшалась на 17–22 %.

Выводы и предложения. За годы исследований наибольшая урожайность льна масличного сорта Водограй была получена по варианту с нормой высева 5 млн шт./га. Уменьшение или увеличение нормы высева приводило к снижению урожайности. При применении поверхностной обработки почвы на глубину 8–10 см была получена урожайность, не превышающая урожайность по вариантам обработки почвы на глубину 20–22 см.

Список использованных источников

1 Поляков, А. И. Влияние условий выращивания на продуктивность льна масличного / А. И. Поляков, В. А. Ручка, О. В. Никитенко // Научно-технический бюллетень ИМК УААН. – 2005. – Вып. 10. – С. 179–183.

2 Рекомендации по возделыванию льна масличного в Омской области / И. А. Лошкомоиных [и др.]. – Иссук-Куль, 2000. – 10 с.

3 Фролов, И. Ф. Новые районы возделывания масличного льна в СССР / И. Ф. Фролов // Советская агрономия. – 1981. – № 12. – С. 21–28.

4 Глянцев, О. Ф. Масличные и эфиромасличные культуры / О. Ф. Глянцев, М. Т. Федоровский, С. Г. Литвин; под ред. А. К. Лещенко. – Киев, 1956. – 97 с.

5 Ковалев, М. М. Проблемы научного обеспечения льнопроизводства / М. М. Ковалев // Технические культуры. – 1991. – № 6. – С. 35–40.

6 Скорченко, А. Ф. Лубяные культуры – культуры будущего / А. Ф. Скорченко // Сборник научных трудов Института земледелия УААН. – 1998. – Вып. 1. – С. 23–25.

7 Шпаар, Д. Яровые масличные культуры / Д. Шпаар, Х. Гинапп, В. Щербаков; под ред. В. А. Щербакова. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 288 с.

8 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

9 Гусев, П. Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия: справоч. изд. / П. Г. Гусев, И. Я. Половицкий. – Симферополь: Таврия, 1987. – 152 с.

УДК 635.67:636.085

П. В. Лиховид

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КУКУРУЗЫ САХАРНОЙ В КОРМОПРОИЗВОДСТВЕ

В статье рассмотрены перспективы использования кукурузы сахарной, побочных продуктов ее производства и отходов переработки в качестве сочного корма и в приготовлении силоса. Опытные данные, полученные зарубежными и отечественными исследователями, указывают на высокие питательную ценность и качество как силоса кукурузы сахарной, так и ее вегетативной массы при прямом скармливании скоту. При этом урожайность общей силосной массы культуры при выращивании ее в условиях капельного орошения на темно-каштановых почвах Сухой Степи Украины достигает 41,14 т/га. Высокой питательной ценностью и хорошей поедаемостью крупным рогатым скотом характеризуется кормосмесь из отходов переработки кукурузы сахарной (оберток и стержней початков) и рисовых отрубей. Анализ результатов исследований качества получаемых кормов указывает на целесообразность полноценного применения культуры в приготовлении высококачественного питательного силоса, а также на возможность скармливания крупному рогатому скоту свежескошенной листостебельной массы растений после уборки товарных початков.

Ключевые слова: кормопроизводство, кукуруза сахарная, питательная ценность корма, силос, сочный корм.

Кукуруза сахарная (*Zea mays saccharata* Sturt.) широко известна как ценная овощная культура, продукция которой в свежем, переработанном и консервированном виде пользуется широкой популярностью у населения во многих странах мира. Однако, помимо пищевого направления, весьма перспективным является использование как самой культуры, так и побочных продуктов ее производства и отходов переработки в системе кормопроизводства.

Уже в начале 70-х гг. XX в., когда кукуруза сахарная являлась редкой и экзотической культурой в СССР (площади выращивания ее тогда составляли около 3 тыс. га), Г. Е. Шмараев отмечал возможность использования ее вегетативной массы и початков на корм скоту. Особое внимание ученый обращал на нежность стеблей, листьев и оберток початков кукурузы сахарной, а также на их большую питательную ценность в сравнении с кукурузой зубовидной [1]. Согласно результатам исследований, листостебельная масса растений после уборки початков содержит порядка 9,6 % сырого протеина и пригодна для использования в качестве зеленого корма для овец, а также компонента

в приготовлении высококачественного силоса [2]. Наилучшим образом к силосованию пригодна сахарная кукуруза, скошенная в фазу конца молочной – начала молочно-восковой спелости зерна, когда концентрация сахаров в эндосперме зерна у большинства сортов и гибридов культуры максимальна и в 2,6–2,7 раза выше, чем у зубовидной [3].

В последние годы растет интерес к использованию вегетативной массы растений кукурузы сахарной, выступающей в качестве побочной продукции после уборки урожая товарных початков. Это не только повышает экономическую эффективность возделывания культуры, но и способствует расширению качественной кормовой базы для скотоводческих хозяйств и общему росту эффективности сельскохозяйственного производства. Кроме того, внимание ученых направлено и на непосредственное выращивание на силос сортов и гибридов кукурузы сахарной типа *su*. Однако этот вопрос требует экономического обоснования, поскольку себестоимость 1 т такого силоса непременно будет выше из-за более высокой затратности технологии выращивания кукурузы сахарной, в частности стоимости посевного материала, и более низкой потенциальной урожайности общей массы сравнительно с зубовидной кукурузой.

Исследования, посвященные урожайности кукурузы сахарной, которая выращивается на силос, ограничены и недостаточно освещены в литературе. Ученые отмечают возможность достижения силосной продуктивности культуры на уровне 10 т/га в сухом веществе [2]. По другим данным, продуктивность силосной кукурузы сахарной в сухом веществе оценивается в 12 т/га [4].

В 2014–2015 гг. нами были проведены полевые исследования по определению урожайности кукурузы сахарной в общей массе (початки и вегетативная масса растений) на фоне капельного орошения в условиях Сухой Степи Украины на темно-каштановых почвах. Полученные результаты свидетельствуют о возможности получения 11,60–41,14 т/га общей силосной массы кукурузы сахарной при различных агротехнических приемах ее выращивания. Это подтверждает более низкую кормовую продуктивность культуры в сравнении с зубовидной кукурузой (урожайность силоса – 50–70 т/га и больше). Максимальную продуктивность формировала кукуруза сахарная, выращиваемая при сочетании таких элементов технологии: основная обработка почвы (отвальная вспашка) на глубину 20–22 см, фон питания – $N_{120}P_{120}$, норма высева – 65 тыс. шт./га. Наименьшая урожайность общей массы культуры была на неудобренных фонах с нормой высева 35 тыс. шт./га.

Помимо урожайности, необходимо учитывать и качество получаемого корма. Силос – это биологически консервированный корм. В основе процесса силосования лежит молочнокислородное брожение, в результате которого образуется молочная кислота, выступающая в роли консерванта. Помимо молочной кислоты, в процессе брожения образуются масляная и уксусная кислоты. Наличие в силосе масляной кислоты, которая образуется при pH силоса более 4,0, указывает на его низкое качество. Повышенное содержание уксусной кислоты приводит к раздражению желудочно-кишечного тракта животных. Поэтому для получения качественного силоса необходимо стимулировать деятельность молочнокислых бактерий, параллельно угнетая нежелательную микрофлору. Важнейшим условием для хорошего развития молочнокислых бактерий является содержание сахаров в растительной массе, которые служат питанием для них. При недостаточном или избыточном содержании сахаров силосование проходит неправильно, что ухудшает качество силоса [5]. Сравнительные исследования качественных показателей и питательной ценности силоса кукурузы сахарной и традиционно используемой для силосования кукурузы зубовидной показали хорошее качество и питательную ценность первого, что видно из полученных исследователями данных [6]:

- содержание сухого вещества в силосе кукурузы сахарной было ниже на 3,24 %;
- содержание сырого протеина в силосе кукурузы сахарной было выше на 0,85 %;

- содержание золы в силосе кукурузы сахарной было большим на 0,83 %;
- рН силоса кукурузы сахарной находился на уровне 3,72, традиционного силоса – на уровне 3,74. При этом содержание молочной и уксусной кислот в силосе кукурузы сахарной было значительно выше (в 1,67 и 1,22 раза соответственно).

Масса кукурузы сахарной может оказаться ценным дополнительным компонентом в приготовлении смешанных по составу силосов (например, с суданской травой).

Отдельно следует упомянуть и об эффективности применения в приготовлении кормов отходов перерабатывающей и консервной промышленности, таких как стержни початков и их обертки. Установлено, что в них содержится в среднем около 19,75 % сухого вещества, количество сырого протеина в котором достигает 6,86 %. Силос, приготовленный из смеси стержней, оберток початков кукурузы сахарной и рисовых отрубей в пропорции 86 : 14 с добавлением 4,38 г формалина на 1 кг сырого веса, имел высокие качество и питательную ценность. Содержание сухого вещества в нем составило 28,34 %, из них 10,91 % – сырой протеин, свариваемость которого находилась на уровне 58,5 %. Такой корм хорошо зарекомендовал себя при скармливании его крупному рогатому скоту [7].

Таким образом, кукуруза сахарная и отходы ее производства являются ценными в получении качественных кормов с высокой питательной ценностью для жвачных животных, заслуживают пристального внимания и всестороннего изучения специалистами и учеными аграрного профиля.

