

ISSN 2313-2248

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал

Выпуск № 2(66)/2017

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 № 2(66)/2017

Апрель – июнь 2017 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; доктор технических наук, профессор Ю. М. Косиченко; доктор технических наук А. В. Колганов; кандидат технических наук Г. А. Сенчуков; кандидат технических наук А. А. Чураев; чл.-кор. РАН, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО НИИ ДГАУ В. И. Ольгаренко; доктор сельскохозяйственных наук А. Н. Бабичев; кандидат технических наук О. А. Басев; кандидат технических наук Д. В. Бакланова; кандидат сельскохозяйственных наук С. Г. Балакай; кандидат сельскохозяйственных наук Н. И. Балакай; кандидат физико-математических наук М. В. Власов; кандидат сельскохозяйственных наук О. В. Воеводин; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент В. Д. Гостищев; кандидат сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаева; кандидат технических наук Ю. Е. Домашенко; кандидат технических наук С. Л. Жук; кандидат технических наук А. С. Капустян; кандидат технических наук А. Л. Кожанов; кандидат технических наук, доцент Г. Л. Лобанов; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Н. М. Макарова; доктор экономических наук Л. Н. Медведева; кандидат сельскохозяйственных наук В. А. Монастырский; кандидат технических наук В. В. Слабунов; кандидат технических наук А. В. Слабунова; доктор технических наук Ю. Ф. Снопич; кандидат технических наук, доцент А. И. Тищенко; кандидат технических наук А. С. Штанько; кандидат сельскохозяйственных наук Р. Е. Юркова

Технический редактор – Е. А. Бабичева

Литературный редактор – Н. Н. Иванова

Переводчик – В. В. Кульгавюк

Выпускающий – Л. И. Юрина

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

Тел./факс: (8635) 26-86-24
<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 20.06.2017. Формат 60×84/8.
Усл. печ. л. 30,59. Тираж 500 экз. Заказ № 44

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



9

772313 224008

Дата выхода в свет 30.06.2017
Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Научно-практическая конференция «Вопросы рационального использования водных ресурсов в мелиоративном комплексе АПК России»

Лытов М. Н. Функциональная схема мониторинга и управления орошением в режиме реального времени	6
Волкова Н. Е., Захаров Р. Ю. Особенности водохозяйственной экосистемы реки Малый Салгир	11
Капустян А. С. Современное состояние и перспективы представления сведений в государственный мониторинг водных объектов и водный реестр	17
Сейтумеров Э. Э. Актуальные проблемы водообеспечения Крыма.....	21
Кожанов А. Л. К вопросу разработки технико-экономического обоснования создания оросительных систем.....	27
Власов М. В. Расчет нормативных затрат на эксплуатацию осушительных систем	32
Рыжаков А. Н. Формы локальных контуров увлажнения, формируемых при капельном орошении	39
Тищенко А. П. Экспериментальные исследования по изучению водного баланса риса в Крыму	45
Бабичев А. Н., Монастырский В. А. Роль точного земледелия в программном выращивании урожая сельскохозяйственных культур	50
Носов А. К. Инновационные мероприятия управления кормопроизводством на мелиорируемых землях.....	53
Атажанов А. У., Фырлина Г. Л. Совершенствование технологии подготовки поля, орошаемого по бороздам	60
Клишин И. В. Компьютерная программа для аналитической обработки баз данных по ведению государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации.....	64
Бабичев А. Н., Мартынов Д. В. Влияние концентрации питательных веществ на полевую всхожесть семян свеклы столовой при струйном внутрипочвенном поливе	70
Кременской В. И., Джапарова А. М. Укладка поливных трубопроводов бестраншейным способом в Крыму	75
Пунинский В. С. К вопросу путей водосбережения при восстановлении функционирования мелиоративных систем на деградированных землях сельскохозяйственных с солонцом	81
Власенко М. В. Восстановление агроресурсного потенциала и улучшение условий функционирования деградированных земель полупустынно-степной зоны юга России	89
Рыжаков А. Н., Шкура В. Н., Штанько А. С. О форме локального контура капельного орошения	94
Пономаренко Т. С. Анализ пропускной способности участка русла реки Темерник и гидротехнических сооружений, расположенных в нем (результаты гидродинамического моделирования).....	100

Иванютин Н. М. Возможность использования слабоминерализованных поверхностных и подземных вод для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения в Крыму	106
Ольгаренко В. Иг. Биоклиматический метод расчета эвапотранспирации картофеля для условий юга России	111
Сидякина Е. В., Шангарь А. С., Забара П. П. Продуктивность гибридов томата при капельном орошении на юге Украины	116
Власенко М. В., Миненко О. С. Природно-хозяйственный потенциал песчаных земель Среднего Дона как объектов лесовыращивания	120
Давранов Г. Т., Фырлина Г. Л. Мероприятия по защите водохранилищ от заиления и улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель	126
Мелихова Е. В., Рогачев А. Ф., Бородычев В. В. Математическое моделирование движения капель воды при спринклерном орошении	131
Завалюев В. Э., Медведева Л. Н. Экологический след и перспективы развития мелиорации земель в Южном федеральном округе	137
Гостищев В. Д., Кузьмичев А. А. Перспективы использования местного стока в Республике Крым	143
Воеводина Л. А. Перспективы использования микроорганизмов для улучшения структуры орошаемых почв	147
Манжина С. А., Куприянова С. В. Перспективы использования сельскохозяйственной кооперации в развитии мелиорации земель	151
Ашрабова М. А. Особенности формирования структуры и свойств гидротехнических бетонов на заполнителях из дробленого бетона	157
Муратов А. Р. Пути повышения интенсивности колебаний при формировании изделий мелиоративного назначения	160

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Капустян А. С. Формирование уровня грунтовых вод и его регулирование в зоне орошения	166
Яцык Н. В., Кика С. М. Водный режим осушаемых земель при выращивании кормовых культур в Западном Полесье Украины	169
Усатый С. В., Усатая Л. Г. Капельное орошение и качество воды в системе «оросительная сеть – свойства почв»	174
Рамазанов А. Водосбережение – основа устойчивого развития орошаемого земледелия	179
Вожегова Р. А., Беляева И. Н., Коковихин С. В. Оптимизация структуры посевных площадей и моделирование севооборотов с учетом локальных параметров орошаемых и неполивных земель в условиях юга Украины	183
Шепелев А. Е. Требования к приборному оборудованию многоопорных широкозахватных дождевальных машин	190
Ишчанов Ж., Долидудко А., Исаев С., Шерматов Ё. Иерархический принцип управления водно-земельными ресурсами бассейна реки Амударьи	194
Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Влияние длительного орошения на почвообразовательные процессы темно-каштановых почв	198
Салугин А. Н. Восстановление гидрофизических характеристик почв с помощью математического моделирования	205
Тищенко А. П. Измерение атмосферных осадков при оперативном управлении режимами орошения сельскохозяйственных культур	209
Штанько А. С., Шкура В. Н. Геометрические параметры локальных контуров капельного увлажнения почвы	214

Селицкий С. А. Влияние способов орошения на почвенные процессы.....	218
Слабунов В. В. Влияние эрозионных процессов на сельскохозяйственные земли Ростовской области	224
Штанько А. С., Шкура В. Н. Изменение параметров локальных контуров капельного увлажнения почв в постполивной период	227

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Вайнберг М. В., Чураев А. А. Обоснование измерения расхода воды по методу «уклон – площадь» в открытых каналах оросительных систем	234
Сенчуков Г. А., Капустян А. С. Методические основы ведения работ по мониторингу водных объектов на мелиоративных системах	237
Чураев А. А., Юченко Л. В. Ускоренные и сокращенные методы и способы измерения расхода воды в открытых водотоках и каналах.....	243
Вайнберг М. В., Чураев А. А. Основные требования, предъявляемые к средствам измерения параметров водного потока с учетом новых условий водопользования.....	249
Мавланов Т. М., Тошматов Э. С., Ярашев Ж. А., Хуразбоев М. Р. Расчет призматических элементов гидротехнических сооружений численным методом	253

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Гамаюнова В. В., Дворецкий В. Ф., Литовченко А. А., Музыка Н. Н., Касаткина Т. А., Глушко Т. В. Пути увеличения производства зерна и эффективности использования влаги в условиях Южной Степи Украины	258
--	-----

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Научно-практическая конференция «Вопросы рационального использования водных ресурсов в мелиоративном комплексе АПК России»

УДК 631.674.5:504.064.36

М. Н. Лытов

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Цель исследований состоит в разработке обобщенной функциональной схемы информационной системы мониторинга и управления орошением в режиме реального времени. Объект исследований – гидромелиоративные системы нового поколения. Предмет исследований – информационные технологии в системе непрерывного оперативного контроля и управления орошением на основе гидромелиоративных систем нового поколения. В рамках настоящей работы предложена функциональная схема мониторинга и управления орошением в режиме реального времени. Раскрыты особенности и современные приемы реализации каждой из рассматриваемых в схеме функций. Обосновывается положение о необходимости приоритетного решения задач автоматизации процесса мониторинга и управления орошением, системного сокращения временных задержек, интервалов времени между измерением показателей, характеризующих состояние объекта (процесса), трансляцией и обработкой мониторинговой информации, выработкой, принятием и реализацией управляющих решений.

Ключевые слова: орошение, мониторинг, управление, функциональная схема, информационная система.

M. N. Lytov

All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
named after A. N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

FUNCTIONAL SCHEME OF REAL TIME MONITORING AND MANAGEMENT OF IRRIGATION

The aim of research is to develop a generalized functional scheme of information system for real time monitoring and management of irrigation. The object of research is new-generation irrigation and drainage systems. The subject of research is information technology in the system of continuous operating control and management of irrigation based on the new-generation hydromeliorative systems. Within the framework of this paper, a functional scheme for real time monitoring and management of irrigation has been proposed. The features and up-to-date methods of realizing each of the functions considered in the functional scheme are disclosed. The necessity of priority problem-solving of automation process of irrigation monitoring and management, systemic reduction of time delays, time intervals between measurement of indicators characterizing the object (process) state, translation and processing of monitoring information, development, adoption and implementation of management decisions is substantiated.

Keywords: irrigation, monitoring, management, functional scheme, information system.

Мониторинг работы оросительной техники в составе современных гидромелиоративных систем в самом общем случае представляет собой инструментальный контроль показателей, транслирование и обработку потоков данных [1, 2]. Одним из наиболее перспективных направлений развития информационных технологий применительно к решению задач мониторинга и управления гидромелиоративными системами в области орошения является разработка автоматизированных информационных систем для информационного обеспечения процессов управления различными структурно-функциональными объектами в режиме реального времени.

Материалы и методы. Целью исследований являлась разработка обобщенной функциональной схемы информационной системы мониторинга и управления орошением в режиме реального времени. Научный и практический опыт создания информационных систем, решающих возложенные на них функции в режиме реального времени, свидетельствует о необходимости учета дилеммы двух простых, но чрезвычайно важных факторов [2]:

- первый заключается в том, что, когда приходит время принимать решение, принятие последнего нельзя откладывать. Это требование является составной частью самого определения информационных систем реального времени;

- второй состоит в том, что принятое решение должно быть оптимальным из некоторого множества альтернатив. Это требование определяется самим существованием информационных систем, так как оно, собственно, их основополагающая идея.

Объективное существование этих факторов определяет основное противоречие информационных систем реального времени, которое до сегодняшнего дня служит главным двигателем совершенствования применяемых информационно-управляющих моделей. Методологической основой исследований стали приемы эвристического анализа функций информационной системы современных объектов мелиоративного назначения, структурного моделирования процесса принятия решений в системе планового водопользования [3, 4]. Объектом исследования является информационная система непрерывного контроля выполнения функций дождевальной техникой нового поколения в режиме реального времени. Выполнение исследований проводилось с использованием элементов современной теории оптимальных и адаптивных систем, теоретических основ координатных систем земледелия, методов функционального анализа в области информационных технологий [5, 6].

Результаты и обсуждение. Функциональная схема аппаратно-алгоритмического обеспечения автоматизированной системы управления орошением представлена на рисунке 1. Как видно из представленной на рисунке схемы, объектом управления является водный режим почвы. Оросительная техника является непосредственным объектом приложения управленческих решений, однако сама по себе является только средством регулирования водного режима почвы. Поэтому контрольно-измерительные комплексы и системы мониторинга, работающие в режиме реального времени, должны охватывать не только ключевые функциональные показатели работы оросительной техники, но и показатели, характеризующие динамику водного режима почвы.

В самом общем случае измерительные комплексы в составе обобщенной информационной системы могут быть представлены в стационарных или мобильных вариантах. Каждый из вариантов организации измерительных комплексов имеет свои преимущества и недостатки [7, 8]. Главным преимуществом мобильных измерительных комплексов является возможность организации обслуживания довольно объемного информационного поля одного или даже нескольких объектов управления при минимальной обеспеченности средствами измерения. Недостатком такой организации мониторинга объекта является невозможность организации непрерывного контроля объекта управления.

Стационарные системы мониторинга позволяют организовывать съем мониторинговой информации с любой необходимой периодичностью, а также контролировать объ-

ект управления непрерывно. Это позволяет избежать необходимости расчетного интерполирования информационных полей и сокращать до минимума потребность в использовании вероятностно-интуитивного метода принятия решений в условиях неопределенности. Недостатком такой схемы организации измерительных комплексов является увеличение потребности в дорогостоящем оборудовании, устройствах телеметрии, предварительной обработки и промежуточного хранения информации. Кроме того, важно понимать, что стационарные системы мониторинга будут наиболее эффективны лишь в случае возможности организации непрерывной трансляции результатов измерений.

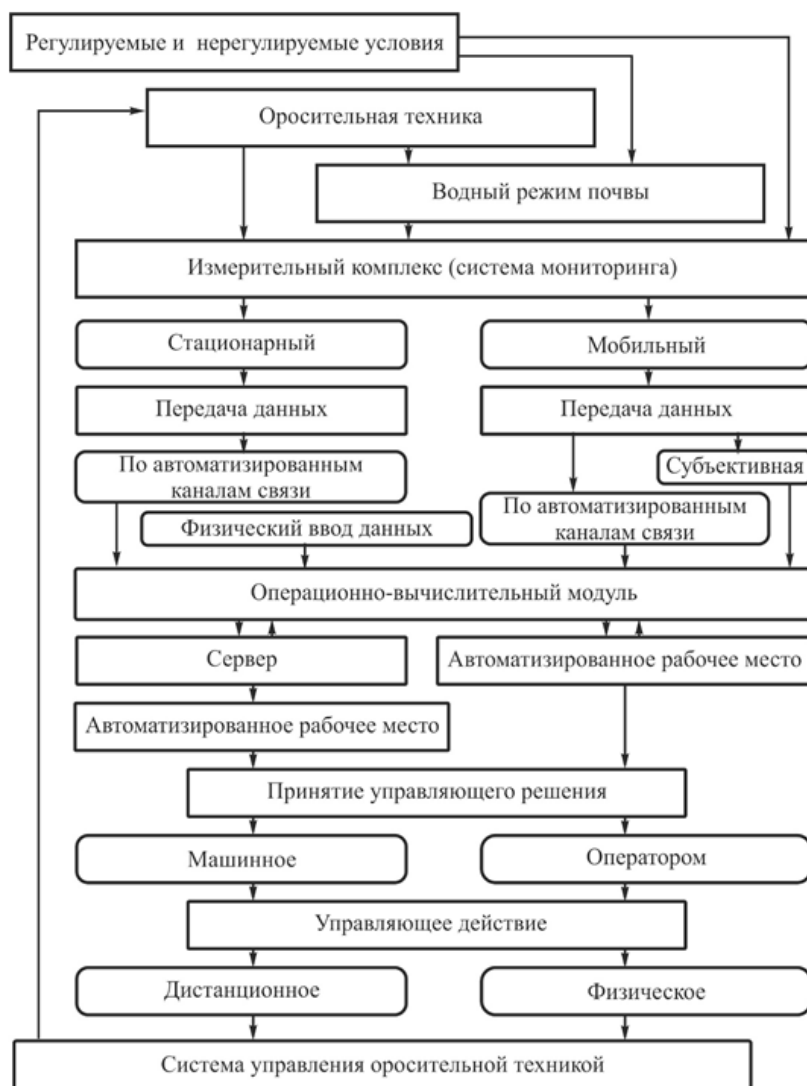


Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема мониторинга и управления орошением в режиме реального времени

Передача данных возможно организовать несколькими способами. Во-первых, для ее организации может быть использована проводная или беспроводная технология. В ряде случаев на практике выгодно комбинировать эти способы передачи данных, используя проводные технологии на небольшие расстояния с последующим использованием беспроводных технологий из точки наиболее уверенного приема радиосигнала. Во-вторых, важно дифференцировать технологии автоматизированной передачи данных по указанным выше каналам связи и способ субъективной доставки информации. Последнее подразумевает физическую доставку модуля хранения информации к операционно-вычислительному модулю, физический ввод информации с клавиатуры или других устройств ввода данных. Сюда же можно отнести архаичный способ субъектив-

ной голосовой передачи данных от объекта контроля/управления к операционно-вычислительному центру. Технологии автоматизированной передачи данных используют стандартные протоколы и не требуют участия в процессе человека. Применение таких технологий выглядит наиболее привлекательным для использования в системах реального времени, так как позволяет избежать неоправданных затрат времени на доставку информации. В связи с этим стационарные измерительные комплексы целесообразно комплектовать исключительно автоматизированными средствами телеметрии. Мобильные измерительные комплексы в зависимости от характера мониторинговой информации и пространственно-логической модели организации информационной системы могут комплектоваться как автоматизированными средствами телеметрии, так и использовать субъективные способы переноса информации.