Список использованных источников

- 1 Шмараев, Г. Е. Сахарная кукуруза / Г. Е. Шмараев. – Л.: Колос, 1970. – 52 с.
- 2 Yakob, M. A. Nutritive evaluation of sweet-corn stover silage for growing lambs / M. A. Yakob, A. R. Alimon, A. Hilmi // Towards more efficient, effective and minimal production strategies. Proceedings 15th Malaysian Society of Animal Production Conference. – 1992. – P. 203–206.
- 3 Sweet corn information kit. Queensland Government [Electronic resource]. – 2005. – Mode of access: <http://deedi.qld.gov.au>, 2016.
- 4 Idris, A. B. Sweet corn stover silage production / A. B. Idris, S. M. Yusoff, A. Sharif // FAO Electronic Conference on Tropical Silage. – 3 p.
- 5 Зинченко, О. И. Кормопроизводство / О. И. Зинченко. – Киев: Высш. образование, 2005. – 448 с.
- 6 Potential nutritive value of sweet corn as a silage crop with or without corn ear / L. Idikut, B. A. Aarikan, M. Kaplan, I. Guven, A. I. Atalay, A. Kamalak // Journal of Animal and Veterinary Advances. – 2009. – 8(4). – P. 734–741.
- 7 Net energy of sweet corn husk and cob silage calculated from digestibility in cows / B. Cheva-Isarakul, B. Cheva-Isarakul, S. Promma, S. Pumisutapool // Kasetsart J. (Nat. Sci.). – 2001. – № 35. – P. 299–303.

УДК 631.363

Е. А. Ладыгин, Ю. А. Симакин

Донской государственный аграрный университет, Персиановский, Российская Федерация

К ОБОСНОВАНИЮ УГЛА НАКЛОНА ПРЕССОВАЛЬНЫХ КАНАЛОВ ШЕСТЕРЕННОГО ГРАНУЛЯТОРА

Целью исследований являлось совершенствование конструкции шестеренного зубчатого пресса для гранулирования растительных материалов путем обоснования и расчета угла наклона его прессовальных каналов. Исследуемый гранулятор представ-

ляет собой шестеренный зубчатый пресс с эвольвентным профилем зубьев. В процессе исследований были рассмотрены силы и углы их приложения, которые создают напряженное состояние сжатой порции материала, заключенного в замкнутом пространстве под зубом гранулятора. В результате исследований получена зависимость для определения угла образования закрытой камеры (угол начала проталкивания сжатой порции корма), которая позволит обоснованно рекомендовать угол наклона каналов прессования к радиальному направлению с целью совпадения направления действующей силы и прессовальных каналов, что, в свою очередь, создаст возможность уменьшить энергоемкость процесса гранулирования.

Ключевые слова: гранулятор, шестеренный зубчатый пресс, эвольвентный профиль зубьев, гранулы, каналы прессования, окружности впадин, угол наклона прессовальных каналов.

Известен гранулятор, представляющий собой шестеренный зубчатый пресс с эвольвентным профилем зубьев [1]. Пресс данной конструкции может использоваться с целью гранулирования самых различных растительных материалов для производства топливных, кормовых, кормолекарственных гранул, гранул из удобрений и пр. В данном прессе каналы прессования располагались на окружности впадин радиально к центру колеса. Анализируя сжатие прессуемого материала под зубом по данным последних исследований [2–14], можно отметить следующее обстоятельство. Прессуемый материал в момент образования замкнутого пространства под зубом еще имеет недостаточную плотность. Проталкивание в канал прессования начинается незадолго до прохождения межцентровой линии. Экспериментально начало проталкивания зафиксировано Е. А. Ладыгиным. Для кормолекарственной смеси с большой начальной насыпной массой 520 кг/м^3 проталкивание наблюдалось за 12° до межцентровой линии [15, 16], при этом радиальное направление прессовальных каналов (рисунок 1) не совпадает с действующей силой.

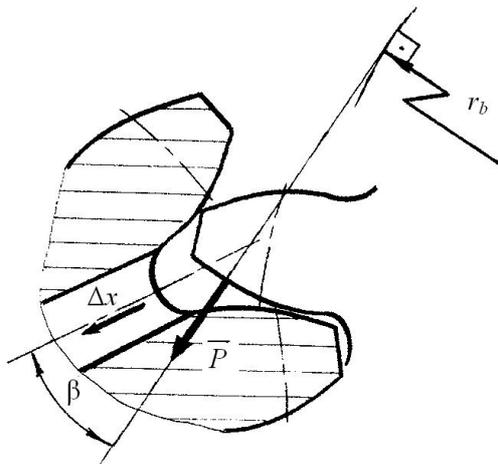


Рисунок 1 – К обоснованию наклона прессовальных каналов к радиальному направлению

В связи с вышеизложенным целью данной работы является обоснование и расчет угла наклона прессовальных каналов шестеренного зубчатого пресса.

Для реализации данной цели рассмотрим напряженное состояние сжатой порции материала (рисунок 1). Перемещение материала осуществляется по нормали к эвольвенте прессующего зуба. В этом же направлении действует вектор силы сжатия. Радиальное направление O_1A (рисунок 2) не совпадает с действующей силой. Поэтому работа сил сжатия будет равна:

$$\Delta A = \vec{P} \cdot \Delta x \cdot \cos(\vec{P} \cdot \Delta x).$$

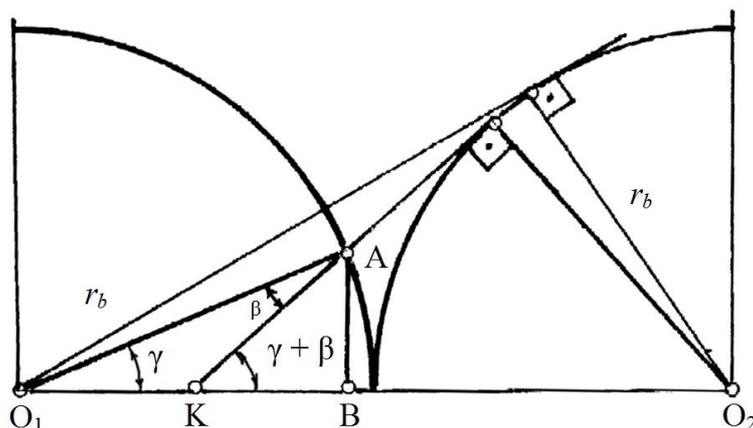


Рисунок 2 – Схема к определению угла наклона канала прессования

Если определен угол начала проталкивания корма в канал прессования, всегда можно создать условия для совпадения вектора силы с направлением перемещения. При этом наклон канала прессования к радиальному направлению определяется направлением касательной из центра канала прессования к основной окружности сопряженного колеса. Это объясняется тем, что эвольвентой (геометрическим местом центра кривизны) для эвольвентного профиля боковой поверхности зуба является основная окружность зубчатого колеса. Следовательно, угол β должен быть равен:

$$\angle \beta = \angle(\vec{P}, \vec{AO}),$$

где β – угол начала проталкивания корма в канал прессования.

Исходное соотношение для определения угла наклона γ канала прессования к радиальному направлению представлено на рисунке 2.

Рассмотрим положение в диапазоне $30^\circ \leq \gamma \leq 0$. Выбрано исходное положение радиуса во впадине между зубьями за 30° до прохождения межцентральной линии, потому что в этот момент радиус во впадине совпадает с касательной к основной окружности сопряженного колеса. В дальнейшем угол γ уменьшается до нуля в момент прохождения межцентральной линии.

Соотношение отрезков на схеме по рисунку 2 равно:

$$O_1K = O_1O_2 - O_2K = 2r_b - \frac{r_b}{\sin(\gamma + \beta)}. \quad (1)$$

Рассматривая треугольник O_1AK по теореме синусов, запишем:

$$\frac{O_1K}{\sin \beta} = \frac{r_b}{\sin[\pi - (\gamma + \beta)]}. \quad (2)$$

В интервале значений $0 \leq \alpha + \beta \leq \pi$

$$\sin[\pi - (\gamma + \beta)] = \sin(\gamma + \beta). \quad (3)$$

С учетом (1) и (3) выражение (2) можно записать в виде:

$$2 - \frac{1}{\sin(\gamma + \beta)} = \frac{1}{\sin \beta}.$$

После приведения к общему знаменателю получим:

$$2\sin(\gamma + \beta) - 1 = \sin \beta$$

или

$$\sin(\gamma+\beta)=\frac{1+\sin\beta}{2}.$$

Угол наклона радиального канала к межцентровой линии γ зависит от угла образования закрытой камеры $\varphi_{з.к.}$ (рисунок 2) и определяется зависимостью:

$$\gamma=\varphi_{з.к.}-\frac{\pi}{2z}.$$

Закрытая камера сжатия образуется при контакте вершины заостренного зуба с боковой поверхностью зуба соседнего колеса (рисунок 3) по начальной окружности, поэтому значение угла образования закрытой камеры можно определить по теореме косинусов:

$$\varphi_{з.к.}=\arccos\frac{(r+\chi m)^2+(2r+2\chi m)^2-r_a^2}{2(r+\chi m)(2r+2\chi m)}.$$

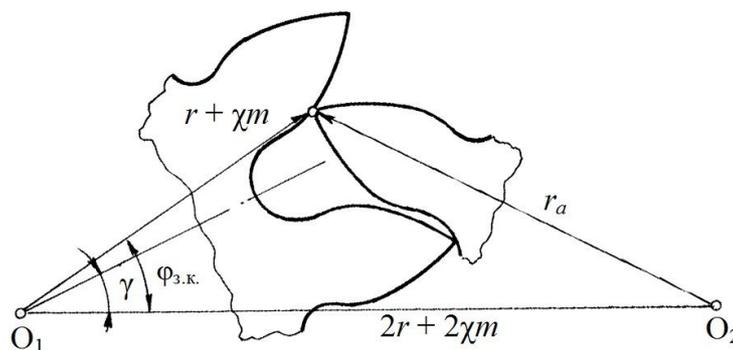


Рисунок 3 – Образование закрытой камеры сжатия

После преобразования получим окончательно формулу для определения угла образования закрытой камеры:

$$\varphi_{з.к.}=\arccos\left(1,25-\frac{r_a^2}{4(r+\chi m)^2}\right).$$

Вывод. Зная угол начала проталкивания сжатой порции корма, можно обоснованно рекомендовать угол наклона каналов прессования к радиальному направлению с целью совпадения направления действующей силы и прессовальных каналов. Это, в свою очередь, позволит уменьшить энергоемкость процесса гранулирования.

Список использованных источников

1 Пат. 2295228 Российская Федерация, МПК А 01 F 15/00, В 30 В 11/20. Гранулятор / Щербина В. М., Филин В. М., Щербина С. В., Ладыгин Е. А., Филин Д. В.; патентообладатель ООО «Агропродмаш». – № 2005128575/12; заявл. 13.09.05; опубл. 20.03.07, Бюл. № 8. – 6 с.

2 Анализ влияния числа зубьев колес на угол образования закрытой камеры / Е. А. Ладыгин, Е. Н. Владычкин, Ю. А. Симакин, И. В. Папченко // Актуальные проблемы и перспективы развития АПК. – Персиановский: ДонГАУ, 2004. – С. 59–60.

3 Ладыгин, Е. А. Планирование и реализация многофакторного эксперимента по оценке влияния конструктивных параметров зубчатых колес шестеренного гранулятора на процесс прессования / Е. А. Ладыгин, Е. Н. Владычкин, Ю. А. Симакин // Актуальные проблемы и перспективы развития АПК: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию фак. ТСХП. – Персиановский: ДонГАУ, 2005. – С. 29–30.

4 Ладыгин, Е. А. Особенности процесса прессования одноматричным гранулятором / Е. А. Ладыгин, Е. Н. Владычкин, В. В. Илларионов // Совершенствование про-

цессов и технических средств в АПК. – зерноград, 2006. – Вып. 7. – С. 51–52.

5 Ладыгин, Е. А. Оценка влияния параметров зубчатых колес одноматричного пресса на процесс гранулирования / Е. А. Ладыгин, Е. Н. Владычкин // Инновационные процессы в развитии животноводства: исследования, реализация, анализ. – зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 2006. – С. 107–110.

6 Оптимизация параметров зубчатых колес гранулятора уменьшенного диаметра для приготовления кормовых и кормолекарственных смесей / Е. А. Ладыгин, Е. Н. Владычкин, Ю. А. Симакин, Н. Г. Папченко // Совершенствование процессов и технических средств в АПК. – зерноград, 2006. – С. 53–58.

7 Ладыгин, Е. А. Оптимизация значений параметров зубчатых колес одноматричного шестеренного пресса / Е. А. Ладыгин, Е. Н. Владычкин // Совершенствование процессов и технических средств в АПК. – зерноград, 2006. – С. 86–91.

8 Ладыгин, Е. А. К вопросу оптимизации геометрических параметров зубчатых колес одноматричного шестеренного пресса / Е. А. Ладыгин, Е. Н. Владычкин // Инновационный путь развития АПК – магистральное направление научных исследований для сельского хозяйства. – Персиановский: ДонГАУ, 2007. – С. 106–108.

9 Ладыгин, Е. А. К вопросу оптимизации значений параметров зубчатых колес шестеренного гранулятора кормов / Е. А. Ладыгин // Инновации в науке, образовании и бизнесе – основа эффективного развития АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Персиановский, 2011. – С. 312–315.

10 Ладыгин, Е. А. Оценка характера и степени влияния геометрических параметров зубчатых колес шестеренных прессов на процесс гранулирования / Е. А. Ладыгин // Инновации в науке, образовании и бизнесе – основа эффективного развития АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Персиановский, 2011. – С. 315–318.

11 Ладыгин, Е. А. Оптимизация конструктивных и технологических параметров одноматричного шестеренного пресса [Электронный ресурс] / Е. А. Ладыгин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 4(08). – 10 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=131&id=144>.

12 Ладыгин, Е. А. К минимизации энергоемкости одноматричного шестеренного пресса / Е. А. Ладыгин, Ю. А. Симакин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2012. – Вып. 47. – С. 31–36.

13 Симакин, Ю. А. Оценка влияния некоторых конструктивных и технологических параметров одноматричного пресса на качество гранул [Электронный ресурс] / Ю. А. Симакин, Е. А. Ладыгин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2013. – № 1(09). – 9 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=153&id=163>.

14 Ладыгин, Е. А. К вопросу упругого расширения гранул / Е. А. Ладыгин, Ю. А. Симакин, К. И. Пимонов // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 2(18). – С. 49–52.

15 Ладыгин, Е. А. Технология и пресс для гранулирования кормолекарственных смесей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Ладыгин Евгений Александрович. – Рязань, 1992. – 17 с.

16 Краснов, И. Н. Результаты исследований процесса прессования лекарственных кормосмесей зубчатым прессом / И. Н. Краснов, Е. А. Ладыгин // Новые разработки в механизации кормоприготовления: материалы науч.-практ. конф. – Рязань, 1991.

УДК 631.6:634.1.7

А. Х. Галимов

Дагестанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Махачкала,
Российская Федерация

ПРОБЛЕМЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ САДОВОДСТВА В ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЮГА РОССИИ

В статье дан анализ современного состояния садоводства в Республике Дагестан, и в частности в Ахтынском районе, где садоводство издавна являлось приоритетным направлением развития АПК. Предложены некоторые пути интенсификации плодородия за счет применения инновационных технологий.

Ключевые слова: интенсивные сады, склоновые земли, системы орошения, горное садоводство, колониальные деревья.

Садоводство – экономически и социально эффективное некоторое время назад, способное обеспечить потребности населения России в плодовой продукции и трудоузанятость сельчан – сегодня не справляется со стоящими перед отраслью задачами не только на уровне страны, но и на уровне Республики Дагестан, где имеются благоприятные климатические условия для получения высоких урожаев качественной, конкурентоспособной продукции.

В настоящее время садоводство России не обеспечивает потребности населения в плодово-ягодной продукции в полной мере. Российские показатели употребления фруктов отстают от оптимальных медицинских норм в расчете на душу населения в год. Так, при норме потребления плодов 85–100 кг/год, в том числе яблок 35–41 кг/год, фактическое потребление фруктов россиянами составляет, по некоторым данным, 25 кг/год [1], что гораздо меньше, чем в иных развитых странах. Например, среднедушевое потребление фруктов в городах России – менее 40 кг/год, в то время как в Италии – 183 кг/год, во Франции – 93 кг/год, в США – 102 кг/год.

Чтобы изучить в динамике причины сложившейся кризисной ситуации в отрасли, проанализированы некоторые показатели садоводства по Республике Дагестан за ряд лет (таблица 1) [2].

Таблица 1 – Площади плодово-ягодных насаждений (в хозяйствах всех категорий)

Год	Плодово-ягодные насаждения, тыс. га	в том числе в плодоносящем возрасте	
		тыс. га	%
1970	65,0	32,4	49,8
1975	57,0	34,7	60,9
1980	48,9	32,8	67,1
1985	40,7	28,1	69,0
1986	41,1	28,3	68,9
1989	40,4	29,5	73,0
2001	23,7	21,6	91,1
2005	26,3	22,3	84,8
2006	28,2	22,8	80,9
2010	27,0	21,8	80,7
2011	25,2	20,6	81,7
2014	25,4	20,6	81,1

Как видно из данных таблицы 1, площади плодово-ягодных насаждений в республике уменьшились с 65,0 до 25,4 тыс. га, или в 2,6 раза. За этот же период площади плодоносящих насаждений сократились в 1,6 раза.

Народы Дагестана исторически занимались садоводством. Во всех категориях хозяйств республики до Великой Отечественной войны плодовые насаждения были размещены на 20 тыс. га. За годы войны потери садов и ягодников составили более 30 %, почти в 5 раз сократилось производство плодов. После войны с учетом экономической эффективности отрасли провели большую работу по возрождению садоводства. Был выдвинут лозунг: «Превратим Дагестан в цветущий сад». К этой работе был привлечен весь народ, как образно говорили, «от пионеров до пенсионеров». В результате площади под садами в республике с 20 тыс. га в 1940 г. были доведены до 50,4 тыс. га в 1960 г. и 65,2 тыс. га в конце 1970 г.