Еще одним важным источником первичной информации информационной системы управления орошением является непосредственный (субъективный) ввод (выбор) данных, определяющих априорно известные характеристики информационного поля. К таким данным можно отнести, например, геоинформационную основу контролируемого участка, культуры севооборотной группы, определяющие выбор модели водопотребления, модели производственного процесса, модели расходования ресурсов и т. д. К этим же данным относится и сетевой график задания на выполнение технологического процесса, целевые задачи, целевые функции, регламенты и другие инструкции, определяющие поставленную задачу.

Ключевым блоком информационной системы управления орошением, как и любой информационной системы, является вычислительный центр (операционно-вычислительный модуль), задачей которого является обработка первичной информации и создание информации, предназначенной непосредственно для потребления человеком – оператором системы управления орошением. Кроме того, операционно-вычислительный модуль на основе сформированных полей информации осуществляет проверку выполнения технологического процесса на соответствие поставленным задачам (регламентам, инструкциям), осуществляет выработку управленческих решений и выбор наиболее оптимальных (предпочтительных) из них.

Современный уровень развития информационных технологий позволяет размещать сформированную операционно-вычислительным модулем информацию непосредственно на автоматизированном рабочем месте оператора управления (диспетчера, оператора дождевальной техники и т. д.). Другим способом доведения выработанной информации до оператора является размещение ее на сервере. В первом случае необходима организация канала связи операционно-вычислительного модуля с каждым из автоматизированных рабочих мест информационной системы. Преимуществом такой системы является исключение одного из модулей – посредников информационной системы – и сокращение общего времени на обработку информации и принятие управляющего решения, что важно для систем реального времени. Недостатком такой системы является необходимость организации одновременной интерактивной связи со всеми задействованными автоматизированными рабочими местами, что возможно лишь при малых масштабах и сравнительной простоте организации системы управления. Кроме того, нужно учитывать, что при организации информационного взаимодействия модулей системы по схеме «операционно-вычислительный модуль – автоматизированное рабочее место» хранение информации осуществляется за счет ресурсов автоматизированного рабочего места. Это приводит к необходимости существенного повышения ресурсов и, соответственно, сложности автоматизированных рабочих мест либо к отказу от хранения ретроспективной информации в целом, или какой-то ее части.

Указанных недостатков лишены серверные информационные системы [9]. Сервер в такой системе полностью берет на себя функции хранения и обмена информацией между операционно-вычислительным модулем и автоматизированным рабочим местом. В общем

случае, серверные системы предпочтительны для сложных информационных систем с множеством автоматизированных рабочих мест, а прямой обмен данными с автоматизированным рабочим местом – для простых систем, преимущественно, с одним автоматизированным рабочим местом. Следует также учитывать, что сегодня и для «простых» информационных систем с одним автоматизированным рабочим местом возможна организация обмена информацией по серверной схеме на базе «общественного» сервера, взаимодействующего с несколькими или множеством «простых» информационных систем.

Одной из ключевых задач информационной системы является выработка и поддержка принятия управленческого решения. Алгоритмы операционно-вычислительного модуля должны обеспечивать выработку и определение области оптимальных решений в режиме реального времени [4]. Однако выбор оптимального управленческого решения может осуществляться как в автоматизированном, «машинном» режиме, так и субъективно, оператором управления. Выбор управленческого решения в автоматизированном режиме предпочтительнее для систем реального времени, так как не несет в себе субъективных задержек в принятии решений. В то же время «машинные» технологии принятия решений связаны с риском возникновения системных ошибок, обусловленных несовершенством используемых алгоритмов и инструкций операционно-вычислительной логики.

Выбор управленческого решения оператором в настоящее время является единственным реализуемым вариантом использования информационных систем мониторинга и управления орошением. Преимуществом такой схемы является субъективная «контролируемость» технологического процесса и субъективная возможность принятия решения в условиях неопределенности. К недостаткам такой схемы следует отнести субъективные задержки времени для принятия управленческого решения, а также возможность совершения субъективных ошибок, вероятность которых обратно пропорциональна квалификации оператора.

Принятое управляющее решение реализуется посредством выполнения управляющего действия. Сегодня объективно существуют и используются два метода реализации управляющего действия: физическое и дистанционное. В свете современной парадигмы развития гидромелиоративных систем первый из рассмотренных подходов является «прошлым», а второй – «будущим» систем управления в мелиорации. Дистанционная реализация управляющих решений позволяет оператору сохранять мобильность и находиться в любом месте по отношению к объекту управления. При физической реализации управляющего действия требуется постоянное нахождение оператора в непосредственной близости от объекта управления – существенно возрастают субъективные затраты времени, что снижает эффективность систем реального времени.

Выводы. Предложенная схема охватывает основные функции системы мониторинга и управления орошением в режиме реального времени, позволяет проводить анализ эффективности как существующих систем управления, так и разрабатывать новые, автоматизированные комплексы, с возможностью реализации технологического процесса при минимальном (контролирующем) участии оператора. Наряду с известной проблемой автоматизации процесса мониторинга и управления орошением, совершенствование информационных систем реального времени предусматривает системное сокращение временных задержек – интервалов времени между измерением показателей, характеризующих состояние объекта (процесса), трансляцией и обработкой мониторинговой информации, выработкой, принятием и реализацией управляющих решений.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – В 2 ч. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 590 с.

2 Бородычев, В. В. Комплексы показателей мониторинга работы дождевальной

техники в режиме реального времени / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов, Е. Э. Головинов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 3(39). – С. 33–37.

3 Бочкарев, В. Я. Новые технологии и средства измерений, методы организации водочета на оросительных системах / В. Я. Бочкарев; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2012. – 227 с. – Деп. в ВИНТИ 27.04.12, № 196-B2012.

4 Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов, А. С. Овчинников, В. С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4(40). – С. 21–28.

5 Андреев, В. К. Вопросы прикладного функционального анализа / В. К. Андреев. – Красноярск: КрасГУ, 2007. – 128 с.

6 Александров, А. Г. Оптимальные и адаптивные системы / А. Г. Александров. – М.: Высшая школа. – 1989. – 263 с.

7 Бородычев, В. В. Аппаратное обеспечение мониторинга работы дождевальной техники на основе технологий глобального спутникового позиционирования / В. В. Бородычев, Е. Э. Головинов, М. Н. Лытов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2(62). – С. 48–52.

8 Бородычев, В. В. Геопозиционный синтез мониторинговых данных и возможности их использования в режиме реального времени / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1. – С. 168–177.

9 Казаринов, Л. С. Автоматизированные информационно-управляющие системы / Л. С. Казаринов, Д. А. Шнайдер, Т. А. Барбасова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 320 с.

УДК 626.812:504.453

Н. Е. Волкова

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

Р. Ю. Захаров

Академия строительства Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского,
Симферополь, Российская Федерация

ОСОБЕННОСТИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ РЕКИ МАЛЫЙ САЛГИР

Цель исследования – изучить особенности эколого-водохозяйственной обстановки в бассейне реки Малый Салгир. Прекращение поставок воды в Республику Крым от внешнего водоисточника привело к усилению дефицита водных ресурсов и антропогенной нагрузки на ряд водных объектов. В настоящее время к первоочередным задачам, имеющим региональное значение, необходимо отнести сохранение имеющегося водоресурсного потенциала и рациональное использование каждой реки, протекающей на территории полуострова. Ранее поверхностный сток р. Малый Салгир обеспечивал полив 226 га орошаемых земель, которые более 10 лет не используются по своему прямому назначению, но на перспективу могут быть восстановлены. Рационализация использования водоресурсного потенциала водотока должна включать социальную, экономическую и экологическую составляющие. Говорить о восстановлении орошения без учета существующей антропогенной нагрузки, интересов населения и сохранения благоприятной экологической обстановки нельзя, так как они функционально взаимосвязаны между собой. Это предполагает необходимость рассматривать бассейн реки как единую водохозяйственную экосистему, в которой нужно определить изменение каче-

ственных и количественных показателей стока, выявить причины ухудшения ее экологического состояния и только после этого приступать к разработке перечня мероприятий, направленных на рационализацию использования ее водоресурсного потенциала.

Ключевые слова: река, водоресурсный потенциал, антропогенная нагрузка, качество воды, гидротехнические сооружения, орошаемые земли, водохозяйственная экосистема, управление экологической безопасностью.

N. Ye. Volkova

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

R. Yu. Zakharov

Academy of Construction and Architecture Crimean Federal University
named after V. I. Vernadsky, Simferopol, Russian Federation

FEATURES OF WATER MANAGEMENT ECOSYSTEM OF THE RIVER SMALL SALGIR

The purpose of the study is to study the peculiarities of the ecological and water management situation in the Maly Salgir basin. The stoppage of water deliveries to the Republic of Crimea from an external water source has led to an increase in water resources scarcity and anthropogenic pressure on a number of water bodies. At present, the primary tasks of regional importance are the conservation of the existing water resources potential and the rational use of each river flowing on the territory of the peninsula. Earlier, the surface runoff of the river Small Salgir provided watering of 226 hectares of irrigated lands that have not been used for their designated purpose for more than 10 years, but can be restored in the future. The rationalization of the use of stream water resource potential should include social, economic and environmental components. To talk about the restoration of irrigation is impossible without taking into account the existing anthropogenic load, the interests of the population and the preservation of favorable ecological situation conservation, since they are functionally interrelated. This implies the need to consider the river basin as a single water ecosystem, in which it is necessary to determine the change in run off qualitative and quantitative indicators, to identify the causes of deterioration of its ecological status and only then to start developing an action plan aimed at rationalizing the use of its water resource potential.

Key words: river, water resource potential, anthropogenic load, water quality, hydraulic structures, irrigated lands, water ecosystem, environmental safety management.

Река Малый Салгир входит в бассейн р. Салгир и является ее правым притоком первого порядка. За ее исток приняты родники у южного склона горы Коль-Баир, входящей в систему отрогов Главной гряды Крымских гор, на высоте 770 м. Длина реки составляет 24,3 км, площадь водосбора – 93,3 км², залесенность – 7,7 %, распаханность – 55,5 %. Самый крупный приток – река Абдальская длиной 9 км и водосборной площадью 23,4 км² [1]. На водотоке имеется действующий гидропост (г. Симферополь, Гагаринский парк), открытый в 1960 году. Расстояние от истока реки до данного пункта наблюдения составляет 21 км. Сток водотока зарегулирован слабо. Общее количество прудов по состоянию на 01.01.2012 составляет 24 шт., а их суммарный объем 0,7 млн м³ [2]. Ниже в таблице 1 приведены основные гидрологические характеристики реки Малый Салгир, а в таблице 2 – краткая информация по водоаккумулирующим сооружениям, расположенным в ее бассейне.

Из анализа таблицы 2 наглядно видно, что более 50 % прудов в настоящее время, согласно статистическим данным, не используется. Это является недопустимым, так как, с одной стороны, приводит к бессмысленным потерям воды на испарение и фильтрацию из этих водоаккумулирующих сооружений, а с другой стороны, вследствие отсутствия пользователя к увеличению риска аварий на них, так как не выполня-

ется комплекс соответствующих мероприятий, направленных на поддержание необходимого требованиям уровня гидротехнических сооружений.

Таблица 1 – Основные гидрологические характеристики р. Малый Салгир

Характеристика	Единица измерения	Величина
Площадь водосбора	км ²	93,30
Норма годового стока	м ³ /с	0,27
Коэффициент вариации годового стока		0,39
Годовой сток обеспеченностью:		
50 %	млн м ³	8,05
75 %	млн м ³	6,34
95 %	млн м ³	4,50
Минимальные месячные расходы воды холодного периода обеспеченностью:		
50 %	м ³ /с	0,13
75 %	м ³ /с	0,12
95 %	м ³ /с	0,08
Минимальные месячные расходы воды теплого периода обеспеченностью:		
50 %	м ³ /с	0,08
75 %	м ³ /с	0,07
95 %	м ³ /с	0,04

Таблица 2 – Краткая информация по водоаккумулирующим сооружениям, расположенным в бассейне реки Малый Салгир

Номер пруда	Бассейн реки	Площадь зеркала при НПУ, га	Объем при НПУ, тыс. м ³	Назначение	
				проектное	фактическое
1	2	3	4	5	6
г. Симферополь					
10р	Малый Салгир	0,02	0,10	Комплексное	Не использ.
11р	Малый Салгир	0,02	0,10	Комплексное	Не использ.
12р	Абдальская	0,03	2,00	Рекреация	Рекреация
13р	Абдальская	0,20	3,00	Рекреация	Рекреация
14р	Абдальская	3,00	75,00	Рыбохоз.	Комплексное
15р	Абдальская	5,30	45,00	Рекреация	Рекреация
16р	Абдальская	1,60	46,00	Рекреация	Рекреация
Итого по г. Симферополь		10,17	171,20	—	—
Трудовское с/п					
60р	Малый Салгир	8,40	350,00	Орошение	Комплексное
61р	Малый Салгир	0,20	2,80	Орошение	Не использ.
62р	Малый Салгир	0,30	12,00	Орошение	Не использ.
63р	Малый Салгир	0,30	3,20	Орошение	Не использ.
64р	Малый Салгир	1,00	1,10	Орошение	Не использ.
65р	Малый Салгир	0,40	15,00	Орошение	Не использ.
66р	Правый приток Малого Салгира	2,52	47,41	Орошение	Комплексное
67р	Балка б/н	0,50	20,00	Орошение	Комплексное
70р	Приток Малого Салгира	1,80	22,00	Орошение	Комплексное

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
74р	Приток Малого Салгира	1,44	26,00	Орошение	Комплексное
148к	Правый приток Малого Салгира	0,20	0,60	Орошение	Не использ.
149к	Правый приток Малого Салгира	0,50	2,00	Орошение	Не использ.
150к	Малый Салгир	0,30	1,20	Орошение	Не использ.
151к	Малый Салгир	0,10	1,00	Орошение	Не использ.
152к	Правый приток Малого Салгира	0,90	9,50	Орошение	Комплексное
191к	Правый приток Малого Салгира	2,60	13,50	Орошение	Не использ.
267к	Малый Салгир	0,19	2,87	Рекреация	Не использ.
Итого по Трудовскому с/п		21,65	530,18	—	—
Итого по бассейну Малого Салгира		31,82	701,38	—	—

Следует отметить, что, согласно проектных данных, к выше названному водосточнику привязано 226 га орошаемых земель (территория Трудовского сельского поселения), из них 77 га непосредственно к реке и 149 га к водоаккумулирующим сооружениям, наполняемым за счет ее стока. На протяжении последних 10 лет по ряду причин данные земли не поливались. Это негативно сказалось на состоянии водотранспортирующих сетей, которые сейчас находятся в неудовлетворительном состоянии (вода подавалась к орошаемым массивам по закрытой сети общей протяженностью 4,5 км). Чтобы оценить на перспективу возможность восстановления орошения в бассейне реки Малый Салгир были проведены водобалансовые расчеты, результаты которых сведены в таблицу 3. Потери на фильтрацию определялись на основе методики, изложенной К. П. Воскресенским [3], потери на испарение согласно «Методики расчета ... » [4], а экологический попуск по Б. В. Фашевскому [5]. Средняя величина испарения с водной поверхности была принята равной 803 мм [1].

Таблица 3 – Оценка возможных площадей регулярного орошения, которые можно привязать к реке Малый Салгир

Показатель	Объем, млн м ³
Сток в бассейне реки в год 75%-ной обеспеченности	6,34
Забор подземной воды по бассейну	0,18
Экологический попуск	1,89
Потери на испарение	0,13
Потери на фильтрацию	0,07
Максимально возможный объем отбора воды	4,43
Потребность в воде производства	0,18
Возможный отбор на орошение	4,25
Объем воды, необходимый для восстановления орошения на привязанных к водотоку землях (226 га)	0,68
Возможный объем воды для введения на перспективу дополнительных площадей регулярного орошения	3,57

Из анализа таблицы 3 видно, что, кроме восстановления орошения на площади 226 тыс. га, к данному водосточнику можно еще дополнительно привязать около 1000 га земель регулярного орошения или же использовать сток реки для полива земель, привязанных к Салгирской оросительной системе, на которой по причине перекрытия

внешнего водоисточника отмечается дефицит водных ресурсов (около 65 % орошаемых земель было привязано к системе Северо-Крымского канала [6]). Однако очень важным является то, что для получения стабильных урожаев на поливных землях, в дополнение к основным требованиям ведения научно обоснованного земледелия (внесение минеральных и органических удобрений, соблюдение севооборотов и т. п.), необходимо соблюдать нормы и сроки поливов, осуществлять мониторинг качественных показателей оросительной воды, уровней залегания грунтовых вод и, при необходимости, проводить соответствующие мелиоративные мероприятия.

Остановимся более подробно на качественных показателях поверхностного стока реки Малый Салгир. Следует отметить, что вследствие усиления антропогенной нагрузки происходят изменения в качественном составе воды. Если сравнить средние годовые данные за 1992 г. [1] и 2016 г., то можно отметить увеличение содержания в названном ресурсе анионов хлора. Более детальная информация по изменению солевого состава приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Изменение солевого состава воды реки Малый Салгир

Показатель	Исток			г. Симферополь		
	1992 г.	2016 г.	разница	1992 г.	2016 г.	разница
HCO_3^-	293,0	253,0	40,0	459,0	330,0	129,0
Cl^-	18,0	28,0	-10,0	63,1	90,0	-26,9
Ca^{2+}	96,0	76,0	20,0	137,0	166,0	-29,0
Mg^{2+}	20,0	7,0	13,0	27,0	29,0	-2,0
K^+	2,0	1,5	0,5	5,0	4,0	1,0
Na^+	9,0	4,0	5,0	40,0	48,0	-8,0
SO_4^{2-}	77,0	24,0	53,0	60,0	50,0	10,0

Таким образом, по посту, расположенному на территории г. Симферополь, в связи с увеличением в воде анионов хлора произошло изменение паспорта воды с гидрокарбонатного кальциевого на хлоридно-гидрокарбонатный кальциевый, а, исходя из возможности развития хлоридного засоления, класс качества воды изменился с I на II. То есть в случае недостаточной дренированности орошаемых земель возможно засоление почв, снижение урожайности культур слабой солеустойчивости на 5–10 % [7].