Несмотря на решения и жесткие требования руководства республики об увеличении площадей под садами, там, где садоводство по сравнению с виноградарством было менее рентабельным, руководители хозяйств равнинных районов не пошли на увеличение площадей под садами. Например, хозяйства Дербентского района за 1960–1970-е гг. в 2 раза уменьшили площади под садами, зато почти настолько же увеличили их под виноградниками. Так же поступили и в хозяйствах Каякентского района, которые за указанный период наполовину сократили площади под садами, зато виноградные плантации увеличили в 4 раза, доведя их с 1035 до 4613 га [3].

Некоторые качественные показатели садоводства Республики Дагестан приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Некоторые показатели садоводства по Республике Дагестан (в среднем за год)

Годы	Производство продукции, тыс. т		Урожайность, ц/га		Численность населения всего, тыс. чел.	Производство плодов на душу населения, кг/год
	во всех хозяйствах	в т. ч. в общественных хозяйствах	во всех хозяйствах	в т. ч. в общественных хозяйствах		
1981–1985	98,8	54,3	32,1	25,8	1700,0	58,1
1986–1989	134,0	66,4	46,1	33,3	1802,2	74,4
2001–2005	64,9	-	36,9	3,3	2120,0	30,6
2006–2010	98,5	-	45,6	5,0	2172,0	45,3
2011–2014	115,8	-	55,8	23,1	2955,4	39,2

Из показателей таблицы 2 видно, что уменьшение производства плодов произошло с 90-х гг. прошлого столетия. Это было связано как с сокращением площадей под садами, так и с резким снижением урожайности, в основном в общественных хозяйствах. С началом распада специализированных хозяйств на более мелкие, повсеместной раздачей садов под личные усадебные хозяйства фактически началось разрушение садоводства как отрасли. В течение двух последних десятилетий не велась закладка новых и реконструкция старых, пришедших в негодность садов.

Негативные процессы в отрасли были связаны и с ликвидацией питомников по производству доброкачественного посадочного материала.

В настоящее время благодаря усилиям Президента и Правительства Республики Дагестан принимаются меры по стабилизации и развитию садоводства. Указом главы республики 2015 г. был объявлен Годом садоводства. На наш взгляд, все последующие несколько лет, например, 10 лет, должны быть годами развития садоводства и комплексного освоения горных территорий Дагестана.

Впервые в рамках мероприятий Года садоводства в с. Ахты Ахтынского района 30 октября отметили праздник «День ахтынских яблок». Организаторы праздника увидели в яблоке символ здоровья и молодости человека, богатства и щедрости природы, занятости населения эффективным трудом и улучшения его благосостояния.

Главная цель праздника «День ахтынских яблок» – это возрождение садоводства, стимулирование производителей, обмен опытом между садоводами по применению передовых технологий по выращиванию, переработке и реализации яблок, и популяризация употребления этого полезного фрукта. Поэтому в программу праздника кроме выставок и развлекательных мероприятий входило проведение научно-практической конференции с участием ученых и специалистов ФГБНУ «Дагестанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Ф. Г. Кисриева».

Основные события праздника – выставки яблок и другой сельскохозяйственной продукции, выращиваемой тружениками района. Жителям района и гостям представилась возможность увидеть 35 различных сортов районированных яблок и груш, капусты и картофеля. Услышав об уникальном народном празднике, главы личных подсобных хозяйств (ЛПХ) пришли со своими экспонатами, сортами яблок, груш и другими фруктами. Специалисты могли интересоваться представленными сортами яблок и груш, а местные садоводы-любители – получать от них квалифицированную консультацию. Уже проведена закладка более 60 га молодых садов, ведутся работы по созданию плодпитомнического хозяйства на базе СПК им. Агасиева. В ходе научно-практической конференции состоялось обстоятельное обсуждение перспектив сохранения местных и районирования новых сортов яблок, развития в районе интенсивного садоводства. Также были подняты вопросы хранения, переработки фруктов на месте и реализации продукции [4].

В настоящее время около 70 % яблок на прилавках российских магазинов импортного происхождения. Каждый третий импортированный в Россию фрукт – яблоко. Поэтому решение вопросов импортозамещения и обеспечения населения страны качественной продукцией будет связано с созданием современных промышленных садов интенсивного типа с использованием инновационных технологий. При этом ни одна отрасль сельскохозяйственного производства не дает с единицы земельной площади столько дохода, сколько фруктовый сад.

Интерес к закладке садов на карликовых и полукарликовых подвоях с сильно загущенной посадкой (от 1000 до 2000–4000 деревьев на гектар) и формированию плоской кроны вдоль ряда возник в 60-е гг. прошлого века. Считалось необходимым широкое производственное испытание метода высокоинтенсивного карликового садоводства на опоре в ряде местностей Северного Кавказа с благоприятными для плодовых растений природными условиями, особенно там, где земельные площади очень ограничены (Черноморское побережье, Дагестан и другие горные районы) [5].

Так, заложенный на территории Буйнакской оросительной системы (ОС) сад плодоягодных культур (Дагестан) деревьями сорта Ренет шампанский, привитыми на Дусене-III, дал в 1962 г. среднюю урожайность 42,3 т/га. В совхозе «Заря» Ахтынского района Дагестана было посажено 68 га семечковых насаждений, в том числе 60 га груш сорта Кюре. Детально исследовав земельные участки, многие из которых оказались сильнощелочными, при посадке саженцев груш использовали подвой айвы, наиболее приспособленной к таким почвам. При вступлении в пору плодоношения урожайность груш на отдельных участках составляла свыше 100 т/га.

В последние десятилетия мировое садоводство переходит на интенсивные и суперинтенсивные технологии, которые базируются на использовании современных сортов, оптимальных сорто-подвойных комбинаций, полноценных удобрений, эффективных систем орошения, а также высококачественных расходных материалов.

В Республике Дагестан садоводство развито в плоскостных и предгорных районах. Здесь сосредоточено 5,5 % площади всех садов Российской Федерации. В условиях горно-долинной зоны садоводство является одной из приоритетных и экономически выгодных отраслей АПК республики и играет важную роль в обеспечении населения

плодово-ягодной продукцией и развитию пищевой и перерабатывающей промышленности, как считает начальник Управления развития производственного комплекса Министерства экономики Республики Дагестан Ш. С. Мудуев. Садоводство республики характеризуется низкими показателями урожайности (50,3 ц/га) и уровня механизации, что делает его продукцию затратной и неконкурентоспособной. Садоводство Республики Дагестан необходимо переводить на интенсивные и суперинтенсивные типы, предлагается перейти на возделывание колоновидных деревьев [6].

По данным Дагестанстата, вся посевная площадь республики, включая площади под многолетними насаждениями, в 2014 г. составляла 354,4 га, что в расчете на душу населения (2981,4 тыс. чел.) составляло лишь 0,12 га. Вместе с тем в Дагестане имеются обширные массивы не используемых (рационально) земель на горных склонах разной крутизны и экспозиций. Во многих случаях их наиболее целесообразно использовать под сады и виноградники. Плодовые деревья более производительны используют скелетные и эродированные смывами земли, чем растения полевых культур. Это позволит наиболее целесообразно использовать равнинные земли под зерновые, зернобобовые, овощные, технические и другие культуры.

На юге климатические условия нижних и средних поясов гор (до высотных отметок 1400 м над уровнем моря) исключительно благоприятны для плодового садоводства. Здесь деревья дольше живут и плодоносят, уменьшается риск их вымерзания в суровые зимы. Сады, размещенные на оптимальных высотах, дают плоды по лежкости, транспортабельности и качеству лучше, чем равнинные. Удлинение сроков созревания урожая в горах увеличивает период снабжения населения свежими фруктами и растягивает сезон работы плодоперерабатывающих предприятий.

Для успешного выращивания плодовых деревьев в горах надо хорошо знать специфику их природно-климатических условий. Лимитирующими факторами здесь являются влага (ее недостает до 50 % потребности деревьев и кустарников) и крутизна склонов (до 80 % горных массивов недоступны для проведения работ существующими механизмами). По этим и другим многочисленным причинам (разнообразие почв, иной ход микробиологических процессов, интенсивность и состав солнечного света, температура воздуха, почвы, оросительная вода, экспозиция склонов и др.) горное садоводство не может повторять шаблоны равнинной агротехники. Оно специфично, сложнее равнинного и нуждается в разработке своих систем организационных, мелиоративных и агротехнических мероприятий. И все же при всем разнообразии горных районов Северного Кавказа садоводство их должно базироваться на следующих основных положениях:

- оно должно быть зональным с выделением вертикальных плодовых зон, с районированием породно-сортового состава плодово-ягодных культур и разработкой соответствующей агротехники;

- внутри вертикальных зон для склонов различной экспозиции и крутизны следует разработать дифференцированные комплексы мелиоративных и агротехнических мероприятий;

- весь уход за садами должен быть подчинен принципу поперечной обработки почвы склонов;

- в комплексы мероприятий по уходу за садами обязательно включаются противоэрозионные меры.