Застройка прибрежной полосы, замусоривание водоохранной зоны и самого водотока приводят к существенным изменениям качественных показателей воды. Так, к примеру, 20 апреля 2016 г. были отобраны пробы воды из реки Малый Салгир напротив Луговской больницы и около 700 м ниже по течению за садово-огородными участками для проведения химического анализа. Результаты исследований сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Изменение солевого состава по течению р. Малый Салгир на территории г. Симферополь

Показатель	Содержание в точке отбора, г/л		Разница
	Район Луговской больницы	700 м ниже по течению	
HCO_3^-	430	510	80
Cl^-	70	80	10
Ca^{2+}	250	290	40
Mg^{2+}	28	35	7
K^+	5	6	1
Na^+	30	60	30
SO_4^{2-}	60	60	0

Из анализа таблицы 5 наглядно видно, что произошло увеличение содержания практически по всем обследуемым компонентам (исключение анионы сульфатов). Причем, если исходить из оценки пригодности данной воды для орошения, то на обследованном участке, исходя из почвенно-мелиоративной классификации [7], она изменила класс качества с I на II по причине повышения содержания хлор-иона (с 1,97 до 2,3 мг-экв/дм³).

Среди других отрицательных последствий антропогенного воздействия на водохозяйственную экосистему (рисунок 1), кроме ухудшения качества воды, хотелось бы отметить следующие:

- снижение эстетической привлекательности водотока (нарушение ст. 65 п. 15 Водного кодекса РФ, который гласит о том, что на территории водоохранных и прибрежных зон запрещается « ... размещение кладбищ, скотомогильников, объектов размещения отходов производства и потребления, ... » [8]);

- ухудшение качества среды обитания водной биоты;

- невозможность подойти к руслу водотока (нарушение ст. 6 Водного кодекса РФ «Каждый гражданин вправе пользоваться (без использования механических транспортных средств) береговой полосой водных объектов общего пользования для передвижения и пребывания около них ... » [8]) и т. п.



а)



б)



в)

а) замусоривание водотока; б) застройка береговой зоны;
в) свалка строительного и бытового мусора в водоохранной зоне

Рисунок 1 – Нарушение водного законодательства, на примере р. Малый Салгир

Таким образом, если говорить о рациональном использовании вод бассейна р. Малый Салгир, то необходимо комплексно рассматривать сам водоток (водную экосистему), гидротехнические сооружения и конструкции, расположенные на территории бассейна реки (водохозяйственную систему) и потребителей воды данного поверхностного водоисточника (водохозяйственный комплекс), то есть представить его как единую водохозяйственную экосистему, которая включает в себя все вышеперечисленные составляющие и в ряде случаев может выходить за пределы бассейна водотока.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1 Водные ресурсы р. Малый Салгир в настоящее время, согласно статистическим данным, фактически не применяются.

2 Наличие неиспользуемых водоаккумулирующих сооружений ведет к неэффективным потерям воды на испарение и фильтрацию и возрастанию риска аварий на этих ГТС;

3 Исходя из водобалансовых расчетов, возможно восстановление орошения на 226 га земель, привязанных к данному водоисточнику, и дополнительное введение в оборот еще около 1 тыс. га земель регулярного орошения или использование имеющегося свободного стока (около 3,5 млн м³) для полива земель Салгирской оросительной системы;

4 Перед тем, как приступить к разработке мероприятий по рационализации использования поверхностного стока р. Малый Салгир, необходимо рассмотреть ее как единую водохозяйственную экосистему, включающую сам водоток (в том числе его экологическое состояние), комплекс гидротехнических сооружений, потребности существующих и возможных на перспективу пользователей водных ресурсов.

Список использованных источников

- 1 Паспорт реки Малый Салгир. – Симферополь: Крымгипроводхоз, 1992. – 85 с.
- 2 Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: справочник / А. А. Лисовский, В. А. Новик, З. В. Тимченко, У. А. Губская; под ред. А. А. Лисовского. – Симферополь: КРП «Изд-во «Крымучпедгиз», 2011. – 242 с.
- 3 Воскресенский, К. П. Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на малых реках, ручьях и временных водотоках (методические основы и практика) / К. П. Воскресенский. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1956. – 467 с.
- 4 Об утверждении Методики расчета водохозяйственных балансов водных объектов: Приказ МПР РФ от 30 ноября 2007 г. № 314: по состоянию на 29 декабря 2007 г. // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.
- 5 Фащевский, Б. В. Экологическое обоснование допустимой степени регулирования речного стока / Б. В. Фащевский. – Минск: БелНИИТИ, 1989. – 51 с.
- 6 Волкова, Н. Е. Проблемы орошаемого земледелия, привязанного к местному стоку / Н. Е. Волкова, В. В. Попович, Ю. С. Куликова // Таврический вестник аграрной науки. – 2013. – № 1. – С. 120–123.
- 7 Методические указания по совершенствованию технологий орошения и повышению эффективности использования местного стока для орошения земель сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс] / В. Н. Щедрин [и др.]. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – 147 с. – Режим доступа: http://mcx-dm.ru/sites/all/files/rosniipm_2015-11-02_6.pdf.
- 8 Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.06 № 74-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/, 2017.

УДК 626.81

А. С. Капустян

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

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СВЕДЕНИЙ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ВОДНЫЙ РЕЕСТР**

Целью исследований являлось изучение состояния наблюдений за водными объектами в системе Минсельхоза России. Анализ представленной информации показал значительные расхождения в количествах гидротехнических сооружений по формам мониторинга водных объектов за 2015 и 2016 гг. вследствие отсутствия в мелиоративной отрасли единых стандартов на выполнение данных работ. Для обеспечения объективного представления сведений в государственный водный реестр и мониторинг водных объектов необходимо руководствоваться рекомендациями и нормативно-методическими разработками федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации».

Ключевые слова: представление сведений, государственный мониторинг водных объектов, государственный водный реестр, водохозяйственные системы, гидротехнические сооружения.

A. S. Kapustyan

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

**CURRENT STATE AND PROSPECTS OF INFORMATION PRESENTATION
IN STATE WATER BODIES MONITORING AND WATER REGISTER**

The aim of research was to study the state of water bodies monitoring in the system of Ministry of Agriculture of Russia. The analysis of the presented information showed significant discrepancies in the amounts of hydraulic structures according to the water bodies monitoring forms for 2015 and 2016 due to the absence of unified standards for the performance of these works in land reclamation. To ensure the objective information presentation to the State Water Register and water bodies monitoring, it is necessary to follow recommendations and Standard Methodological Instructive Regulations of Federal state budgetary scientific institution "Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems".

Key words: information presentation, state monitoring of water bodies, state water register, water supply systems, hydraulic engineering structures.

Сбор сведений об использовании водных объектов для нужд сельского хозяйства, а также о государственных мелиоративных системах и отдельно расположенных гидротехнических сооружениях на водных объектах, согласно постановлениям Правительства Российской Федерации от 10 апреля 2007 г. № 219 [1] и от 28 апреля 2007 г. № 253 [2], осуществляет Министерство сельского хозяйства России.

Формы и порядок представления сведений определены приказами МПР от 6 февраля 2008 г. № 30 [3] и 30 ноября 2007 г. № 316 [4].

Сбор и обработку отчетных данных по государственному мониторингу водных объектов (ГМВО) и государственному водному реестру (ГВР) в рамках государственного задания с 2016 г. было поручено ФГБНУ «РосНИИПМ».

В результате выполнения порученного задания при проверке представленных сведений было отмечено, что они поступили от 78 эксплуатационных организаций Департамента мелиорации Минсельхоза России (ФГБУ). Общее количество водохозяйственных систем (ВХС) по формам мониторинга составляет 1643 (оросительные и осушительные системы, системы комплексного назначения), а количество гидротехнических сооружений (ГТС) – 14004, включающих 18 типов сооружений (таблица 1).

Таблица 1 – Общее количество водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений по состоянию на 01.01.2017

Кол-во ФГБУ	Характеристика ВХС		Характеристика ГТС	
	Кол-во	Тип	Кол-во	Тип
78	1643	Оросительная Осушительная Комплексного назначения	14004	Плотины водохранилищ Дамбы водозащитные Перегораживающие сооружения Шлюзы-регуляторы Открытые водосбросы Шахтные и трубчатые поверхностные водосбросы Водоспуски, донные водовыпуски Поверхностные водозаборы Глубинные водозаборы Водоводы, пульпопроводы и золошлакопроводы Акведуки Туннели Лотки Каналы и дрены Дюкеры Насосные станции Рыбопропускные сооружения Отстойники

Сравнение данных в формах отчетности ГМВО за 2015 и 2016 годы показало наличие значительных расхождений у 36 ФГБУ по количеству ВХС, а у 46 ФГБУ по количеству ГТС. В 6 ФГБУ отмечено увеличение количества ВХС от 1 до 10 (ФГБУ «Управление «Татмелиоводхоз»), а в 30 ФГБУ их уменьшение от 1 до 54 (ФГБУ «Управление «Псковмелиоводхоз»).

В 12 ФГБУ отмечено увеличение количества ГТС от 1 до 615 (ФГБУ «Управление «Самарамелиоводхоз»), а в 34 их уменьшение от 1 до 2762 (ФГБУ «Управление «Бурятмелиоводхоз»).

Следует отметить, что все изменения в количествах, представленных ВХС и ГТС произошли вследствие того, что отсутствуют единые требования к представлению сведений в ГМВО и ГВР.

Изменение количества ВХС и ГТС потребовало оперативного внесения изменений в кодировку объектов, несмотря на то, что в Минсельхозе России на этот период не было утвержденной ведомственной системы кодирования.

Изменение количества объектов и их кодировки в представляемых формах ГМВО явилось одной из причин необоснованной задержки сроков их внесения в базу данных Аналитической Информационной Системы АИС ГМВО.

В ходе выполнения работ установлено, что в предыдущие годы исполнителями по сбору данных ГМВО представлялись сведения на основе проведенной отраслевой инвентаризации ГТС. При этом в структуре данных инвентаризации присутствовали сооружения, не стоящие на балансе как обособленные объекты учета. Это, как правило, незначительные сетевые сооружения – шлюзы-регуляторы, водовыпуски, переезды и т. д., которые, в большинстве случаев, являются структурными элементами более крупных сооружений, поставленных на учет как объекты недвижимости, находящиеся в управлении. На данные сетевые сооружения отсутствует необходимая документация, а целесообразность включения данных объектов как самостоятельных единиц учета в системе АИС ГМВО в ряде случаев вызывает сомнения.

Возникает вопрос, какими источниками информации следует пользоваться при представлении сведений в ГМВО – материалами внутренней инвентаризации или материалами бухгалтерской отчетности.

Действующие в настоящее время правовые и нормативно-методические документы прямого ответа на данный вопрос не дают [3, 5].

Разобраться в причинах представления различного количества мелиоративных объектов в формах ГМВО попробуем на примере данных ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз».

Анализ сведений, представленных для внесения в ГМВО, и данных бухгалтерского учета объектов мелиорации показывает, что общее количество ВХС одинаково в обеих отчетностях и равно 36, в то время как количество ГТС по бухгалтерии значительно большее, так как она включает все объекты недвижимости, находящиеся на балансе у организации, и необходимо выбрать из их состава ГТС, относящиеся к водным объектам.

По данным одной из ВХС (Миусская оросительная система Ростовской области) рассмотрим особенности учета и представления сведений по гидротехническим сооружениям.

В таблице 2 приведены сведения по количеству гидротехнических сооружений, представленные по разным формам отчетности.

Общее количество ГТС (таблица 2) по формам ГМВО составляет 44, в то время как по бухгалтерской отчетности проходит только 30 ГТС.

При детальном рассмотрении данных по обеим отчетностям выявлено следующее: количество совпадений ГТС составляет 13, в то время как количество несовпадений ГТС по формам ГМВО составляет 31, а по бухгалтерской отчетности – 17.

Таблица 2 – Количество учтенных гидротехнических сооружений на Миусской оросительной системе по разным формам отчетности

Показатель	Источники информации	
	Формы ГМВО	Бухгалтерский учет
1 Общее количество ГТС	44	30
2 Количество совпадений ГТС	13	13
3 Количество несовпадений ГТС	31	17

Данные анализа свидетельствуют о том, что до настоящего времени нет единого подхода к тому, какие объекты и на основе каких подтверждающих документов необходимо включать в формы ГМВО.

На основании проверки представленных в 2016 году сведений для ГМВО выделены следующие вопросы, требующие разрешения:

- в состав сведений включены данные по ГТС, не относящиеся к водным (мостовые проезды, трубопереезды и т. д.);
- в состав сведений включены данные по объектам, не проходящим по бухгалтерской отчетности ФГБУ.

Для упорядочивания работ по сбору сведений специалистами ФГБНУ «РосНИИПМ» в 2016 г. разработаны следующие документы и программное обеспечение, которые позволят стандартизировать и автоматизировать процессы получения и обработки данных ГМВО и ГВР, а именно:

1 Методические указания по ведению государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации.

2 Инструкция по кодированию эксплуатирующих организаций и мелиоративных объектов, подведомственных Департаменту мелиорации Минсельхоза России (Ведомственная система кодирования Минсельхоза России).

3 База данных по ведению государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации.

Таким образом, в мелиоративной отрасли в настоящее время не сформированы единые стандарты представляемых в АИС ГМВО данных о составе мелиоративных водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений.

В целях обеспечения объективного представления сведений в ГМВО и ГВР необходимо придерживаться следующих правил:

- в состав водохозяйственной системы включать комплекс водных объектов и гидротехнических сооружений, предназначенных для обеспечения рационального использования и охраны водных ресурсов;
- в состав гидротехнических сооружений включать только мелиоративные сооружения, включенные в перечень типов ГТС по приказу МПР № 159 от 25 апреля 2016 г.;
- в состав ВХС и ГТС включать только объекты, зарегистрированные в бухгалтерской отчетности управлений по мелиорации;
- при представлении сведений по ВХС и ГТС руководствоваться разработанными в ФГБНУ «РосНИИПМ» нормативно-методическими документами.

Список использованных источников

1 Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов: постановление Правительства РФ от 10 апреля 2007 г. № 219 // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

2 О порядке ведения государственного водного реестра: постановление Правительства РФ 28 апреля 2007 г. № 253 // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

3 Об утверждении форм и порядка представления сведений, полученных в ре-

зультате наблюдений за водными объектами, заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, собственниками водных объектов и водопользователями: утв. приказом МПР от 6 февраля 2008 г. № 30 // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

4 Об утверждении порядка представления и состава сведений, представляемых Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, для внесения в государственный водный реестр: утв. приказом МПР от 30 ноября 2007 г. № 316 // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

5 Водный кодекс РФ от 03 июня 2006 г. № 74-ФЗ // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

УДК 631.67

Э. Э. Сейтумеров

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

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ КРЫМА

Целью исследований было оценить основные принципы и подходы водообеспечения территории Республики Крым. Выявить проблемные моменты, возникшие в связи с усилением нагрузки на водные объекты в ходе хозяйственной деятельности и нарушением водного баланса между интересами основных групп водопользователей. Для Крымского полуострова основными и единственными источниками воды на данный момент являются поверхностные и подземные воды. Их объем во многом ограничен и зависит не только от вложенных денег на повышение водообеспеченности территории, но и от климатических, гидрологических, экологических и других условий.

Ключевые слова: водообеспеченность, водodefицитный период, охрана поверхностных и подземных вод, социально-экономическое развитие полуострова, интересы водопользователей, водность года, водохранилища, источники воды.

E. E. Seitumerov

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

CURRENT PROBLEMS OF WATER SUPPLY IN CRIMEA

The purpose of research was to assess the basic principles and approaches of water supply of the territory of the Republic of Crimea, to identify the problems that have arisen in connection with the increased pressure on water bodies in the course of economic activity and disturbance of water balance between the interests of the main groups of water users. For the Crimean peninsula, the main and only sources of water at the moment are surface and groundwater. Their volume is largely limited and depends not only on the money invested to increase the water availability of the territory, but also on climatic, hydrological, environmental and other conditions.

Key words: water supply, water-deficit period, surface and underground water conservation, socio-economic development of the peninsula, water users interests, dryness of year, water reservoirs, water sources.

Введение. В условиях острого дефицита водных ресурсов, создавшегося в результате прекращения подачи воды Украиной по Северо-Крымскому каналу, единственным источником водоснабжения Крымского полуострова является местный сток, формирующийся из атмосферных осадков в виде поверхностных и подземных вод. Дефицит водных ресурсов стал ограничивающим фактором социально-экономического развития полуострова. Естественные водные ресурсы Крыма образуются за счет поверхностных и

подземных вод. На территории полуострова выделяются три основных климатических района: равнинный, горный и южнобережный. Для равнинного Крыма характерен умеренный континентальный климат с жарким сухим летом и недостаточным увлажнением. Количество атмосферных осадков здесь составляет не более 300–400 мм.