Вся агротехника горных садов должна быть направлена на эффективную защиту почв садов от смывов и размывов [5, 7, 8].

Сотрудниками ФГБНУ «Дагестанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Ф. Г. Кисриева» разработана инновационная технология освоения горных склоновых земель различной крутизны (до 45°) и экспозиций для возделывания

интенсивных и суперинтенсивных садов на основе новых систем орошения [9].

На рисунке 1 показана оросительная система (план), на рисунке 2 – разрез по оросителю-сбросу. Система включает магистральный канал или водовод 1, распределитель 3 с задвижкой (краном) 2, ПРВППУ (приемно-распределительно-выпускное – подпорно-пропускное устройство) 5, поливные борозды 4, оросители-сбросы 8, сбросной канал (на рисунках не показан), берму 7 магистрального канала, одновременно являющуюся участковой дорогой. Основным узлом системы орошения является ПРВППУ, выполняющие следующие функции: прием оросительной воды; гашение ее скорости и распределение на две стороны в смежные поливные борозды, которые проведены по горизонталям местности, с малой скоростью, исключающей ирригационную эрозию почвы по борозде; создание подпора воды в приемной камере и выпуск оросительной воды в поливные борозды; пропуск оросительной воды после завершения полива первой борозды в ПРВППУ нижнего яруса; пропуск первичной оросительной воды совместно с излишней водой из борозд вышерасположенного яруса; пропуск ливневых стоков, превышающих объемы впитывания воды в поливных бороздах (охрана склонов от стоков); многократно повторяющаяся аэрация оросительной воды, которая очень важна, если для орошения используются сточные воды. При использовании ПРВППУ создается возможность автоматизации и круглосуточного полива, выборочного полива растений по ярусам по мере необходимости, исключается или снижается до минимума ирригационная и водная эрозия почвы.

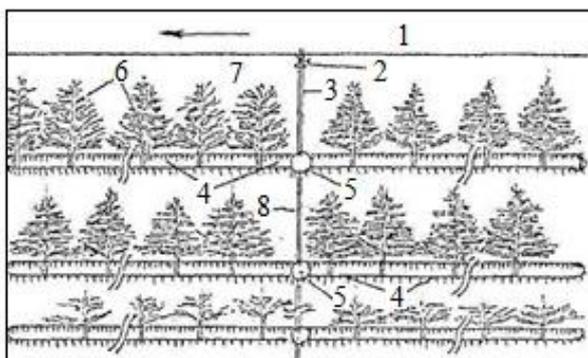


Рисунок 1 – Оросительная система (план)

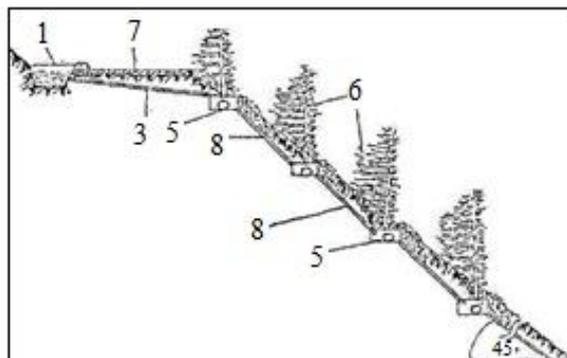


Рисунок 2 – Разрез по оросителю-сбросу

Оросительная система работает следующим образом. Прежде чем приступить к поливу, оператор закрывает водовыпуск на ПРВППУ и открывает задвижку (кран) на распределителе, из которого вода самотеком попадает в ПРВППУ сверху. Ввиду того, что водовыпуск закрыт, создается подпор воды, и последняя поступает через выходные окна в смежные поливные борозды. Так как борозда выполнена по горизонталям местности, уменьшается скорость течения воды и снижается смыв почвы.

В процессе заполнения борозды вода переливается через пороги на ее дне и таким образом доходит до тупого конца борозды. При достижении установленного уровня открывается водовыпуск, и вода протекает по оросителю-сбросу до следующего, нижерасположенного ПРВППУ, водовыпуск которого предварительно был закрыт. Излишки воды из смежных поливных борозд также стекают через нижерасположенное ПРВППУ в следующие смежные борозды, смешиваясь с первичной оросительной водой. Таким образом продолжается полив смежных борозд поочередно или в любом порядке до последних по склону двух борозд, из которых вода при необходимости поступает в сбросной канал.

Предлагаемая система орошения обеспечивает не только предотвращение иррига-

ционной (за счет отсутствия уклона и создания подпора воды) и снижение общей эрозии почвы, но и задерживает атмосферные осадки в местах выпадения (задерживаются в поливных бороздах), а также способствует охране участка от смывов и размывов во время ливневых дождей, так как вода в этом случае выпускается в сбросной канал.

Норма полива регулируется расходом воды, подаваемой в борозды. Предложенная система орошения, на наш взгляд, может обеспечить технологию создания интенсивных садов на горных склоновых землях аридных территорий.

По мнению Г. Лесниковой [10], внедрение интенсивного садоводства в настоящее время является одним из приоритетных направлений развития сельскохозяйственного сектора, хотя многих сельхозтоваропроизводителей пугают большие затраты на первоначальном этапе. Нами рассмотрен сад как объект инвестиций. Для удобства сравнения по факторам или элементам функционирования системы излагаем в виде таблицы затраты на создание интенсивного сада (таблица 3).

Таблица 3 – Затраты на создание интенсивного сада

Фактор (элемент) стандартного интенсивного сада	Затраты на площадь 5 га (в числителе – в долл., в знаменателе – в тыс. руб.)	
	по Г. Лесниковой	по А. Галимову
1	2	3
1 Саженцы обеспечивают около 80 % коммерческого успеха, оптимально применение оздоровленных двухлетних саженцев с однолетней кроной («книп-баум») из расчета 2500 шт./га по 3 долл./шт.	<u>37500</u> 2625	<u>37500</u> 2625
2 Опоры из бамбука возле каждого дерева, одна проволочная шпалера. Опоры из пропитанных креозотом или медным купоросом жердей фундука или других местных пород (через 3 м) – 5500	<u>16615</u> 1163 -	- <u>5500</u> 385
3 Капельное орошение при наличии источника водо- и электроснабжения. Система орошения ДагНИИСХ: ПРВППУ – $165 \times 700 = 115500$; $165 \times 90 = 14850$ $115500 + 14850 = 130350$	<u>10000</u> 700 -	- <u>2000</u> 140
4 Ограждение: сетка-рабица высотой 1,5 м и железобетонные столбы для ее крепления через каждые 4 м	<u>1444</u> 101	<u>1444</u> 101
5 Трактор, тележка, опрыскиватель, косилка ротационная, гербицидный опрыскиватель. Опрыскиватель, косилка ручная	<u>9300</u> 651 -	- <u>4500</u> 315
Итого	<u>74859</u> 5240	<u>50944</u> 3566
6 Посадка деревьев, установка опор, монтаж системы капельного орошения, установка ограждения. Без монтажа системы капельного орошения	<u>2000</u> 140 -	- <u>1000</u> 70

Продолжение таблицы 3

1	2	3
7 Текущие расходы: химзащита, удобрения, орошение, охрана объекта, ГСМ, аренда холодильника, оплата труда специалистов и наемных рабочих. Химзащита дешевле в 5 раз, удобрения жидкие – в 2 раза	<u>22470</u> 1573	-
	-	<u>15000</u> 1050
Всего	<u>99329</u> 6953	<u>66944</u> 4686

При использовании варианта с собственным холодильником и многоцветной тарой эти затраты можно значительно сократить. В пересчете на одно дерево суммарные затраты за 15 лет существования насаждений составят всего около 30 долл. За весь период плодоношения одно дерево обеспечивает до 90–100 долл. чистой прибыли. Большие вложения в создание сада окупаются урожаем третьего года, после чего ежегодная прибыль будет превышать 100 долл. Таким образом, на каждый вложенный в интенсивный яблоневый сад доллар получаем 2,7 долл. чистой прибыли. Конечно, данный пример не учитывает уплаты налогов, форс-мажорных обстоятельств. Но он позволяет увидеть, каковы на самом деле потенциальные возможности стратегически важного для юга России сегмента аграрного бизнеса – интенсивного садоводства [10].

В заключение необходимо отметить, что для создания высокопродуктивных, менее затратных, высокотехнологичных, с лучшим качеством плодов садов как в промышленном, так и в личном подсобном хозяйстве необходим грамотный персонал на всех этапах функционирования интенсивного сада.

Список использованных источников

1 Сатибалов, А. В. Интенсификация садоводства на юге России / А. В. Сатибалов // Научное обеспечение АПК Юга России: сб. докл. регион. науч.-практ. конф. – Ч. 1. – Майкоп, 2013. – С. 199–203.

2 Основные показатели развития АПК ДАССР / Дагест. республик. упр. статистики. – Махачкала, 1990.

3 Шахмарданов, А. Куда мы идем? О развитии горного и горно-долинного садоводства / А. Шахмарданов. – Махачкала: ИПЦ ДГПУ, 2006.

4 Шерифалиев, Д. Праздник «День Ахтынских яблок» удался на славу! / Д. Шерифалиев // Лезги газет. – 2015. – № 45, 5 ноября. – С. 7.