В горной части преобладает влажный, умеренно холодный климат, особенности которого зависят от высоты местности над уровнем моря, экспозиции и крутизны склонов. Сумма годовых осадков в этом районе колеблется от 450 до 1200 мм. Основное их количество выпадает в осенний и весенний периоды. Увлажнение территории уменьшается в направлении с юго-запада на северо-восток. Южнобережный климат близок к средиземноморскому с количеством годовых осадков 500–600 мм в год. В республике создано 14 водохранилищ, аккумулирующих паводковые воды, суммарным объемом 255 млн м³. Все водохранилища расположены в предгорном Крыму. Из них 5 водохранилищ используются для питьевого водоснабжения, 2 – комплексного использования и 7 – для орошения. Основной проблемой водохранилищ на местном стоке является интенсивное заиливание, сокращающее от 30 до 50 % их полезной емкости.

На рисунке 1, в качестве примера представлены графики наполнения Симферопольского водохранилища в 2012–2016 годах.

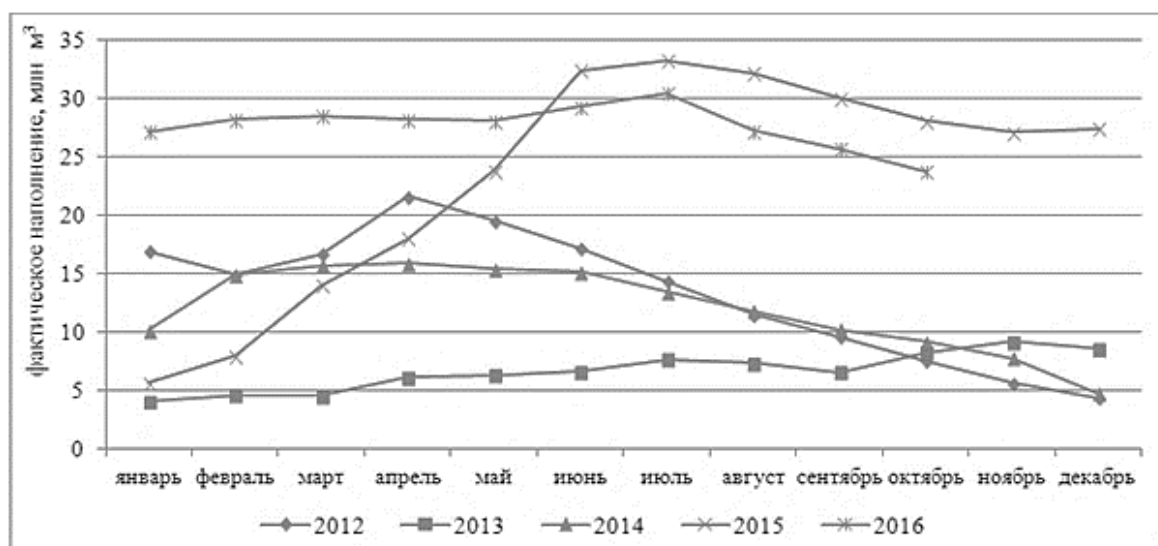


Рисунок 1 – Динамика фактического заполнения Симферопольского водохранилища по месяцам за 2012–2016 года

Из графика видно, что самые минимальные объемы наполнения водохранилища наблюдались с 2012 по 2014 г. Среднегодовой объем воды в Симферопольском водохранилище в 2012 г. составил 13,1 млн м³ или 36,4 %, в 2013 г. – 6,7 млн м³ или 18,6 %, в 2014 г. – 12,4 млн м³ или 34,5 %, в 2015 г. 22,0 млн м³ или 61,0 %, за 10 месяцев 2016 г. – 27,7 млн м³ или 76,8 %. Среднегодовой расход воды из Симферопольского водохранилища всего 58 тыс. м³/сут, в том числе 45 тыс. м³/сут использовалось на водоснабжение, 10 тыс. м³/сут – для работы ТЭЦ и 3 тыс. м³/сут на испарение и фильтрацию.

Среди основных проблем, которые характерны для Республики Крым в последние три года, необходимо отметить следующие:

- зависимость обеспечения отраслей экономики и населения водными ресурсами от количества осадков, выпавших на территории;
- усиление антропогенной нагрузки на ряд водных объектов;
- зависимость эффективности сельскохозяйственного производства от водности года и внутригодового распределения осадков;
- нерациональное использование имеющихся водных ресурсов, в том числе и альтернативных источников воды, которые практически не используются;

- несогласованность в соблюдении интересов водопользователей, использующих поверхностный сток.

В связи с этим первоочередным мероприятием по решению проблемы является разработка схемы комплексного использования и охраны поверхностных и подземных водных объектов Республики Крым с целью водообеспечения всех потребителей на ближайшую и среднюю перспективу. В существующих условиях использование водных ресурсов характеризуется несоответствием режима водопотребления и режима поверхностных водных источников. Для приведения их в соответствие необходимо тесно увязать все виды доступных водных ресурсов, включая поверхностные, подземные, сбросные, возвратные и др.

Результаты и обсуждение. В текущем году, по сравнению с прошлыми годами, благодаря обильным осадкам в виде снега и дождя, увеличились запасы водных ресурсов в водохранилищах Крыма, прогноз на текущий 2017 год, относительно прошлых лет, благоприятный: уже сейчас идет приток воды выше средних многолетних показателей по рекам Кача, Альма, Биюк-Карасу, Черной и Салгир. Исключением является Тайганского водохранилища, где наполнение всего 8 % от объема.

Наполнение водохранилищ по состоянию на апрель 2017 года составляет: по водохранилищам естественного стока – 75 %, на наливных (вода в которые подается из реки Биюк-Карасу и подземных водозаборов) – 21 %, а в целом от проектного объема всех водохранилищ в среднем – 55 %.

Тем не менее ситуация с водоснабжением в районах Северного и Восточного Крыма остается крайне критической: в 23 населенных пунктах воду привозят, в 15 – изменяют графики отключений. Для решения проблемы водоснабжения восточной части Крыма строятся водозаборы с ответвлениями к населенным пунктам. В рамках выполнения неотложных мероприятий в 2014–2017 годах построены и продолжают строиться гидротехнические сооружения по переброске воды из Тайганского и Белогорского водохранилищ по реке Биюк-Карасу в Северо-Крымский канал для наполнения водохранилищ восточного Крыма с целью обеспечения питьевой водой населения Феодосийско-Судакского региона, населенных пунктов Ленинского района и г. Керчи. Построены скважины на Нежинском, Новогригорьевском и Просторненском водозаборах, а также ведется строительство водовода с каскадом насосных станций и резервуаров чистой воды.

Для решения вопросов водообеспеченности республики Крым разработаны программы, концепции, приняты законы о социально-экономическом развитии региона, разработаны и реализуются первоочередные мероприятия по использованию имеющегося водного потенциала Крыма [1]. Так, на решение проблемы водообеспечения Восточного Крыма планируется потратить из федерального бюджета до 2020 года 20 млрд руб. Однако, при этом многие эксперты и специалисты профильных организаций абсолютно забывают об источниках воды. Например, переброска воды из Тайганского водохранилища в Керчь и Феодосию фактически опустошила этот водный объект. Другой пример: построенные Нежинский, Новогригорьевский и Просторненский водозаборы по проложенным временным трубопроводам направляют воду в Восточный Крым по Северо-Крымскому каналу [2], треть из которой теряется на фильтрацию и испарение. Кроме того, в жаркий период лета вода начинает цвести, появляются сине-зеленные водоросли, что сказывается на качестве и скорости течения потока, и тем самым увеличиваются потери воды.

Водохозяйственную обстановку в Крыму на начало 2017 года можно представить в виде предполагаемых водных источников в объеме – 760 млн м³, из которых речной сток – 450 млн м³ – это наливные водохранилища, пруды и ставки; подземные воды, установленный лимит забора около – 140 млн м³; сточные воды – 140 млн м³, в настоящее время используется до 11 млн м³; сток коллекторно-дренажных вод 10 млн м³; морская опресненная вода около 20 млн м³.

Потребность в водных ресурсах составляет около 700 млн м³, из них на промышленность – 95–100 млн м³; коммунальное водоснабжение 120 млн м³; сельское хозяйство 170 млн м³ (150 млн м³ на полив 50 тыс. га, при сохранении существующих способов полива, и 20 млн м³ на нужды сельскохозяйственных предприятий); 60 млн м³ на экологические попуски по рекам и 250 млн м³ – потери при транспортировке и хранении.

Таким образом, дополнительные источники воды можно получить благодаря строительству новых водохранилищ, прудов и накопителей, использования подземных вод, не ухудшая экологическое состояние окружающей среды, сокращения потерь в системах коммунального водоснабжения и на оросительных каналах, использования совершенной техники полива, повторного использования сбросных и сточных вод, опреснения морской и минерализованной подземной воды. По подсчетам разных экспертов, дополнительный объем воды может составить от 150 до 200 млн м³.

Однако, в природе все взаимосвязано и вышеперечисленные показатели возможной экономии водных ресурсов могут иметь необратимые последствия для экологического состояния региона. К примеру, при строительстве дополнительных водохранилищ нужно иметь в виду, что по существующим нормативам РФ нельзя использовать больше 30 % среднегодового речного стока. На ряде рек Крыма использование ее водных ресурсов превышает 90 % среднегодового стока. Экологические последствия избыточного использования поверхностных вод влияют не только на саму реку, но и на весь спектр биологических, гидрологических, экологических и других проблем. Так, необоснованное зарегулирование водных ресурсов в верховьях, где формируются основной объем водных ресурсов, может привести к необратимым последствиям в нижерасположенных районах в виде подтопления близлежащих территорий, пересыхания ниже по течению русел рек и родников, сокращению подпитки уровня горизонтов подземных вод и, в конечном итоге, ухудшит экологическую ситуацию территории. Особенно это может отразиться на экологии региона при чрезмерном использовании подземных вод.

Крым располагает сравнительно небольшими запасами подземных вод. По данным региональной оценки 1962 года, объем эксплуатационных запасов составлял 1366 тыс. м³/сут, из них утвержденных ГКЗ – 779 тыс. м³/сут. В 1963–1965 гг. эксплуатационные запасы составляли 1725 тыс. м³/сут. По последним данным, на территории РК разведанные и оцененные запасы подземных вод (с минерализацией до 1,5 г/дм³) составляют – 1104,62 тыс. м³/сут, в том числе:

- по категориям А + В – 760,986 тыс. м³/сут;
- по категориям С₁ + С₂ – 343,634 тыс. м³/сут.

Из 88 участков не эксплуатируются 17, с общим объемом – 192,553 тыс. м³/сут, или 70,28 млн м³/год. Наиболее крупными месторождениями в Крыму являются Альминское – 141,7 млн м³/год, Северо-Сивашское – 114,6 млн м³/год, Белогорское – 90,0 млн м³/год. Наименьшим объемом утвержденных запасов характеризуется Керченский полуостров – 5,1 млн м³/год [3].

Несмотря на кажущееся наличие значительных резервов в ресурсах пресных подземных вод, нельзя бесконтрольно увеличивать их отбор. Пресные подземные воды имеют ограниченные запасы и при интенсивной их добыче в водоносных горизонтах формируются депрессионные воронки, что не только затрудняет и удорожает их эксплуатацию, но и может привести к загрязнению и истощению подземных источников водоснабжения. Это связано с тем, что в зонах влияния депрессий усиливается вертикальная фильтрация воды, которая вызывает поступление в водоносные горизонты различных загрязняющих веществ с поверхности, а также подтягивание некондиционных вод из ниже и вышележающих водоносных слоев. С такими проблемами крымским ученым уже приходилось сталкиваться около 40 лет назад. Тогда из-за бесконтрольного отбора подземных вод (в 1975 году фактический водозабор подземных вод составлял около 750 млн м³, в том числе на орошение – 355 млн м³, что на 23 % больше естествен-

ного пополнения) в водоносные горизонты началось поступление соленых, а в приморской зоне – морских вод, и часть эксплуатационных скважин пришлось закрыть [4]. Использование подземных вод в РК представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Забор подземных вод по РК за различные периоды

В млн м ³ /год			
Год	Водоотбор	Год	Водоотбор
1975	746,80	2007	102,40
1980	414,85	2008	98,74
1990	257,80	2009	92,82
1995	230,10	2010	86,68
1997	186,20	2011	80,06
2000	183,40	2012	79,72
2003	111,80	2013	68,54
2006	106,00	2014	69,45

В результате этого началось повышение минерализации вод, качество воды резко ухудшилось. Вода стала непригодна даже для полива. В Крыму нет запаса подземных вод для столь активной эксплуатации, и если продолжать такими темпами отбор подземных вод, то это негативно скажется на ее качестве. По данным экспертов, в 2014–2015 гг. в Красноперекоском, Джанкойском, Красногвардейском районах качество воды резко ухудшилось именно после активного бурения скважин.

К чему может привести минерализация подземных вод? Изменится химический состав. Для полива и питьевого водоснабжения разрешается использовать воды с показателем общей минерализации не более 1 г/л. Если минерализация выше – это уже, так называемый, второй класс пригодности, возможности применения такой воды гораздо уже. Кроме того, воды могут быть невысокой минерализации, но содержать большое количество токсических элементов – хлора, натрия, магния. Особенно опасно содержание натрия и магния, оно может приводить к процессам осолонцевания и делать грунт не пригодным для использования.

Чтобы промыть почвы там, где они засолены, достаточно года. Чтобы вернуть нормальную минерализацию грунтовых водоносных горизонтов, нужно 2–3 года. Но главное условие – наличие воды в достаточном количестве и качестве. Сама экосистема орошаемых земель может быть восстановлена за те же 2–3 года. Все это процессы обратимые. Но чем больше проходит времени, чем больше засаливаются грунтовые и подземные воды, тем больше времени уйдет на восстановление. Грубо говоря, полуостров Крым окружен соленой водой и интенсивное выкачивание пресной воды приводит к тому, что на ее месте появляется соленая. А количество осадков невелико, чтобы обеспечить естественное пополнение запасов подземных вод. Они накоплены за время в период работы Северо-Крымского канала из-за низких значений КПД, часть объема воды терялась на фильтрацию (потери составляли до 500–600 млн м³ в год и таким образом пополняли запасы подземных вод).

Конечно, можно еще выделить миллиарды рублей на решения проблемы водобеспечения Крыма, но где взять дополнительные источники воды?

Для Крымского полуострова основными и единственными источниками воды на данный момент являются поверхностные и подземные воды [5]. Их объем во многом ограничен и зависит не столько от вложенных денег на повышение водобеспеченности территории, сколько от климатических, гидрологических, экологических и других условий. В многоводные годы, когда много осадков – есть водобеспеченность на какое-то время, но к концу лета, началу осени обычно начинается воддефицитный период. В таком режиме Крым живет и работает уже четвертый год.

В этой ситуации встает вопрос, в какой мере нужен дополнительный внешний

источник воды. Если заниматься поиском источников водных ресурсов непосредственно в республике, других вариантов в ближайшее время не предвидится, то нужно исходить из анализа водохозяйственной обстановки в Крым. Вариантов много, но для примера рассмотрим несколько из них:

Вариант I. С введением в сельскохозяйственный оборот площади орошения – 137,0 тыс. га, исходя из фактического состояния оросительной сети на 2014 год с КПД = 0,53, оросительных норм полива при применяемой технике полива (дождевание, по бороздам, капельное, затоплением – для риса) необходим объем водопотребления – 0,68 км³/год, а без выращивания риса – 0,35 км³/год.

Вариант II. С введением в сельскохозяйственный оборот площади орошения – 50,0 тыс. га, согласно федеральной программы мелиорации. Предусмотрено довести орошаемый клин в Республике Крым к 2020 году, при выполнении ряда условий, до 50 тыс. га, с КПД = 0,83, оросительных норм полива при применяемой технологии орошения (дождевание, капельное) необходимо по объему водопотребления – 0,13 км³/год, без выращивания риса.

Выводы. Оценивая сложившуюся ситуацию с разных сторон, можно прийти к выводу, что водообеспечение Крыма без внешнего источника водоснабжения – достаточно сложная задача, но небезнадёжная. В первую очередь, необходимо изучить международный опыт жизнеобеспечения в условиях жесткого дефицита водных ресурсов. В создавшейся ситуации практическое значение может иметь:

- поэтапная реконструкция водохозяйственного комплекса Республики Крым;
- внедрение водосберегающих технологий в промышленности, коммунальном и сельском хозяйстве;
- создание дополнительных наливных водохранилищ, прудов и накопителей на местном стоке, для сбора паводковых, ливневых и предварительно очищенных сточных и сбросных вод;
- совершенствование и дополнительное строительство локальных очистных сооружений для питьевого водоснабжения;
- развитие системы наблюдений при мониторинге водохозяйственных систем, рек и подземных вод в процессе эксплуатации водозаборов.

В завершении необходимо сказать, что в значительной мере водообеспечения Крыма находится в сфере международного права, поэтому нужно находить компромиссы с Украиной, договариваться о возобновлении функционирования Северо-Крымского канала. Безусловно, за поставку воды придется платить, но ее стоимость будет гораздо ниже, чем та цена, которую нужно заплатить за поддержание водообеспеченности Крыма, используя местные водные ресурсы. И последнее – необходимость развития орошаемого земледелия Крыма должна решаться на уровне федеральных государственных программ, соответствующих предпроектных обоснований в виде «Концепции, Комплексных программ, Схем ...» и иных разработок.

Список использованных источников

1 Паспорт федеральной целевой программы «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года» [Электронный ресурс]: утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 11 августа 2014 г. № 790. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/70714732/>.

2 Строительство тракта водоподачи от Нежинского, Просторненского и Новогригорьевского водозаборов с предусматриваемыми сбросами в Северо-Крымский канал (1-й этап). Проектная документация. Раздел 1 «Общая пояснительная записка». Т. 1. 60-2014-ПЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: sks.rk.gov.ru.

3 Иванютин, Н. М. Подземные воды Крыма. Проблемы и перспективы использования / Н. М. Иванютин // Таврический вестник аграрной науки. – 2015. – № 2(4). – С. 95–101.

4 Иванютин, Н. М. Влияние антропогенной деятельности на подземные воды Крыма / Н. М. Иванютин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 3. – С. 25–31.

5 Сейтумеров, Э. Э. Устойчивое развитие орошаемого земледелия в условиях резкого дефицита водных ресурсов в Республике Крым / Э. Э. Сейтумеров, В. Н. Сторчоус // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – Симферополь: ИП Гальцева Н. А. – 2016. – № 1(164) – С. 40–49.

УДК 626/627:338.31

А. Л. Кожанов

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

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ СОЗДАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Целью исследований являлось изучение и упорядочение этапов разработки технико-экономического обоснования создания (новое строительство, реконструкция и техническое перевооружение) энергоэффективных оросительных систем нового поколения с использованием напорного и безнапорного режимов работы водопроводящих элементов. Приведен состав технико-экономического обоснования создания энергоэффективных оросительных систем, включающий в себя пояснительную записку и графическую часть, а также основные технико-экономические показатели.

Ключевые слова: технико-экономическое обоснование, оросительная система, энергоэффективность, строительство, реконструкция, техническое перевооружение

A. L. Kozhanov

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

DEVELOPING THE FEASIBILITY STUDY OF IRRIGATION SYSTEMS CONSTRUCTION

The purpose of research was to study and regulate the stages of developing a feasibility study for the creation (new construction, reconstruction and technical re-equipment) of new generation energy-efficient irrigation systems using pressure and non-pressure operating modes of water-conveyance elements. The content of a feasibility study for the construction of energy-efficient irrigation systems including an explanatory note and a graphical part, as well as basic technical and economic indicators is presented.

Keywords: feasibility study, irrigation system, energy-efficiency, construction, reconstruction, technical re-equipment.

В советский период государство брало на себя все капитальные затраты, а также эксплуатационные издержки по транспортировке и подаче воды водопользователям. В настоящее время рыночная экономика полностью или частично перекладывает данные затраты на хозяйства. Сейчас, когда идет постоянное повышение цен на электроэнергию и основные расходные материалы, многие хозяйства задумываются об организации автономного обеспечения себя электрической энергией для нужд оросительных систем, дождевальной техники, и все это наталкивает на необходимость создания энергоэффективных оросительных систем нового поколения, использующих потенциал местности для создания требуемых напоров в оросительной сети, необходимых для работы дождевальной техники, и выработки электроэнергии для нужд оросительных систем [1–3]. Разработка технико-экономического обоснования (ТЭО) создания энер-

гоэффективных оросительных систем позволит также определить наилучшие варианты различных конструкций оросительных систем и тем самым наметить пути их модернизации (технического перевооружения), реконструкции или нового строительства, а также обосновать экономическую целесообразность, эффективность и рентабельность прогнозируемого проекта энергоэффективной оросительной системы. Поэтому в настоящее время правильная оценка эффективности оросительных систем с разработкой технико-экономического обоснования приобретает все большую актуальность.

Разработка, согласование и утверждение ТЭО создания оросительных систем осуществляется в соответствии с законодательными и нормативными актами Российской Федерации: Земельным кодексом Российской Федерации, Водным кодексом Российской Федерации, Градостроительным кодексом Российской Федерации (ст. 19, 48), Федеральными законами «О мелиорации земель», «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения», постановлением Правительства Российской Федерации № 87 от 16 февраля 2008 г. «Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», постановлением Правительства Российской Федерации № 145 от 05.03.2007 «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий», нормативным документом РД-АПК 300.01.003-03 «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель» и др.

Согласно проведенному анализу порядок разработки ТЭО создания оросительных систем включает в себя восемь этапов, представленных на рисунке 1.



Рисунок 1 – Порядок разработки технико-экономического обоснования создания оросительных систем

Разработка ТЭО осуществляется с учетом решений, принятых в федеральных и региональных (территориальных) программах в области сельскохозяйственного производства и мелиорации земель, комплексных схемах использования и охраны водных ресурсов, целевых программах развития отдельных регионов, в которых рассматриваются вопросы размещения, водообеспечения и водоотведения, очередности строительства объектов мелиорации, а также с учетом общественного мнения и социологических исследований.

При разработке ТЭО выбираются организации, имеющие аккредитацию (лицензию) на проведение соответствующих видов проектных работ (разработка ТЭО) на основании договора с заказчиком, в соответствии с одобренным заказчиком Ходатайством (Декларацией) о намерениях, техническим заданием заказчика и решением о предварительном согласовании территории строительства под проектно-изыскательские работы.

Договор на разработку ТЭО является основным правовым документом, регулирующим производственно-хозяйственные и другие взаимоотношения между заказчиком и организацией-разработчиком. Разработка Ходатайства (Декларации) о намерениях осуществляется согласно типового положения по разработке и составу Ходатайства (Декларации) о намерениях инвестирования в строительство предприятий, зданий и сооружений [4].

После получения положительного решения от органа местного самоуправления по поводу Ходатайства (Декларации) о намерениях и рассмотрения условий размещения площадки (трассы) для строительства оросительной системы заказчик принимает решение о разработке ТЭО.

Для выбора лучшего предложения со стороны организаций для разработки ТЭО заказчик проводит конкурс (торги) на разработку ТЭО создания оросительных систем.

Техническое задание на разработку ТЭО составляется организацией-заказчиком с привлечением проектных и научно-исследовательских институтов и, как правило, должно содержать: основание для разработки ТЭО; сведения о заказчике; сведения об исполнителе; местоположение строительства; вид строительства (новое, реконструкция, техническое перевооружение), очередь, сроки строительства; назначение объекта и цели ТЭО; источники финансирования; мощность оросительной системы; водоисточник; способ подачи воды; методы и способы орошения; лимит забора воды; требования к техническому уровню, инженерным, конструктивным и архитектурно-планировочным решениям; основные технологические решения, состав оросительной системы; основные положения по проведению оценки воздействия на окружающую среду; особые условия; основные технико-экономические показатели, принятые в Ходатайстве (Декларации) о намерениях и др.

К заданию прилагаются материалы, являющиеся основанием для разработки ТЭО, и данные о состоянии объекта к началу разработки ТЭО (акты обследования, испытаний и т. д.), материалы, полученные от местных органов исполнительной власти, в том числе решения по результатам рассмотрения Ходатайства (Декларации) о намерениях, предварительные условия на возможное присоединение оросительной системы к источникам снабжения, инженерным сетям, и другие материалы при необходимости. Указанное выше примерное содержание задания на разработку ТЭО может быть уточнено применительно к особенностям рассматриваемой оросительной системы.

При подготовке (разработке) ТЭО создания энергоэффективных оросительных систем нового поколения подготавливается пояснительная записка, графическая часть и основные технико-экономические и финансовые показатели создания оросительной системы. Состав пояснительной записки при технико-экономическом обосновании создания энергоэффективных оросительных систем представлен на рисунке 2.

Основными технико-экономическими показателями создания оросительных систем являются: мощность оросительной системы (прирост мощности); коэффициент земельного использования; коэффициент использования воды; коэффициент полезного действия; потребность оросительной системы в воде-брутто (или объем сброса); способ водоподдачи (самотечный, самотечно-напорный, механический); головной водозабор; магистральный (деривационный) канал; межхозяйственная и внутрихозяйственная оросительная сети (в т. ч. в напорных и безнапорных трубах, лотках и т. д.); дренажная сеть; насосные станции на оросительной сети; гидротехнические сооружения на оросительной сети; суммарная установленная мощность потребителей электроэнергии оро-

сительной системы; степень автоматизации водоподачи, водоучета; годовое потребление электроэнергии на оросительной системе; материалоемкость строительства; сметная стоимость строительства; показатели экономической эффективности инвестиций (рентабельность, срок окупаемости, интегральный эффект, внутренняя норма прибыли); сроки строительства объекта (очереди); сроки сельскохозяйственного освоения земель; трудоемкость строительства и др.



Рисунок 2 – Состав технико-экономического обоснования

Материалы ТЭО создания оросительных систем, влияющих на состояние водных объектов в обязательном порядке подлежат государственной экспертизе в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности, постановлением Правительства Российской Федерации от 5 марта 2007 г. № 145 «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий» и экологической экспертизе согласно Федерального закона от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе», Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

Для оросительных систем, зона воздействия которых затрагивает территории двух и более субъектов Российской Федерации, экспертиза проводится на федеральном уровне министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России).

Согласование намеченных в ТЭО решений по созданию оросительной системы и условий предварительно согласованного ее места размещения производится заказчиком (инвестором) или, по его поручению, физическими и юридическими лицами – разработчиками ТЭО с учетом полученной информации согласно порядку, приведенному в схеме организации предварительного согласования размещения земельного участка строительства. Затраты, связанные с проведением согласований, подготовкой и передачей документации по предварительному согласованию и отводу земельного участка, оплачиваются инвестором из собственных средств, в порядке и размере, определенных органами местного самоуправления.

Предварительное согласование места размещения объекта не производится в слу-

чаях предоставления земельных участков в городах и других поселениях, где решение о размещении площадки (трассы) для строительства оросительной системы принимается органом местного самоуправления (администрацией) в соответствии с утвержденной градостроительной документацией (генеральными планами городов и других поселений, схемами и проектами планировки и застройки территориальных образований и др.).

Для оросительных систем, зона воздействия которых затрагивает территории двух и более субъектов Российской Федерации, согласование условий осуществляется с указанными государственными органами надзора и контроля в этих субъектах Российской Федерации. Материалы ТЭО с приложением необходимых согласований и положительными заключениями государственных экспертиз направляются в соответствующий орган исполнительной власти, осуществляющий управление сельским хозяйством, с целью оформления Акта выбора земельного участка (орошаемой площади, трасс каналов и трубопроводов, площадок сооружений и др.) для строительства и решения об утверждении предварительного согласования места размещения мелиоративного объекта.

В случае использования под размещение оросительных систем лесных земель, сразу же после получения документов о предварительном согласовании территории строительства, в предусмотренных случаях, в установленном законодательством порядке должен быть осуществлен перевод лесных земель в нелесные земли.

Решение о размещении крупных оросительных систем принимается Правительством Российской Федерации в соответствии с действующим законодательством. Утверждение ТЭО осуществляется в порядке, устанавливаемом законодательством Российской Федерации, Минсельхозом России, на основании положительных государственных экспертиз, заключений (согласований) соответствующих территориальных подразделений федеральных органов исполнительной власти в субъектах Российской Федерации и решения органа исполнительной власти об утверждении предварительного согласования места размещения оросительной системы.

После утверждения ТЭО заказчик обращается в орган местного самоуправления, обладающий правом изъятия и предоставления земельных участков, с ходатайством об изъятии предварительно согласованного земельного участка для размещения оросительной системы и предоставлении его для строительства.

Результатами разработки технико-экономического обоснования создания оросительных систем являются: объемы работ по проекту, смета и бюджет проекта, площадка (земельный участок), график проекта, в том числе график поставок ресурсов, нормы и стандарты, задание на проектирование, а также определяются основные конструктивные, технологические, объемно-планировочные, природоохранные решения.

Разработка технико-экономического обоснования создания оросительных систем, согласно приведенному порядку, позволяет проектным и научно-исследовательским организациям на стадии предпроектной документации обосновать экономическую целесообразность и хозяйственную необходимость строительства наиболее выгодного варианта энергоэффективной оросительной системы нового поколения путем оптимизации основных параметров (минимум суммы приведенных расчетных затрат на строительство с учетом используемых по вариантам природных и трудовых ресурсов). Также на основании утвержденного в установленном порядке технико-экономического обоснования подготавливается тендерная документация, проводятся торги подряда, заключается договор (контракт) подряда, открывается финансирование строительства и разрабатывается необходимая документация.

Список использованных источников

1 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – В 2 ч. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 590 с.

2 Васильев, С. М. Экономическое обоснование целесообразности орошения культур и их оросительных норм с помощью сценарных исследований / С. М. Васильев, А. В. Акопян, В. В. Слабунов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2015. – № 1(17). – С. 1–12. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=318&id=319>.

3 Кожанов, А. Л. Конструкции энергоэффективных оросительных систем с напорным режимом работы трубопроводов / А. Л. Кожанов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 1(65). – С. 102–107.

4 Типовое положение по разработке и составу Ходатайства (Декларации) о намерениях инвестирования в строительство предприятий, зданий и сооружений Минстрой России. – М.: ЦЕНТРИНВЕСТпроект, 1997. – 10 с.

УДК 631.62

М. В. Власов

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

РАСЧЕТ НОРМАТИВНЫХ ЗАТРАТ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Целью исследований являлся расчет удельных нормативных затрат на эксплуатацию осушительных систем. В процессе исследований проведен расчет удельных нормативных затрат на содержание, очистку и ремонт каналов и сооружений осушительной сети, дренажной сети, содержание и текущий ремонт насосных станций, а также показатели удельных затрат на проведение работ по предупреждению и ликвидации последствий аварий, рассчитанные в процентах к балансовой стоимости основных фондов. Рассчитанные удельные нормативные затраты позволят производить экономически обоснованные расчеты затрат на выполнение государственной работы «Эксплуатация государственных мелиоративных систем, отдельно расположенных гидротехнических сооружений и другого государственного имущества, переданного учреждению в оперативное управление» федеральными государственными бюджетными учреждениями, в отношении которых Минсельхоз России осуществляет функции и полномочия учредителя и, как следствие, организацию эффективного выполнения государственной работы при выполнении государственного задания.

Ключевые слова: нормативные затраты, выполнение государственной работы, мелиоративная система, гидротехническое сооружение, государственное задание.

M. V. Vlasov

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

CALCULATION OF OPERATING STANDARD COSTS OF DRAINAGE SYSTEMS

The purpose of studies was the calculation of specific standard costs for operation of drainage systems. In the course of research, the calculation of specific standard costs for care, clearing and maintenance of canals and structures of the drainage network, drainage, maintenance and routine repairs of pumping stations, as well as standard costs indicators for preventing and post-accident cleaning up, calculated in percentage to the balance value of fixed assets. The calculated specific standard costs will allow to make economically feasible calculations of expenses for the state work “Operation of state reclamation systems, separately located hydraulic structures and other state assets placed to the agency under the operational management” by Federal State Budget Institutions in respect of which the Ministry of

Agriculture of Russia exercises the functions and powers of the founder and, as a result, the organization of effective performance of state work in the performance of the state task.

Key words: standard costs, performance of state work, reclamation system, hydraulic engineering structure, state task.

Введение. Важнейшим фактором эффективного выполнения государственного задания является выделение экономически обоснованных объемов средств на выполнение государственных работ. Анализ действующей нормативно-правовой и нормативно-методической документации показал, что в настоящее время не представлены актуальные нормативные затраты на выполнение государственных работ федеральными государственными бюджетными учреждениями, в отношении которых Минсельхоз России осуществляет функции и полномочия учредителя.

В данной работе приведены рассчитанные основные удельные нормативные затраты на выполнение работ при эксплуатации осушительных систем, входящих в состав государственной работы «Эксплуатация государственных мелиоративных систем, отдельно расположенных гидротехнических сооружений и другого государственного имущества, переданного учреждению в оперативное управление».

Материалы и методы. Для расчета удельных нормативных затрат использованы следующие исходные материалы:

- правительственное постановление, приказы министерств [1–3];
- сметные расчеты на выполнение государственных работ;
- паспорта мелиоративных систем (<http://mcx-dm.ru/gts>);
- отчетные данные, предоставленные федеральными государственными бюджетными учреждениями по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению.

При расчетах использован аппарат математической статистики, а также аппроксимация и интерполяция.

Рассчитанные и представленные в таблицах 1–9 базовые нормативные затраты не предусматривают затраты на восстановление и капитальный ремонт каналов, гидротехнических и других сооружений осушительных систем. Эти затраты следует определять исходя из балансовой стоимости основных фондов в соответствии с нормами, указанными в таблице 10. Базовые нормативные затраты представлены в форме таблиц 1–9 и содержат показатели удельных затрат по отдельным видам затрат и мероприятий и устанавливают зависимость размера этих затрат от показателей технической оснащенности осушительных систем. При технической оснащенности осушительных систем, отличающейся от принятых в таблицах, показатели эксплуатационных затрат следует определять интерполяцией. Базовые нормативные затраты на выполнение государственных работ устанавливаются на 1 га осушенной площади. Затраты, не представленные в данной работе, могут быть выявлены дополнительными сметными расчетами.

В таблице 1:

- нормативами предусматриваются затраты на осуществление надзора за нормальной работой каналов и сооружений; проведение противопожарных мероприятий; текущий ремонт и очистку каналов; подготовку каналов, водоприемников, валов и сооружений на сети к пропуску паводков и половодий, охрану сооружений от повреждений, недопущение пастьбы скота и прогона его через каналы, ремонт и восстановление береговых знаков;
- нормативы установлены для осушительных систем, где за русловыми ремонтами закреплены определенные участки каналов. Для расчетов взяты примерные нормы обслуживания для одного ремонтника: 8–10 км открытой регулирующей сети или 8–10 км защитных валов или 5–6 км открытых проводящих каналов при круглогодичной работе русловых ремонтников. При иных нормах нагрузок и периодах обслуживания нормативы следует корректировать пропорционально изменению исходных данных;
- нормативами таблицы 1 не учтены затраты на текущий ремонт закрытой дренажной сети. Эти затраты учитываются дополнительно по таблице 2.