5 Плодоводство / А. П. Драгавцев [и др.]. – Краснодар: Краснодар. кн. изд-во, 1965.

6 Мудуев, Ш. С. Перспективы развития садоводства в Республике Дагестан [Электронный ресурс] / Ш. С. Мудуев. – Режим доступа: <http://hoziaystvo.ru/article/perspektivy-razvitiya-sadovodstva-v-respublike-dagestan>, 2016.

7 Освоение горных склонов под сады в Дагестане: метод. рекомендации. – Махачкала: Дагест. кн. изд-во, 1976.

8 Мурсалов, М. К. Горные склоны под сады / М. К. Мурсалов, С. М. Насруллаев, Н. Г. Загиров // Природно-ресурсный и экономический потенциал горных и предгорных регионов России и принципы создания «устойчивых» агроландшафтов: сб. материалов всерос. науч.-практ. конф., 23–28 сентября 1996 г. – С. 204–205.

9 Пат. на изобретение 2041617. Система орошения горных склоновых земель. – Бюл. № 23.

10 Лесникова, Г. Сады интенсивного типа с точки зрения экономики / Г. Лесникова // Аграрная Кубань. – 2012, 6 декабря.

НАУКА – ПРАКТИКЕ

УДК 626.923.2

В. В. Трунин

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация

А. К. Носов

Северо-Кавказский институт по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства, Пятигорск, Российская Федерация

**АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ
МЕЖРЕСПУБЛИКАНСКИМ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ
НА ОРОШЕНИЕ В СЕВЕРО-КАВКАЗСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ**

Цель исследований – проведение производственной проверки разработанного ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» комплекса моделей для управления межсистемным водораспределением на оросительных системах. В процессе исследований проведена адаптация рассматриваемого комплекса моделей для реализации планирования сезонного межреспубликанского и межсистемного водопользования в ФГБУ «УЭММК». В результате исследований выполнено моделирование сети водовыделов и межреспубликанских магистральных оросительных каналов. Создана база данных для моделей формирования хозяйственных планов. Апробированы процедуры автоматизации сезонного подекадного планирования межреспубликанского и межхозяйственного водораспределения и подготовки отчетов. Фактические значения технико-экономических показателей внедрения компьютерных моделей водораспределения составили: рост коэффициента полезного использования воды на 0,2; объем дополнительной продукции до 5,2 ц з. е./га, или в денежном исчислении 5,44 тыс. руб./га; повышение уровня автоматизации труда на 20 %; рост производительности труда на 30 %. Результаты производственной проверки комплекса моделей водораспределения на межхозяйственных оросительных системах в ФГБУ «УЭММК» оформлены соответствующим актом и протоколом, рекомендуящими их внедрение в производственную эксплуатацию.

Ключевые слова: автоматизация, планирование, межсистемное водораспределение, поддержка, диспетчерские решения.

В рамках исследований по тематике НИР на 2011–2014 гг. специалистами ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» разработаны новые подходы к управлению водопользованием при орошении, связанные с созданием компьютерных моделей для подготовки фрагментов решений по планированию водораспределения, оперативному управлению водоподачей, информационной и технологической поддержке принятия диспетчерских решений, контролю и анализу водопользования и выполнению других функций [1–8].

Фрагменты указанного комплекса компьютерных моделей апробировались с участием авторов в условиях опытно-производственной проверки на объектах, подведомственных ФГБУ «Управление эксплуатации межреспубликанских магистральных каналов» (ФГБУ «УЭММК»). Объекты базируются в п. Джулат Кабардино-Балкарской Республики Северо-Кавказского федерального округа.

Моделирование водопользования на межхозяйственных оросительных системах осуществлялось для сезонного планирования межреспубликанского и межхозяйственного водораспределения с целью определения возможности промышленного функцио-

нирования комплекса моделей, который обеспечивает повышение эффективности процедур планирования водоподачи для межсистемных гидроузлов, подведомственных управлению эксплуатации.

ФГБУ «УЭММК» осуществляет водораспределение по восьми межреспубликанским магистральным каналам и трем каналам межхозяйственных систем. Каналы Эльхотовский, Мало-Кабардинский, Надтеречный, Малка-Кура с левой ветвью и Правобережным каналом, им. Ленина с Екатериноградским сбросом, Баксан-Малка, Хатакумский, Неволька, Баксаненок осуществляют водозабор из источников орошения (р. Терек, Баксан, Малка) и распределяют оросительную воду между водопотребителями, которые представлены восемью филиалами ФГБУ по мелиорации и сельскохозяйственному водоснабжению в четырех субъектах федерации Северо-Кавказского федерального округа: Кабардино-Балкарской Республике, Республике Северная Осетия – Алания, Чеченской Республике и Ставропольском крае. Водопотребителями по отношению к ФГБУ «УЭММК» являются следующие филиалы региональных ФГБУ по мелиорации и сельскохозяйственному водоснабжению:

- Терский, Прохладненский и Баксанский филиалы ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Кабардино-Балкарской Республике» (ФГБУ «Управление «Каббалкмелиоводхоз»);

- Моздокский и Змейский филиалы ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Республике Северная Осетия – Алания» (ФГБУ «Севосетинмелиоводхоз»);

- Надтеречный филиал ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Чеченской Республике» (ФГБУ «Управление «Чеченмелиоводхоз»);

- Кировский и Курской филиалы ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Ставропольскому краю» (ФГБУ «Ставропольемелиоводхоз»).

В зону обслуживания ФГБУ «УЭММК» входит 137581 га орошаемых площадей. Работа по подготовке плана водопользования в ФГБУ «УЭММК» включает формирование 22 документов, в том числе:

- девяти документов по расчету водозабора в каналы им. Ленина, Правобережный, Эльхотовский, Мало-Кабардинский, Надтеречный, Малка-Кура, баланса водобеспеченности р. Малки и Куры, календарного плана водозабора из источников орошения в каналы ФГБУ «УЭММК»;

- шести документов по планированию водоподачи в Кабардино-Балкарскую Республику, Северную Осетию, Чеченскую Республику и Ставропольский край, двух вариантов сводных календарных планов забора из источников и водоподачи по оросительным системам из каналов ФГБУ «УЭММК»;

- четырех документов по планированию площадей физических и вегетационных поливов, вегетационных и пожнивных гектарополивов;

- сводной ведомости вегетационных поливов сельскохозяйственных культур из каналов ФГБУ «УЭММК»;

- календарного плана водоподачи по системам на все нужды орошения;

- пояснительной записки к плану водопользования.

Указанные документы содержат большое количество исходных, промежуточных и результирующих данных, что требует существенных затрат времени и сил специалистов отдела водопользования ФГБУ «УЭММК» на сбор, хранение, обработку первоначальной и промежуточной информации, оформление документов на бумажном носителе. Зачастую этим обусловлен значительный разрыв во времени от начала подготовки информации (например, подачи заявки на воду) до принятия решения диспетчером службы эксплуатации. Вместе с тем правильное и принятое вовремя решение может предопреде-

лить результат всех дальнейших действий, следовательно, качество принимаемых решений в управленческой деятельности приобретает первостепенное значение.

Адаптируемый комплекс моделей водораспределения на межхозяйственных оросительных системах должен обеспечить своевременную информационную и технологическую поддержку управленческих решений при планировании сезонного межреспубликанского и межсистемного водопользования в ФГБУ «УЭММК». Для реализации этой цели были решены следующие задачи:

- автоматизация расчетов планового водозабора по сооружениям, каналам, эксплуатационным участкам ФГБУ «УЭММК»;
- автоматизация планирования сезонных поливов (вегетационных, пожнивных и т. д.);
- автоматизация планирования водоподачи по субъектам Северо-Кавказского федерального округа, являющимся водопользователями по отношению к гидроузлу.

Тестирование и отладка комплекса моделей водораспределения на межхозяйственных оросительных системах выполнены по данным о водопользовании, которые были предоставлены диспетчерской службой ФГБУ «УЭММК» для подведомственных объектов за периоды, предшествующие году опытной эксплуатации модели.

Первичная информация учтена и обобщена на уровне восьми филиалов – водопользователей ФГБУ «УЭММК», относящихся к субъектам федерации Северо-Кавказского федерального округа: Баксанского, Прохладненского и Терского филиалов ФГБУ «Управление «Каббалкмелиоводхоз», Кировского и Курского филиалов ФГБУ «Управление «Ставропольмелиоводхоз», Моздокского и Змейского филиалов ФГБУ «Управление «Севосетинмелиоводхоз», Надтеречного филиала ФГБУ «Управление «Чеченмелиоводхоз». Для сбора и обработки первичной информации разработаны специальные формы.

Программное обеспечение компьютерной модели водораспределения на межхозяйственных оросительных системах включает модули, обеспечивающие выполнение следующих функций:

- ввод и хранение исходных данных;
- обобщение, агрегирование и трансформацию информации;
- подготовку и выдачу на печать результирующих отчетов.

Моделирование процедур планирования межсистемного водораспределения не требует от пользователя специальной подготовки и высокого уровня компьютерной грамотности. Включает «дружественный» интерфейс и обеспечивает диалог «компьютер – пользователь» при помощи меню и подсказок. Программы компьютерных моделей максимально самодокументированы и содержат описания и сообщения, выполняющие роль руководства для пользователя в процессе решения задач.

Комплекс компьютерных моделей водораспределения на межхозяйственных оросительных системах, адаптированный к условиям сезонного планирования водопользования по межреспубликанским каналам, находился под производственной нагрузкой в ФГБУ «УЭММК» в течение 12 дней и показал эксплуатационную надежность и возможность функционирования в производственных условиях.

В ходе проверки апробированы следующие режимы автоматизации планирования водораспределения в ФГБУ «УЭММК»:

- формирование схемы водораспределения по межреспубликанским магистральным каналам оросительных систем, подведомственным ФГБУ «УЭММК»;
- создание базы данных для моделей хозяйственных планов;
- планирование декадно сезонного системного водопользования;
- подготовка отчетов.

Полученные по результатам производственной проверки комплекса моделей отчеты по вводу исходных данных и планированию сезонного водораспределения сверены с материалами ФГБУ «УЭММК», подготовленными по традиционной технологии,

которая предусматривает сбор, обработку информации и выполнение вычислений вручную. Анализ показал, что полученные в результате моделирования отчеты по вводу данных и планированию вододеления полностью совпадают с материалами по традиционной технологии, принятой в ФГБУ «УЭММК».

Фактические значения технико-экономических показателей разработанного комплекса компьютерных моделей водораспределения на межхозяйственных оросительных системах на данном этапе и в заданных условиях использования на объектах ФГБУ «УЭКГ и ЧВ» составили:

- рост коэффициента полезного использования воды, обусловленный снижением непроизводительных трат воды на сбросы, на 0,2;
- объем дополнительной продукции (за счет экономии водных ресурсов) до 5,2 ц з. е./га, или в денежном исчислении 5,44 тыс. руб./га;
- повышение уровня автоматизации труда на 20 %;
- рост производительности труда на 30 %.

Результаты производственной проверки модели водораспределения на межхозяйственных оросительных системах, адаптированной к условиям сезонного планирования межреспубликанского и межсистемного водопользования в ФГБУ «УЭММК», оформлены актом и протоколом внедрения модели в производственную эксплуатацию.

Список использованных источников

1 Юрченко, И. Ф. Эксплуатационный мониторинг мелиоративных систем для поддержки управленческих решений / И. Ф. Юрченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 4. – С. 48–51.

2 Юрченко, И. Ф. Исследование, создание и использование управленческих информационных технологий в сфере мелиораций / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов, В. В. Трунин // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). – 2014. – № 4 (ч. 13). – С. 67–69.

3 Юрченко, И. Ф. Совершенные системы водопользования как фактор сохранения почвенного плодородия и устойчивости сельскохозяйственного производства в орошаемых агроландшафтах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Агрехимический вестник. – 2013. – № 1. – С. 25–27.

4 Юрченко, И. Ф. Автоматизированное управление водораспределением на межхозяйственных оросительных системах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 2. – С. 178–184.

5 Юрченко, И. Ф. Методология и компьютерная технология поддержки решений при оперативном управлении водораспределением на межхозяйственных оросительных системах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2012. – № 2. – С. 6–10.

6 Юрченко, И. Ф. Методология создания информационной технологии оперативного управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Природообустройство. – 2013. – № 4. – С. 10–14.

7 Юрченко, И. Ф. Система поддержки принятия решений по водораспределению на базе веб-технологий [Электронный ресурс] / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – № 2(14). – 11 с. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec260-field6.pdf.

8 Юрченко, И. Ф. Совершенствование оперативного управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 53. – С. 166–170.

ОСОБОЕ МНЕНИЕ

УДК 631.587(575)

А. Рамазанов

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

М. Н. Файзуллаева

Ташкентский областной комитет по охране природы, Ташкент, Республика Узбекистан

**ОРОШАЕМОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ УЗБЕКИСТАНА:
ПРОБЛЕМЫ И СУЖДЕНИЯ**

Целью исследования являлся анализ современного состояния орошаемого земледелия в равнинной части республики и основных факторов, влияющих на его стабильное развитие. Приведены количественные показатели изменения степени засоления, производительной способности орошаемых почв при существующих организационно-технологических (агротехнических, агромелиоративных) способах сельскохозяйственного производства на фоне имеющихся гидромелиоративных систем. Сформулированы принципы, стратегия и пути повышения эффективности орошаемого земледелия при ограниченности водных ресурсов.

Ключевые слова: пустынная зона, дефицит воды, орошаемое земледелие, производительная способность почвы, урожайность хлопчатника, стратегия повышения продуктивности воды и почвы.

Исторически организация и ведение орошаемого земледелия в полупустынной и пустынной зоне неразрывно связаны с большими материально-техническими, финансовыми затратами на формирование базисобразующей инфраструктуры аграрного сектора экономики и других отраслей народного хозяйства, а также водно-земельных, трудовых ресурсов для производства продуктов растениеводства, животноводства.

По прогнозам международных, региональных, республиканских НИИ и проектно-изыскательских институтов, в сложившейся водохозяйственной обстановке в бассейне Аральского моря (БАМ) дефицит водных ресурсов со временем будет возрастать. С 2000–2012 г. водообеспеченность территорий, расположенных в среднем и нижнем течении рек Сырдарьи и Амударьи, не превышает 60–70 % от требуемого объема, что наносит ощутимый урон сельскому хозяйству. Так, из-за жесточайшего маловодья в 2000–2001 гг. общий ущерб, нанесенный аграрному сектору Республики Каракалпакстан, составил около 15 млрд сумов. Аналогичные последствия были отмечены на территориях Хорезмской, Бухарской, Навоийской и Кашкадарьинской областей [1].

Негативное влияние на создающуюся экстремальную ситуацию оказали широко применяемые в бывшем СССР принципы экстенсивного использования располагаемых водно-земельных и других ресурсов. Следует подчеркнуть, что, несмотря на планомерную и систематическую реализацию государственной программы по мелиоративному улучшению земель с соответствующим объемом субсидий, устойчивое и эффективное сельскохозяйственное производство с соответствующим уровнем рентабельности на территориях, введенных в оборот в 1960–1980 гг., еще не достигнуто. Не проводя глубокий и детальный анализ причин сложившейся ситуации в целом, отметим, что основной из них является нерациональное использование располагаемых ресурсов, а именно сравнительно низкий уровень продуктивности воды и планирование размещения основных севооборотных культур (преимущественно стратегически значимых – хлопчат-

ника, озимой пшеницы) без учета производительной способности возделываемых почв при применяемом в настоящее время принципе лимитированного водопользования.

Анализ результатов многолетних наблюдений и экспертных оценок различных частей орошаемой зоны свидетельствует о наличии в широкой производственной практике случаев нерационального использования фермерскими хозяйствами выделенной по лимиту воды, незапланированного по агротехнологии поверхностного сброса воды в существующую коллекторно-дренажную сеть (КДС). А основная функция построенных на орошаемых массивах пустынной зоны дренажных систем – это поддержание уровня грунтовых вод в оптимальных пределах и отвод инфильтрационных вод с полей орошения. В нормативных документах, официально утвержденных для обоснования мощности искусственного дренажа, отмечается возможность поддержания оптимального водно-солевого режима зоны аэрации орошаемых почв в равнинной части республики при соотношениях удельной водоподачи и дренажного стока, так называемом коэффициенте водоотведения, в пределах 0,27–0,30 [2].

В производственной практике коэффициент водоотведения варьируется в довольно широком диапазоне. Так, в 1985 г. на территориях, расположенных в верхнем течении реки Сырдарья, удельная водоподача на орошаемые поля составляла 13,60–15,10 тыс. м³/га, коэффициент водоотведения – 0,41–0,61. В 2013 г. эти величины соответственно варьировались в пределах 8,12–11,06 тыс. м³/га, а коэффициент водоотведения – от 0,28 до 0,94. В среднем течении реки при существенном снижении удельной водоподачи на орошаемые поля (8,12 тыс. м³/га – в Ташкентской и 9,68 тыс. м³/га – в Наманганской области) коэффициент водоотведения доходил до 0,76 и 0,94 соответственно. В целом по бассейну реки Сырдарья дренажный сток с 1 га по отношению к водоподаче резко возрастает (в Наманганской области возвратный сток составляет 94 %, в Ташкентской – 76 %, в Сырдарьинской – 61–73 %).

На территориях, расположенных в верхнем и среднем течении реки Амударья, в 1985 г. удельная водоподача на орошаемые поля варьировалась в пределах 9,35–17,20 тыс. м³/га, а коэффициент водоотведения – от 0,10 (Кашкадарьинская область) до 0,31 (Бухарская область). В 2013 г. при удельной водоподаче 8,21–12,85 тыс. м³/га максимальный коэффициент водоотведения был отмечен на территории Самаркандской и Навоийской областей (0,58 и 0,52 соответственно). В нижнем течении реки в 1985 г. удельная водоподача на орошаемые поля составила 18,90–20,96 тыс. м³/га. При почти одинаковом объеме водоподачи коэффициент водоотведения в Хорезмской области был почти в два раза выше и составил 0,62. В 2013 г. при заметном уменьшении удельной водоподачи (до 12,00–14,77 тыс. м³/га) коэффициент водоотведения также снизился [3].