Таблица 1 – Нормативы удельных затрат на содержание, очистку, ремонт каналов и сооружений осушительной сети силами русловых ремонтников

Вид внутрихозяйственной сети	Затраты, руб./пог. м
Каналы открытой регулирующей сети с сооружениями	105,7
Открытые проводящие каналы	19,8
Валы защитные	9,2

Таблица 2 – Нормативы удельных затрат на текущий ремонт открытых каналов внутрихозяйственной сети подрядным способом или ремонтными бригадами хозяйств

В руб./км канала

Вид мероприятия	Процент механизации работ	Ширина каналов по верху, м		
		2	5	7
Очистка от заиления русел каналов без крепления	Более 80	4228,3	10570,7	15856,1
	50–80	6342,4	16781,0	25105,5
	20–50	8456,6	23255,6	33297,8
	< 20	10570,7	30126,6	45189,9
Очистка и текущий ремонт русел каналов с крепленными откосами	Вручную	4756,8	13213,4	20348,6
Окашивание откосов внутри-хозяйственных каналов	Вручную	1849,9	3435,5	4756,8
	Вручную механизированно	528,5	924,9	1321,3
Расчистка откосов каналов от древесной (кустарниковой) растительности	Вручную и полумеханизированно	660,8	1057,1	1585,6
Очистка русел каналов от донной растительности	То же	792,8	1321,3	1849,9
Уничтожение травяной и древесной растительности с помощью химических средств	–	528,5	924,9	1321,3

В таблице 2:

- нормативы учитывают полный объем систематической и своевременной очистки от наносов, растительности и завалов, обеспечивающий пропуск расчетных расходов;
- при выполнении расчистки силами машинно-мелиоративных станций нормативы необходимо корректировать поправочным коэффициентом: для Урала и Сибири – 1,05; для Дальнего Востока – 1,1.

В таблице 3:

- нормативами предусматриваются затраты на текущий ремонт дренажной сети с учетом ремонта смотровых колодцев, дренажных устьев и других сооружений;
- нормативы учитывают затраты на текущий ремонт закрытого гончарного дренажа. Затраты на текущий ремонт закрытой осушительной сети с деревянными трубами определяются по нормативам для закрытого гончарного дренажа с поправочным коэффициентом 1,5;
- нормативы затрат на текущий ремонт закрытой дренажной сети соответствуют условиям Центрального, Волго-Вятского и Уральского районов, для северных и северо-западных областей нормативы корректируются поправочным коэффициентом 0,8.

В таблице 4:

- показателями не учитываются затраты по текущему ремонту сооружений на закрытой осушительной сети, включенные в затраты по текущему ремонту закрытой осушительной сети;

- показателями не учитываются затраты на текущий ремонт гидрометрических постов на осушаемых землях, эти затраты следует учитывать дополнительно из расчета 6 руб. на каждый имеющийся на каналах водомерный пост, расположенный на осушаемых землях.

Таблица 3 – Нормативы затрат на текущий ремонт закрытой дренажной сети, осуществляемый подрядным способом или ремонтными бригадами хозяйств

В руб./га закрытого дренажа

Наименование	Удельная протяженность закрытой дренажной сети, м/га							
	100	150	200	300	400	500	600	700
В торфяном грунте	43,6	66	89,9	137,4	185,0	232,6	281,4	329,0
В минеральном грунте	55,5	85,9	116,3	175,7	237,8	297,3	358,1	418,9

Таблица 4 – Показатели удельных затрат на текущий ремонт гидротехнических сооружений на внутрихозяйственных каналах при осуществлении его силами подрядных организаций или ремонтных бригад хозяйств

В руб./га

Вид сооружения	Количество сооружений, шт./тыс. га							
	1	5	10	20	70	100	120	150
Шлюзы-регуляторы бетонные, железобетонные и каменные	4,0	1,32	18,5	26,4	—	—	—	—
Шлюзы-регуляторы деревянные	10,6	34,4	47,6	68,7	—	—	—	—
Прочие бетонные, железобетонные и каменные сооружения	1,3	6,6	9,2	10,6	11,9	13,2	15,9	19,8
Прочие деревянные сооружения	2,6	15,9	17,2	26,4	30,4	33,0	39,6	50,2

В таблице 5:

- расходы на содержание и текущий ремонт определяются отдельно по каждой насосной станции с суммированием затрат, зависящих от количества подаваемой воды и напора (графы 2, 3), и затрат, зависящих только от установленной мощности насосной станции (графы 4–9). При этом показатели граф 2, 3 следует умножать на величину манометрического напора, м;

- показателями граф 2 и 3 раздела «1» предусматривается отпускная цена на электроэнергию 6 руб. за 1 кВт·ч; изменения отпускной цены, нормативы граф 2 и 3, следует корректировать пропорционально изменению отпускной цены;

- показатели граф 2 и 3 раздела «1» соответствуют расходу электроэнергии на подъем 1 тыс. м³ воды на высоту 1 м при напоре до 10 м – 6,5 кВт·ч, при напоре более 10 м – 4,6 кВт·ч (расход электроэнергии принимается по показаниям счетчика питающей электростанции). При ином расходе электроэнергии показатели граф 2 и 3 следует корректировать пропорционально изменению расхода электроэнергии;

- для автоматизированных электрифицированных насосных станций с дистанционным управлением показатели граф 4–9 следует корректировать по строке «Содержание» коэффициентом 0,4, а по строке «Текущий ремонт» коэффициентом 1,05;

- в показатели не включены затраты на пусконаладочные работы по вводимым в эксплуатацию насосным станциям, их следует учитывать отдельно по соответствующим сметным расчетам;

- нормативы таблицы 5 не учитывают затрат по эксплуатации передвижных насосных станций на поливных участках, эти затраты определяются в соответствии с разъяснениями к таблице 7.

В таблице 6 показатели удельных затрат не учитывают затраты на защитные, регулировочные, противопаводковые и берегоукрепительные работы на реках горных и предгорных районов, а также затраты по уходу за лесонасаждениями. Эти затраты следует учитывать дополнительно по отдельным сметным расчетам.

Таблица 5 – Показатели удельных затрат на содержание и текущий ремонт насосных станций (включая энергетические устройства при насосных станциях)

Вид затрат	Руб./тыс. м ³ воды, поднимаемой на высоту 1 м при манометрическом напоре, м		Руб./1 кВт установленной мощности для насосных станций (НС) с электродвигателями; руб./1 л с для НС с двигателями внутреннего сгорания при установленной мощности каждой НС: тыс. кВт – для электрифицированных; тыс. л с – для насосных станций с двигателями внутреннего сгорания					
	< 10	> 10	< 0,03	0,05	0,1	0,5	1	2
1 При насосах с электродвигателями								
Содержание	42,0	30,0	4624,7	1929,2	1321,3	1123,1	1017,4	779,6
Текущий ремонт	–	–	2359,9	11,16	1474,6	502,1	317,1	277,5
2 При насосных станциях с двигателями внутреннего сгорания								
Содержание	17,2	13,2	5351,4	2276,3	1519,5	1294,9	1189,2	898,5
Текущий ремонт	–	–	3171,2	1982,0	1479,9	673,9	422,8	370,0

Таблица 6 – Показатели удельных затрат по эксплуатационным мероприятиям, выполняемым хозяйственным способом или ремонтными бригадами и не учтенным в таблицах 1–5

Вид затрат	Единица измерения	Затраты
Текущий ремонт защитных каналов	руб./пог. м	13,2
Защитные, регулировочные, противопаводковые и берегоукрепительные работы	руб./га	2,6

Таблица 7 – Показатели удельных затрат на текущий ремонт оросительных сооружений на осушаемых землях

Вид сооружения	Единица измерения	Затраты
Текущий ремонт постоянных оросительных трубопроводов с сооружением на сети (закрытых)	руб./пог. м	29,1
Текущий ремонт внутрихозяйственных оросительных каналов в лотках с сооружениями	руб./км	41,0

В таблице 7:

- затраты на содержание шлюзов-регуляторов систем двустороннего действия принимаются по таблице 4;

- расходы по эксплуатации дождевальных установок в комплекте с передвижными насосными станциями и разборными трубопроводами должны учитываться в составе затрат на 1 га посева сельскохозяйственных культур по технологическим картам в зависимости от вида культур и режима орошения;

- восстановление кротового дренажа должно осуществляться за счет ежегодных отчислений на капитальный ремонт, составляющих 25 % его первоначальной стоимости, определенных по таблице 8.

Показатели удельных затрат, не учтенных таблицами 1–8 представлены в таблице 9.

Затраты на проведение работ по предупреждению и ликвидации последствий аварий на мелиоративных системах и отдельно расположенных гидротехнических сооружениях должны определяться с учетом балансовой стоимости и сложности капитальных объектов (таблица 10).

Затраты на административное обеспечение деятельности организаций (проведе-

ние мониторинга, информационно-аналитическое обеспечение) составляют 0,3 % от балансовой стоимости основных фондов на одно мероприятие.

Таблица 8 – Показатели удельных затрат на устройство кротового дренажа кротодренажными машинами

В руб./га

Вид работы	Вид грунта	
	торфяной	минеральный
От одного коллекторного канала	478,3	627,6
От двух коллекторных каналов (односторонний выпуск дрен)	274,8	506,1

Таблица 9 – Показатели удельных затрат, не учтенных таблицами 1–8

В руб./га осушенных земель

Наименование государственной работы	Затраты
Обследования мелиорированных земель в рамках ведения учета мелиорированных земель	6
Определение технического состояния государственных мелиоративных систем и отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружений при паспортизации государственных мелиоративных систем и отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружений	12

Таблица 10 – Затраты на проведение работ по предупреждению и ликвидации последствий аварий, рассчитанные в процентах к балансовой стоимости основных фондов

Группа и вид основных фондов	Общая норма затрат	в том числе	
		на капитальный ремонт	на полное восстановление
1	2	3	4
Плотины железобетонные, бетонные и каменные (кроме плотин на крупных гидростанциях)	1,7	0,7	1,0
Плотины деревянные	4,5	2,5	2
Плотины и дамбы земляные (кроме плотин на крупных гидростанциях)	1,4	0,4	1,0
Дамбы регулировочные (выправительные) дерновые, фашинные, сипайные, дренаж фашинный деревянный	10,5	2,5	8,0
Берегоукрепительные сооружения бетонные, железобетонные, каменные и деревянные	3,5	1,5	2,0
Хворостяные	10,0	3,5	6,5
Плотины лесосплавные и мелиоративные, а также водозаборные и водосбросные сооружения деревянные	8,3	3,3	5,0
Водозаборные и водосбросные сооружения открытые каменные, бетонные и железобетонные; отстойники; подземные части зданий насосных станций железобетонные, бетонные и каменные; дренаж гончарный	1,9	0,7	1,2
Водоприемники башенные железобетонные, бетонные и каменные; водосливы сифонные, шахтные и трубчатые, а также консольные сбросы железобетонные; шлюзы-регуляторы, мосты-водоводы, быстротоки и перепады, водовыпуски, дюкеры железобетонные, бетонные и каменные	4,0	1,5	2,5

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4
Быстротоки, консольные сбросы, перепады, дюкеры, мосты-водоводы, трубы под каналами и насыпями, шлюзы-регуляторы деревянные	15,0	5,0	10
Межхозяйственные оросительные каналы (магистральные, распределительные и др.) земляные и облицованные камнем, бетоном и железобетоном	6	5	1
Отрегулированные реки-водоприемники, межхозяйственные каналы водосборно-сбросной и коллекторно-дренажной сети и внутрихозяйственные каналы оросительной водосборно-сбросной и коллекторно-дренажной сети, осушительные магистральные, нагорные и ловчие каналы без облицовки откосов и дна	4,8	2,8	2,0
Внутрихозяйственные оросительные каналы, облицованные камнем, бетоном или с кирпичным, дерновым, фашинным креплением откосов и дна	8	6	2
Дренаж щелевой в торфяных грунтах и кротовый в тяжелых минеральных грунтах	25	—	25
Автомобильные грунтовые и прочие дороги	9	4	5
Переезды	13,4	5,1	8,3
Болотные площади с мелиоративными сооружениями	—	2	Затраты на полное восстановление определяются в руб./т промышленных запасов

Вывод. Рассчитанные удельные нормативные затраты на эксплуатацию осушительных систем позволят производить экономически обоснованные расчеты затрат на выполнение государственной работы «Эксплуатация государственных мелиоративных систем, отдельно расположенных гидротехнических сооружений и другого государственного имущества, переданного учреждению в оперативное управление» федеральными государственными бюджетными учреждениями, в отношении которых Минсельхоз России осуществляет функции и полномочия учредителя и, как следствие, организацию эффективного выполнения государственной работы при выполнении государственного задания.

Список использованных источников

1 Положение о формировании государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) в отношении федеральных государственных учреждений и финансовом обеспечении выполнения государственного задания: утв. постановлением Правительства РФ от 26 июня 2015 г. № 640 «О порядке формирования государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) в отношении федеральных государственных учреждений и финансового обеспечения выполнения государственного задания» // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

2 Об утверждении общих требований к определению нормативных затрат на оказание государственных (муниципальных) услуг, осуществление которых преду-

смотрено бюджетным законодательством Российской Федерации и не отнесенных к иным видам деятельности, применяемых при расчете объема финансового обеспечения выполнения государственного (муниципального) задания на оказание государственных (муниципальных) услуг (выполнение работ) государственным (муниципальным) учреждением: приказ Минфина России от 1 июля 2015 г. № 104н // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

3 Об утверждении Порядка определения нормативных затрат на выполнение государственных работ федеральными государственными бюджетными учреждениями, в отношении которых Минсельхоз России осуществляет функции и полномочия учредителя: приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 20 июня 2016 г. № 245 // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

УДК 631.674.6

А. Н. Рыжаков

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

ФОРМЫ ЛОКАЛЬНЫХ КОНТУРОВ УВЛАЖНЕНИЯ, ФОРМИРУЕМЫХ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

Целью работы является исследование форм локальных контуров, формируемых при капельном поливе. При проведении исследования были использованы параметры фактических контуров капельного орошения, зафиксированных в работах известных ученых. В процессе исследования выявлено, что специалистами предложены различные варианты аппроксимирующих контуры увлажнения форм граничных поверхностей или линий, но общепринятая схема аппроксимации и зависимость, описывающая положение оконтуривающей и внутриконтурных изоплет отсутствует. В результате исследования установлено, что из известных предложений наиболее обоснованной является полиномиальная зависимость В. Н. Шкуры и Д. Л. Обумахова, предусматривающая описание очертания контуров и положения внутриконтурных изоплет в относительных координатах (при предварительно установленных значениях глубины и радиуса контуров) и учитывающая константы, характеризующие почвенные и технологические условия формирования контуров увлажнения.

Ключевые слова: капельное орошение, контур увлажнения, капельный микроводовыпуск, гранулометрический состав, уровень влажности.

A. N. Ryzhakov

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

FORMS OF LOCAL MOISTURE CONTOURS FORMED DURING DRIP IRRIGATION

The aim of the work is to study the local contours forms formed during drip irrigation. During research, the parameters of the actual drip irrigation contours recorded in the works of well-known scientists were used. It was revealed in the course of study that the specialists proposed various variants of approximating moisture contours of forms of boundary surfaces or lines, but the generally accepted approximation scheme and the dependence describing the position of the contouring and contour isopleths is absent. As a result of research, it was determined that the most reasonable suggestion is the polynomial dependence of V. N. Shkura and D. L. Obumakhov, which provides a description of contour forms and position of in-contour isopleths under relative coordinates (at preset values of depth and radius of con-

tours) and taking into account the constants that characterize soil and technological conditions for the moisture contours formation.

Key words: drip irrigation, moisture contour, drip micro-water-outlet, granulometric composition, moisture level.

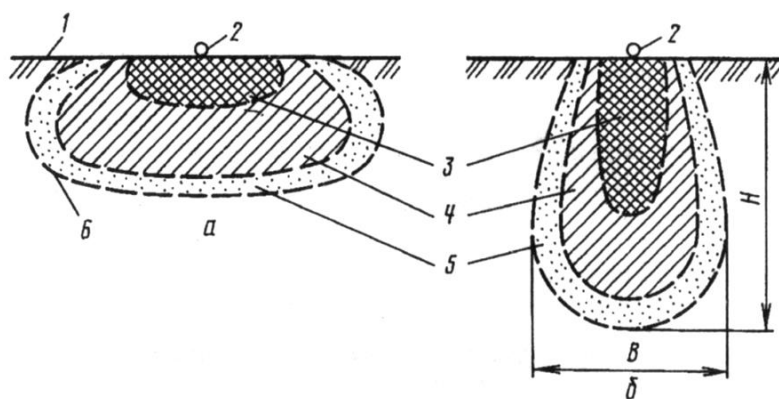
Введение. Одним из определяющих технологических параметров (характеристик) капельного полива является контур увлажнения, формируемый в почвогрунтовом пространстве при капельной подаче в определенную точку поливной воды из капельных микроводовыпусков. Исследования основных размеров локальных контуров увлажнения (глубины, ширины или диаметра, вертикальной и горизонтальной площади и объема контура) велись в течение продолжительного периода и продолжают вестись до настоящего времени.

Материалы и методы. При проведении исследования были использованы параметры фактических контуров капельного орошения, зафиксированных в работах А. Д. Ахмедова [1], В. С. Бочарникова [2], М. К. Гаджиева [3], Д. О. Завадского [4], О. Н. Карпенко [5], В. И. Торбовского [6], Ю. С. Уржумовой [7], М. Ю. Храброва [8], А. А. Шевченко [9], Б. Г. Штепа [10], Б. Б. Шумакова [11], А. В. Шуравилина [12], О. Е. Ясониди [13] и других авторов.