При отмеченных коэффициентах водоотведения минерализация стока по КДС в бассейне реки Сырдарья в большинстве случаев составила 0,76–1,00 г/л, реже 3,00–6,70 г/л (Джизакская область, среднее течение реки). В бассейне реки Амударья она соответственно составила 0,86–1,45 и 3,31–6,52 г/л (Кашкадарьинская область, среднее течение реки). Для сравнения: в конце 60-х гг. XX в. минерализация стока не превышала 1,00 г/л даже в нижнем течении рек. Среднемноголетняя минерализация речного стока в настоящее время изменяется от 0,30–0,50 г/л в верхнем течении до 0,70–2,00 г/л в нижнем течении рек. Следовательно, наблюдающаяся в широком масштабе низкая минерализация коллекторно-дренажных вод (КДВ) по мере увеличения коэффициента водоотведения свидетельствует об участии речных вод, сбрасываемых с полей орошения в концевых частях внутрихозяйственных систем, в формировании стока, что в сложившейся водохозяйственной обстановке совершенно недопустимо.

Существующая теория почвообразования предполагает улучшение свойств орошаемых почв с течением времени. Считается, что орошаемые почвы достигают вы-

сокого уровня плодородия примерно через 50 лет после освоения. Однако это положение касается только плодородия новоосвоенных почв с благоприятными водно-физическими, агрохимическими и химическими свойствами, не требующих специальных методов освоения и интенсивных мелиораций.

При проектировании широкомасштабного и интенсивного освоения новых земель в пустынной зоне (Голодная, Джизакская, Каршинская, Шерабадская степи, а также низовья реки Амударьи) основное внимание было уделено строительству оросительной, дренажной сети, планировке и режиму орошения культур хлопкового комплекса (хлопчатника, люцерны, кукурузы и др.), эксплуатационным и на отдельных массивах капитальным промывкам, то есть гидротехническим и культуртехническим мероприятиям.

Несмотря на наличие достаточно квалифицированных научных разработок, в проектных работах почти не предусматривались состав, технико-экономическое обоснование, объем и сроки реализации мероприятий по устранению отрицательных свойств и режимов так называемых трудномелиорируемых почв (каменистых, грубо-скелетных, такыров, такыровидных, гипсоносных, эродированных, маломощных, подстилаемых на глубине 0,5–1,0 м песками и галечниками), распространенных в контуре вводимых в сельскохозяйственный оборот территорий с общей площадью 2,4 млн га.

Главной задачей в 50–60 гг. XX в. было введение в сельскохозяйственный оборот земель любого качества на основе упрощенного представления о сельскохозяйственных мелиорациях, сводимых к орошению, отводу воды, планировке и промывке земель.

Отмеченные обстоятельства в совокупности с организационно-технологическими нарушениями системы и культуры орошаемого земледелия на новоосвоенных массивах в результате привели к устойчивому во времени и медленному ухудшению эколого-мелиоративного состояния возделываемых земель. Об этом свидетельствует появление признаков опустынивания, увеличение площадей средне- и сильнозасоленных земель, снижение производительной способности орошаемых почв, которое также оказывает определенное влияние на формирование и направленность социально-экономических аспектов орошаемого земледелия. Урожайность основной севооборотной культуры – хлопчатника, которая имеет наибольшее стратегическое значение для республики на орошаемых землях, расположенных в верхнем течении рек, составила в 2014 г. 65–74 %, а в среднем и нижнем течении – 51–62 % от потенциально-возможного урожая, получаемого на опытно-производственных участках Узбекского научно-исследовательского института хлопководства (УзНИХИ) (таблица 1).

Современное состояние орошаемого земледелия и необходимость его модернизации с учетом требований рыночных взаимоотношений в аграрной отрасли народного хозяйства постоянно находятся в центре внимания руководства республики. По инициативе президента И. А. Каримова принято Постановление Кабинета министров Республики Узбекистан «О мерах по совершенствованию формирования и реализации программ мелиоративного улучшения орошаемых земель» от 28 ноября 2008 г. № 261, а также Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и рациональному использованию водных ресурсов на период 2013–2017 годы» от 19 апреля 2013 г. № ПП-1958. Реализация отмеченных в постановлении актуальных задач осуществляется на основе государственной программы с соответствующим объемом финансовых и материально-технических средств специально созданного Фонда улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель. К сожалению, выполняемые в настоящее время работы в основном направлены на восстановление работоспособности существующих ирригационных и гидромелиоративных систем [4].

Таблица 1 – Некоторые показатели, характеризующие состояние орошаемого земледелия в Узбекистане

Географическое и административное расположение территории		Средне- и сильнозасоленные земли, % от обследованной площади		Средний балл бонитета		Урожайность хлопчатника, ц/га			Урожайность районированных сортов хлопчатника	
				период, год						
Ствол реки	Наименование области	1970 г.	2010 г.	1980–1985 гг.	2006–2014 гг.	1970 г.	2010 г.	2014 г.	потенциально возможная, ц/га	полученная в 2014 г. от потенциально возможной, %
Бассейн реки Сырдарьи										
Верхнее течение	Андижанская	13,0	2,4	60,0	57,5	25,9	29,3	28,5	42,5	67,0
	Наманганская	7,4	5,3	70,0	60,0	25,3	27,3	27,8	37,5	74,1
	Ферганская	22,1	17,6	65,0	56,0	23,7	28,0	28,0	43,0	65,1
Среднее течение	Ташкентская	4,8	1,4	66,0	59,0	26,2	25,5	25,9	41,5	62,4
	Сырдарьинская	25,7	36,6	54,0	53,0	20,7	19,4	22,0	42,5	51,7
	Джизакская	+))	36,1	54,0	51,0	+))	22,0	22,5	41,5	54,2
Бассейн реки Амударьи										
Верхнее течение	Сурхандарьинская	8,8	17,9	70,0	56,0	32,3	28,0	28,0	39,5	70,9
Среднее течение	Бухарская	26,2	36,4	56,0	51,0	28,3	31,0	31,2	44,5	70,1
	Кашкадарьинская	5,4	14,9	46,0	52,5	26,4	27,1	26,0	44,5	58,4
	Навоийская	++))	35,9	56,0	53,0	++))	29,2	27,9	44,5	62,7
	Самаркандская	1,8	1,6	57,0	59,3	23,8	24,5	24,4	37,5	65,0
Нижнее течение	Каракалпакстан	38,5	56,3	46,0	41,3	27,9	19,6	20,1	38,5	52,2
	Хорезмская	22,4	46,9	76,0	54,0	33,0	25,5	27,5	47,5	57,8
Примечание – +) – в составе Сырдарьинской области; ++)) – в составе Бухарской области.										

С учетом целесообразности выполняемых работ при определении стратегических направлений интенсификации орошаемого земледелия основное внимание должно быть сосредоточено на восстановлении производительной способности низко- и среднеплодородных почв. Дело в том, что в равных условиях водообеспеченности урожайность на почвах с низким уровнем плодородия значительно ниже, чем на землях с высоким уровнем производительной способности, при одинаковых затратах воды. Поэтому повышение плодородия орошаемых земель путем коренного улучшения свойств и режимов почв является важнейшей задачей экономии водных ресурсов в условиях их исчерпания. Снижение затрат воды на единицу получаемой продукции за счет повышения производительной способности почв до потенциального уровня почти на порядок превышает другие способы снижения удельных затрат воды, требующие огромных капитальных вложений.

Таким образом, большую часть орошаемых земель республики составляют низко- и среднеплодородные почвы, которые требуют проведения большого и сложного комплекса мероприятий по повышению их производительной способности. Это вызвано не только необходимостью увеличения урожайности сельскохозяйственных культур на орошаемых землях, но и нарастающим дефицитом водных ресурсов. Дальнейшее использование малоплодородных почв без проведения необходимых сельскохозяйственных мелиораций недопустимо не только с экономических позиций, поскольку затраты на получение урожая существенно превышают доход от его реализации, но и с позиций экономии водных ресурсов и восстановления экологического равновесия.

Список использованных источников

1 Рамазанов, А. Эколого-мелиоративная обстановка в орошаемой зоне Узбекистана / А. Рамазанов, М. Файзуллаева // Материалы научно-практической конференции с международным участием к 85-летию Почвенного института им. В. В. Докучаева / Почв. ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии. – М., 2012. – С. 734–739.

2 Аверьянов, С. Ф. Горизонтальный дренаж при борьбе с засолением орошаемых земель: расчет / С. Ф. Аверьянов. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 84 с.

3 Рамазанов, А. Пути повышения водообеспеченности орошаемых земель / А. Рамазанов, М. Файзуллаева // Приоритетные направления в области науки и технологии в XXI веке: сб. ст. VII Междунар. науч. конф. – Ташкент: CHINOR ENK, 2014. – С. 172–175.

4 Рамазанов, А. Пути обеспечения устойчивого развития орошаемого земледелия в условиях дефицита водных ресурсов / А. Рамазанов, В. Г. Насонов, М. Файзуллаева // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 52. – С. 50–58.