Данные исследований форм локальных контуров, формируемых при капельном поливе почв, позволили выбрать наиболее типичные их формы, наиболее близко и точно соответствующих реальному их очертанию.

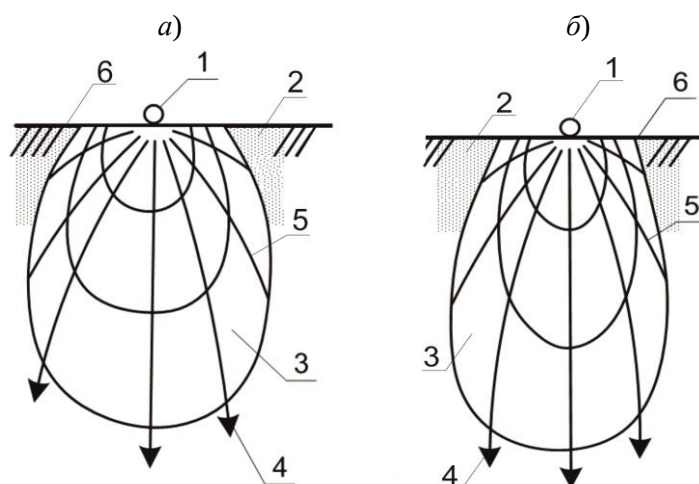
Результаты и обсуждение. Изначально рассматривались «приплюснутая» (для «тяжелых» по гранулометрическому составу почв) и «вытянутая» (для «легких» почв) формы локальных контуров увлажнения. В последующем «типичные» формы контуров капельного увлажнения почв ассоциировались с известными формами и использовались такие их образные названия, как: «луковице-» или «яйцеобразная»; «яблоко-» и «грушевидная»; «каплевидная» и «колбовидная»; «шарообразная», «цилиндрическая», «эллипсовидная» и ряд других форм.

Чаще всего, рассматривались и качественно описывались характерные формы контуров отдельно для легких и тяжелых типов почв. При последующем изучении контуров увлажнения их очертания и формы аппроксимировались. Отдельные примеры условных аппроксимаций очертаний локальных контуров рядом известных специалистов приведены на рисунках 1–4. Неоднозначность качественных и особенно количественных показателей относительных координат очертаний локальных контуров проиллюстрирована опытными данными измерений, приведенных на рисунке 5.



- a – на тяжелых по механическому составу почвах; b – на легких;
 1 – поверхность почвы; 2 – микроводовыпуск; 3 – очаг переувлажненной почвы;
 4 – очаг нормально увлажненной почвы; 5 – очаг частично увлажненной почвы;
 6 – граница распространения увлажнения; B – ширина контура; H – глубина контура

Рисунок 1 – Схемы очертаний контуров увлажнения, формируемых в тяжелых и легких почвах по Б. Б. Шумакову [1]

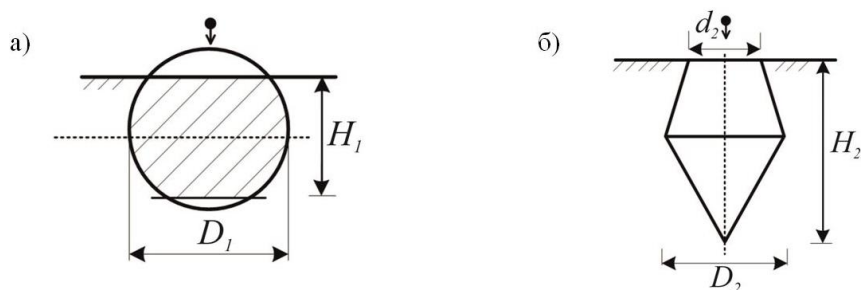


а) на тяжелых; б) на легких по гранулометрическому составу почвах;
1 – капельница; 2 – скопление солей; 3 – контур увлажнения;
4 – глубокое просачивание; 5 – направление потока; 6 – сухая поверхность

Рисунок 2 – Схемы типичных форм контуров увлажнения, формирующихся в тяжелых и легких почвах (по Б. Г. Штепа [2])

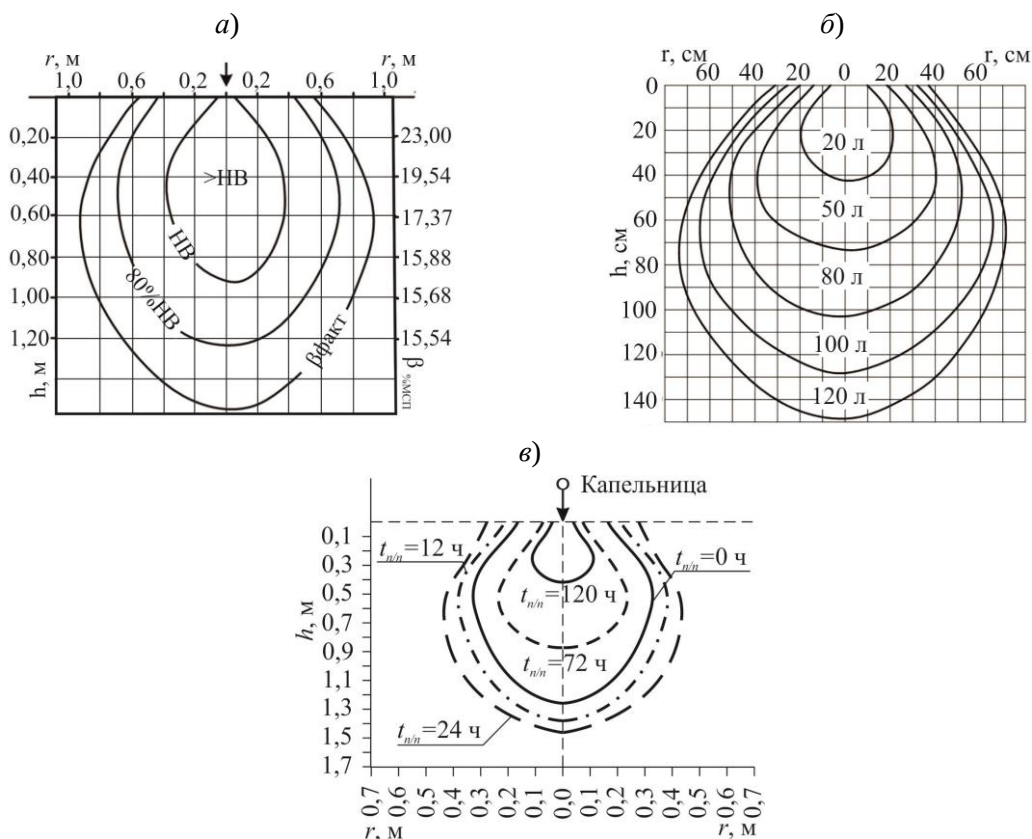


Рисунок 3 – Форма «типичного» контура увлажнения для тяжелосуглинистых почв по А. В. Шуравилину, В. В. Бородычеву и др. (2009 г.) с иллюстрацией внутриконтурного распределения влажности [6]



D_1 – радиус шарового пояса увлажнения; H_1 – высота шарового пояса увлажнения;
 D_2 и d_2 – радиусы большого и малого контуров оснований;
 H_2 – высота усеченного контура увлажнения

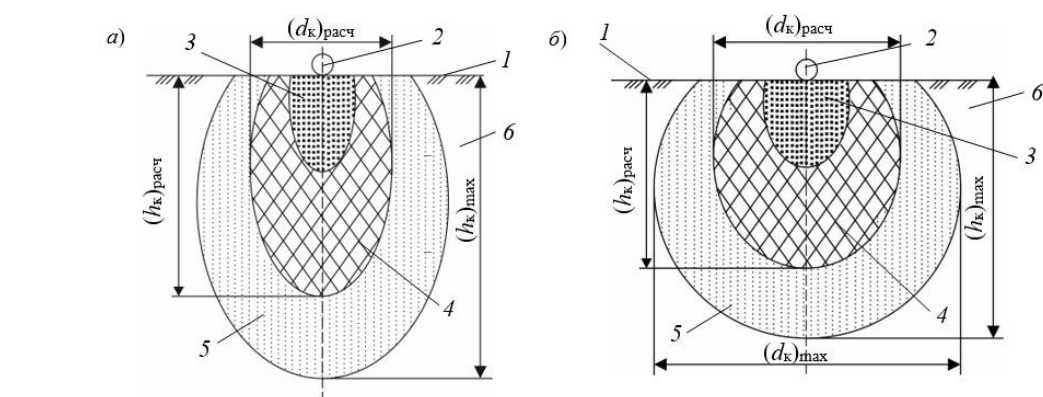
Рисунок 4 – Расчетные схемы контуров увлажнения при капельном поливе для тяжелых и средних (схема а) и легких (схема б) по гранулометрическому составу почв (по М. Ю. Храброву [8])



а) по данным О. Е. Ясонида [3]; б) по данным А. Д. Ахмедова и др. [4];
в) по данным В. С. Бочарникова [5]

Рисунок 5 – Аппроксимированные формы локальных контуров капельного увлажнения в среднесуглинистых почвах

Форма единичного контура увлажнения, формирующегося в почвенном пространстве при капельном поливе, преимущественно зависит от свойств увлажняемого почвогрунтового слоя [9]. В соответствии с этим, на рисунке 6 приведены характерные для легких и тяжелых типов почв сечения единичных контуров капельного увлажнения почвенного профиля вертикальной плоскостью.



а) на песчаных почвах; б) на глинистых почвах; $(d_k)_{расч}$ – расчетный диаметр контура; $(h_k)_{расч}$ – расчетная глубина контура; $(d_k)_{max}$ – максимальный диаметр контура; $(h_k)_{max}$ – максимальная глубина контура; 1 – поверхность земли; 2 – капельница наземного расположения; 3 – переувлажненная зона; 4 – зона (область) расчетной влажности; 5 – зона недостаточного увлажнения; 6 – зона естественного увлажнения

Рисунок 6 – Схемы единичных контуров увлажнения, формируемых в почвенном слое при капельном орошении

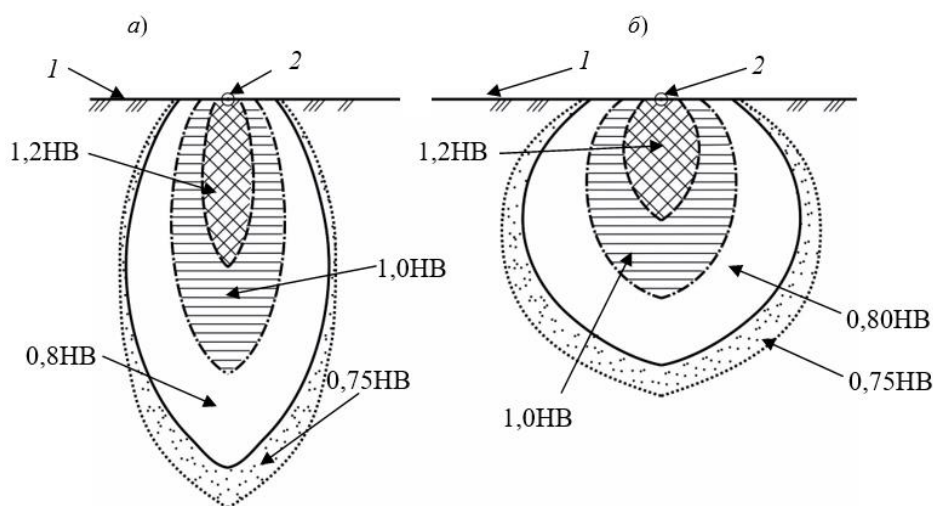
Для построения аппроксимированных очертаний контуров увлажнения М. Ю. Храбровым предложена система расчетных зависимостей, позволяющих определить координаты «узловых» точек и по ним построить соответствующие контуры увлажнения [14]. На основе этой концепции было выработано предложение В. Н. Шкуры и Д. Л. Обумахова, позволяющее на стадии предварительных расчетов, при известных значениях радиуса и глубины контура, определить его очертание, площадь (по вертикали) и объем [15, 16]. Предлагаемая полиномиальная зависимость записана в виде функциональной связи нижеследующего вида:

$$(r_{\text{кон}})_{h_i} / r_{\text{кон}} = f(h_i / h_{\text{кон}}), \quad (1)$$

где $(r_{\text{кон}})_{h_i}$ – радиус контура на глубине h_i , считая от поверхности земли до глубины контура – $h_{\text{кон}}$;

$r_{\text{кон}}$ – радиус контура, определенный по максимальной удаленности границы увлажняемой зоны от оси капания по горизонтали.

Примеры очертаний контуров увлажнения, полученных с использованием приведенной зависимости, проиллюстрированы на рисунке 7.



1 – поверхность земли; 2 – капельный микроводовыпуск

Рисунок 7 – Схемы контуров увлажнения, формируемых в почвогрунтовом пространстве при капельном поливе в песчаных (а) и в глинистых (б) почвах

Выводы. Приведенные выше сведения позволяют сделать нижеследующие заключения по формам локальных контуров увлажнения, формируемых в почвогрунтовом пространстве при капельном орошении сельхозугодий.

1 Исследованиям форм локальных контуров капельного увлажнения почв посвящен ряд работ специалистов-разработчиков проблем совершенствования технологии капельного орошения, что свидетельствует о важности вопроса определения очертания граничных (ограничивающих) контурных линий и положения внутриконтурных изоплет разного уровня влажности.

2 Специалистами предложены различные варианты аппроксимирующих контуры увлажнения форм граничных поверхностей или линий, но общепринятая схема аппроксимации и зависимость, описывающая положение оконтуривающей и внутриконтурных изоплет, отсутствует.

3 Указанные обстоятельства актуализируют задачу исследований и определения обоснованной и наиболее типичной формы локальных контуров увлажнения и получения соответствующей, описывающей (очерчивающей) контуры поверхностей (линий),

а также характерных линий внутриконтурного положения изолиний с определенным уровнем влажности (изоплет).

4 Из известных предложений наиболее обоснованной представляется зависимость вида $((r_{\text{кон}})_{h_i} / r_{\text{кон}}) = f(h_i / h_{\text{кон}})$, предусматривающая описание очертания контуров и положения внутриконтурных изоплет в относительных координатах при предварительно установленных значениях глубины $h_{\text{кон}}$ и радиуса $r_{\text{кон}}$ контуров и учитывающая константы, характеризующие почвенные и технологические условия формирования контуров увлажнения.

Список использованных источников

1 Ахмедов, А. Д. Контурные увлажнение почвы при капельном орошении / А. Д. Ахмедов, Е. Ю. Галиуллина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 3. – С. 183–188.

2 Овчинников, А. С. Методика расчета и обоснование параметров контура увлажнения в условиях открытого и закрытого грунта / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков // Природообустройство. – 2012. – № 4. – С. 10–14.

3 Олейник, А. М. Характер формирования контуров увлажнения почвы при капельном орошении / А. М. Олейник, М. К. Гаджиев // Режимы орошения и водопотребление сельскохозяйственных культур на Северном Кавказе. – Новочеркасск, 1984. – С. 129–133.

4 Завадский, Д. О. Капельное орошение молодого яблоневого сада и виноградников в условиях центральной зоны Краснодарского края: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Завадский Дмитрий Олегович. – Новочеркасск, 1991. – 28 с.

5 Карпенко, О. Н. Капельное орошение роз в теплицах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Карпенко Ольга Николаевна. – Новочеркасск, 1989. – 22 с.

6 Торбовский, В. И. Режим и техника капельного орошения малины: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Торбовский Василий Иванович. – Новочеркасск, 1992. – 24 с.

7 Уржумова, Ю. С. Технологические и конструктивные элементы локального низконапорного орошения садов для условий южных черноземов Ростовской области: дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Уржумова Юлия Сергеевна. – Новочеркасск, 2004. – 147 с.

8 Храбров, М. Ю. Технология малообъемного орошения / М. Ю. Храбров // Мелиорация и водное хозяйство. – 2000. – № 4. – С. 30–32.

9 Шевченко, А. А. Капельное орошение садов / А. А. Шевченко, Е. Ф. Кушнirenко, М. М. Зобенко // Гидротехника и мелиорация. – 1977. – № 2. – С. 51–55.

10 Механизация полива: справочник / Б. Г. Штепа, В. Ф. Носенко, Н. В. Винникова [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.

11 Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – 432 с.

12 Шуравилин, А. В. Формирование контуров увлажнения при капельном орошении картофеля в супесчаных почвах с водоаккумулирующим слоем из природных материалов / А. В. Шуравилин, Т. М. Ахмед, Т. И. Сурикова // Природообустройство. – 2013. – № 2. – С. 23–27.

13 Ясониди, О. Е. Водосбережение при орошении / О. Е. Ясониди; Новочерк. гос. мелиор. акад. – Новочеркасск: Набла, 2004. – 473 с.

14 Храбров М. Ю. Ресурсосберегающие технологии и технические средства орошения: дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Храбров Михаил Юрьевич. – М.: ВНИИГиМ, 2008. – 266 с.

15 Шкура, В. Н. Капельное орошение яблони: монография / В. Н. Шкура, Д. Л. Обухов, А. Н. Рыжаков; под ред. В. Н. Шкуры. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 310 с.

16 Шкура, В. Н. Расчетный метод определения параметров контура увлажнения при подземно-капельном орошении / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный журнал]. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – № 4(16). – С. 25–36. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec294-field6.pdf.

УДК 631.674.2:633.18

А. П. Тищенко

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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВОДНОГО БАЛАНСА РИСА В КРЫМУ

Целью исследований являлось получение измеренных величин элементов водного баланса рисового чека в суточных интервалах с помощью специально разработанных приборов (суммарный рисовый испаритель, фильтрометр), работающих как в режиме записи измеряемых величин на лентах самописцев, так и в режиме срочных наблюдений. Исследования проводились в период 2001–2010 гг. на рисовых системах Красноперекопского района Республики Крым. На основании данных десятилетнего ряда ежесуточных измеренных величин элементов водного баланса риса определены реальные расходы воды при выращивании риса в северном Крыму.

Ключевые слова: рис, суммарное испарение, осадки, орошение, вертикальная фильтрация.

A. P. Tishchenko

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

EXPERIMENTAL RESEARCH OF WATER BALANCE STUDIES OF RICE IN CRIMEA

The aim of research was to obtain the measured values of rice paddies water balance elements in daily intervals with the help of specially designed instruments (total rice evaporator, filter meter) operating in terms of both recording the measured values on recorder strips and urgent observations. The research was carried out in 2001–2010 on rice systems of Krasnoperekopsky district of the Republic of Crimea. Based on the ten-year daily data of measured values of the rice water balance elements, actual water values for growing rice in the northern Crimea have been determined.

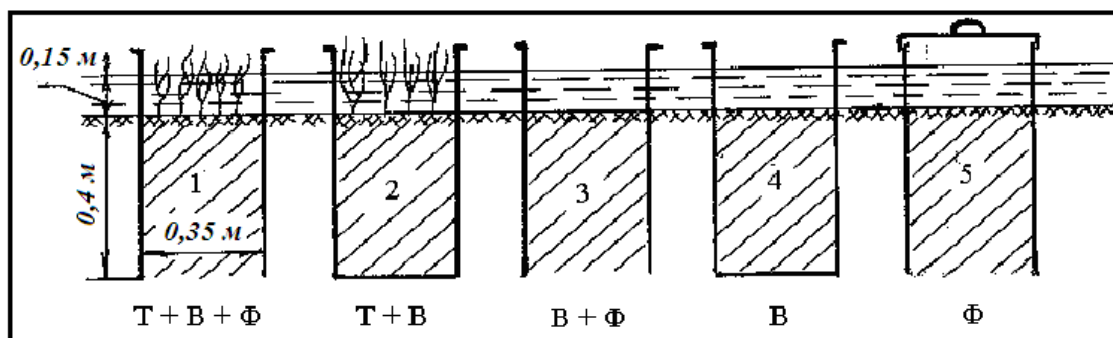
Key words: rice, total evaporation, precipitation, irrigation, vertical filtration.

Метод испарителей для изучения суммарного испарения с риса впервые был использован В. Б. Зайцевым еще в 1930 г. Как испарители, названные Зайцевым вегетационными сосудами-испарителями, применялись цилиндрические сосуды с водонепроницаемыми дном высотой 50–70 см и площадью испарения 1000–2000 см² [1].

В Государственном гидрологическом институте (ГГИ) с 1958 г. применялся испаритель с измерительной бюреткой. Испаряющая площадь испарителей ГГИ-2000р и ГГИ-3000р соответственно 2000 и 3000 см², высота 70–100 см. Точность измерения суммарного испарения с риса испарителями ГГИ-2000р и ГГИ-3000р с измерительной бюреткой составляет 0,1 мм [2].

Также в течение ряда лет (1955–1966 гг.) на производственных рисовых массивах в колхозах и совхозах Ростовской области определялись приходно-расходные элементы под культурой риса в различных почвенно-гидрологических условиях. Исследования проводились специалистами ЮжНИИГиМ [3]. Испарение с водной поверхности,

транспирация и вертикальная фильтрация определялись с помощью металлических сосудов-испарителей площадью $0,05\text{--}0,1\text{ м}^2$, высотой $0,6\text{ м}$. Сосуды устанавливались непосредственно в рисовом чеке в двукратной повторности (рисунок 1).



Т – транспирация; В – испарение с водной поверхности; Ф – вертикальная фильтрация

Рисунок 1 – Схема установки сосудов для определения испарения, транспирации и фильтрации воды в почву

В каждой повторности: сосуды с растениями с дном и без дна, сосуды без растений с дном и без дна, без дна с крышкой (для замера фильтрации). По разности объемов испаренной или профильтрованной воды в сутки в сосудах с дном и без дна, с растениями и без них определяются элементы водного баланса: транспирация, фильтрация и испарение с водной поверхности. Данный подход позволяет с достаточной точностью определить элементы водного баланса и на основании этого определить оптимальную оросительную норму для конкретных почвенно-гидрологических условий.

Величина суммарных затрат воды на испарение с водной поверхности и транспирации рисом (в условиях юга России) является более или менее постоянной, с колебанием от 7500 до $9500\text{ м}^3/\text{га}$ и зависит от метеорологических условий (в основном от температурного фактора), густоты стояния растений и урожая.

Расход воды на транспирацию рисом за период вегетации незначительно отличается от затрат на испарение с водной поверхности и составляет $47\text{--}53\%$ от суммарного водопотребления.

Водный режим позволяет регулировать некоторые элементы среды обитания риса, приводя их к оптимальным значениям для перечисленных выше процессов. Например, проточность на рисовых полях позволяет, при наличии больших различий температуры в канале и на поверхности чека, регулировать температуру последнего. При высокой минерализации почвы позволяет снижать концентрацию солей и других водорастворимых соединений в поверхностном слое воды и тем самым способствовать улучшению свойств корнеобитаемого слоя почвы. Вместе со свежими порциями оросительной воды на чек может поступать значительное количество кислорода и питательных веществ.

Влияние проточности проявляется прежде всего в регулировании теплового режима воды в чеках, эффективность чего определяется степенью контраста температур воды в оросительном канале и чеке. В зависимости от конкретных условий это влияние может быть как положительным, так и отрицательным. На начальных стадиях вегетации проточность приводит к снижению температуры воды ниже допустимого предела. При этом в фазу прорастания может произойти вымывание семян риса. В некоторых случаях проточность выступает в скрытом виде, проявляясь через повышенную фильтрацию в дрены, зависит от местных особенностей грунтовой толщи. Режим проточности, что сдается без учета температурного режима в чеках и оросителях, может привести к значительным потерям урожая, ухудшению мелиоративного состояния почвы и, отдельно, повышению содержания токсинов.

Урожай риса практически при проточности и без нее остается неизменным.

Кроме ненужной потери воды, лишняя проточность в северных районах рисосеяния неизбежно вызывает снижение температуры воды и почвы на рисовом поле. Бесхозяйственное, небрежное отношение к поливной воде служит показателем общего низкого организационно-технического уровня хозяйства. Исключение необоснованной проточности и сбросов может дать большую экономию оросительной воды, в ряде случаев выражается десятками тысяч кубометров на гектар [1].

Исследования по измерению элементов водного баланса в Крыму проводились в течение 2001–2010 гг. на опытном участке в с. Ишунь (СООО «Штурм Перекопа») Краснопереконского р-на АРК в рисовом чеке рисового севооборота № 5. Площадь рисового севооборота 466 га. Расстояние до м/с Ишунь 1,5–2 км [4–6].

Измерения величин суммарного испарения и вертикальной фильтрации проводились ежедневно, после 17.00, в период затопления риса с помощью суммарного рисового испарителя и фильтрационной установки.

Суммарный рисовый испаритель (рисунок 2) состоит из корпуса испарителя 1, заполненного почвой, репера 2, в испаритель помещается труба 3, в которой вмонтировано водорегулирующее устройство 4 (поплавковый клапан), соединенное с бачком самописца 7 соединительным резиновым шлангом 6. С внешней стороны испарителя в почве есть смотровая скважина 5. На крышке самописца смонтировано пишущее устройство, состоящее из несущего поплавка 8, стержня 9, указателя 10, рейки 11, стрелки с пером 12 и недельного часового механизма 13. Бачок самописца с самопишущим устройством устанавливается на деревянный стол 14.

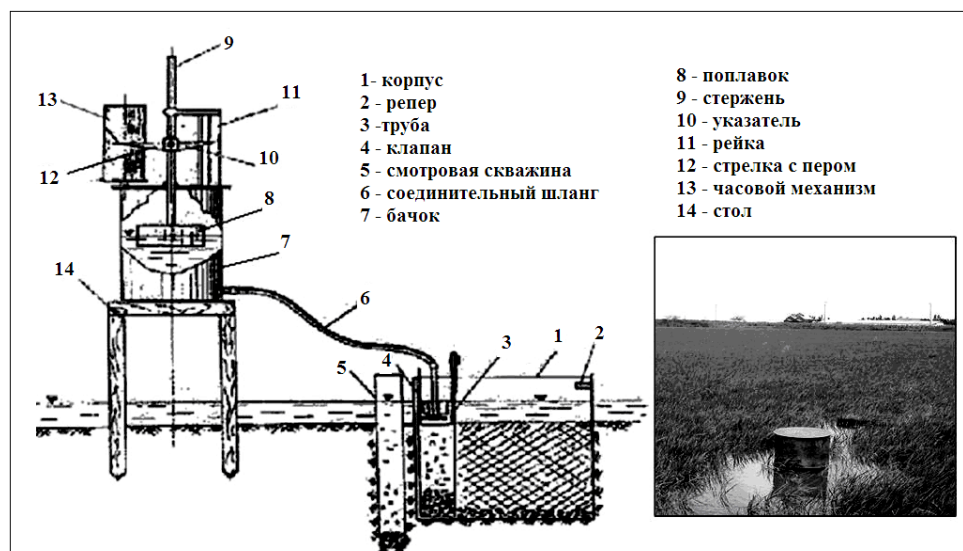


Рисунок 2 – Суммарный рисовый испаритель

Корпус испарителя представляет собой металлический цилиндр с дном (материал – сталь листовая 2 мм) диаметром 806 мм, что соответствует площади испарения 0,5 м², высотой 1,0 м.

Водорегулирующим устройством является поплавковый клапан, поддерживающий уровень воды в корпусе испарителя, соответствующий уровню воды в рисовом чеке.

Бачок долива представляет собой цилиндр с дном Ø 252 мм, что соответствует площади 500 см², и высотой 380 мм. С водорегулирующим устройством бачок соединяется гибким резиновым шлангом внутренним диаметром 10 мм. Поскольку соотношение площадей бачка долива и корпуса испарителя 1 : 10, то и запись на ленте самописца создается в том же масштабе, то есть 1 мм на ленте соответствует 0,1 мм слоя воды или 1 м³/га. По мере поступления воды в испаритель из бачка уровень в последнем снижается, что и фиксируется самопишущим устройством в виде записи суточного хода суммарного испарения с точностью 0,1 мм или 1 м³/га.

Если нет возможности обеспечить сохранность прибора, который работает в полевых условиях и к тому же легко демонтируется, измерение суммарного испарения можно вести в режиме срочных наблюдений, то есть ежесуточного замера изменения уровня воды в испарителе относительно репера с помощью штангенциркуля, получая при этом такую же точность, то есть 0,1 мм или 1,0 м³/га. Но в этом случае надо учитывать объем долитой-отлитой в корпус испарителя воды с точностью до 1 см³ для того, чтобы вводить корректировку, которая еще называется срезкой, на переменный объем стеблей в корпусе испарителя. До фазы кущения срезка не вводится, а затем учитывается прогрессивно.

Фильтрационная установка имеет аналогичную конструкцию, но с той разницей, что корпус не имеет дна и высота его составляет 60 см. Для предотвращения ошибки на испарение корпус фильтрационной установки накрывается крышкой с теплоизоляцией. Корпус фильтрационной установки находится рядом с корпусом суммарного рисового испарителя и закапывается в почву на глубину 10 см ниже пахотного слоя. В режиме срочных наблюдений изменение уровня воды замеряется штангенциркулем относительно репера с точностью 0,1 мм, что соответствует 1,0 м³/га. Замер проводится в те же сроки, что и суммарное испарение.

Водный баланс рисового чека рассчитывается с помощью уравнения, которое имеет вид:

$$M_{\text{п}} - M_{\text{с}} = E + \Phi - X, \quad (1)$$

где $M_{\text{п}}$ – подача воды на поле, м³/га;

$M_{\text{с}}$ – сброс, м³/га;

E – суммарное испарение, м³/га;

Φ – вертикальная фильтрация, м³/га;

X – осадки, м³/га.

За годы исследований интенсивность вертикальной фильтрации составляла 2001 г. – 0,87; 2002 г. – 0,79; 2003 г. – 0,87; 2004 г. – 2,01; 2005 г. – 0,77; 2006 г. – 0,83; 2007 г. – 1,54; 2008 г. – 0,77; 2009 г. – 0,77 и 2010 г. – 0,77 мм/сут, расходы оросительной воды на вертикальную фильтрацию с учетом срока затопления соответственно: 102,0; 86,4; 114,2; 269,7; 99,2; 105,4; 189,0; 100,9; 99,3 и 98,6 мм. Таким образом, средняя интенсивность вертикальной фильтрации за десять лет исследований составила 0,98 мм/сут, а расход воды на фильтрацию 126,5 мм или 1265 м³/га.

На графиках приведены среднемноголетние измеренные величины осадков и суммарного испарения в сезонном ходе (рисунок 3) и нарастающим итогом (рисунок 4) за десять лет исследований (2001–2010 гг.).

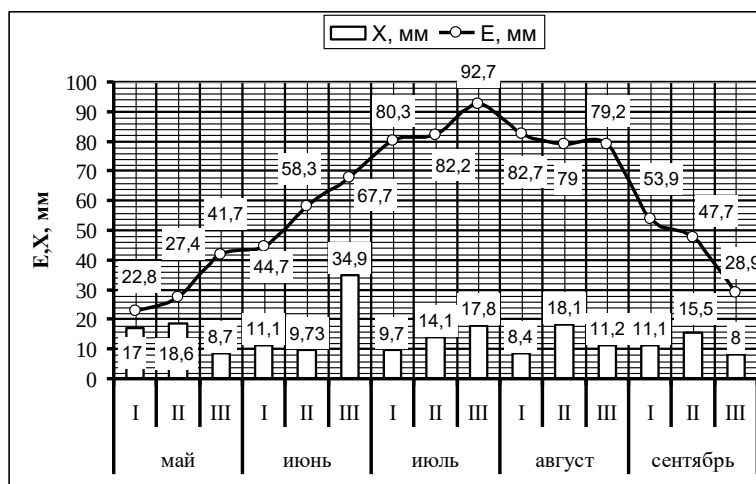


Рисунок 3 – Сезонный ход осадков (X) и суммарного испарения (E) с риса (декадные величины) за период исследований 2001–2010 гг.

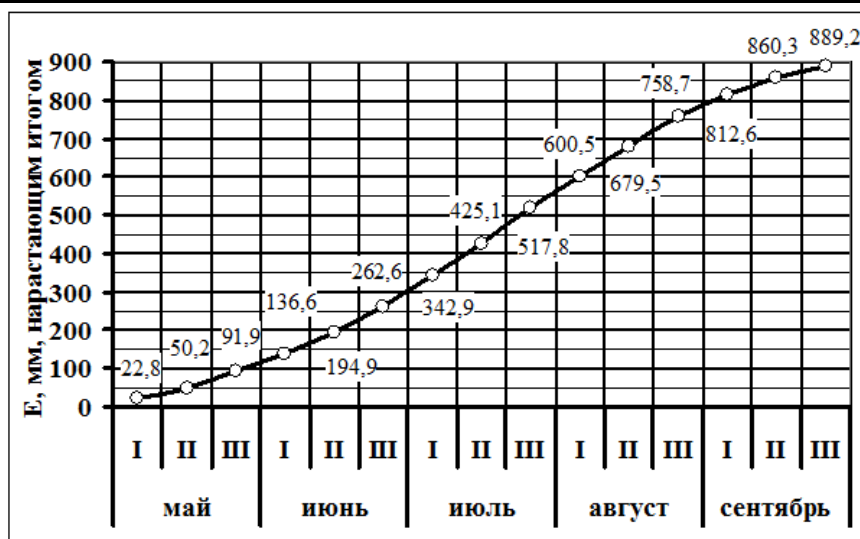


Рисунок 4 – Суммарное испарение с риса нарастающим итогом, 2001–2010 гг.

В таблице 1 приведены затраты оросительной воды на формирование биологического урожая зерна риса по годам исследований (2001–2010 гг.).

Таблица 1 – Затраты оросительной воды на формирование биологического урожая зерна риса по годам исследований (2001–2010 гг.)

Год	Сум- марное испаре- ние, Е, мм	Филь- тра- ция, Ф, мм	Осад- ки, X, мм	Затраты воды на формиро- вание урожая $M_{\text{пр}} = E + \Phi - X$, мм	Урожай зерна (биологи- ческий), У, ц/га	Затраты воды на формирование еди- ницы урожая, м ³ /кг	
						$M_{\text{пр}} / У$	без учета фильтрации
2001	828,0	102,0	154,0	776,0	115,0	0,67	0,58
2002	686,0	86,4	180,8	591,6	101,3	0,58	0,50
2003	644,0	114,2	106,4	651,8	114,3	0,57	0,47
2004	948,0	269,7	447,8	769,3	91,0	0,85	0,55
2005	904,6	99,2	156,4	847,4	104,1	0,81	0,71
2006	993,7	105,4	78,2	1020,9	119,7	0,85	0,76
2007	877,1	189,0	50,8	1015,3	101,0	1,00	0,81
2008	828,1	100,9	169,6	759,4	114,0	0,67	0,49
2009	884,4	99,3	135,4	848,3	106,1	0,80	0,71
2010	667,3	98,6	247,0	518,9	69,2	0,75	0,6
Среднее	826,1	126,5	172,6	779,9	103,6	0,76	0,62

Как видно из таблицы 1, величины суммарного испарения за годы исследований колебались от 644,0 до 993,7 мм, в среднем за десять лет 826,1 мм или 8260 м³/га, филь-трационные потери составили 126,5 мм или 1265 м³/га.

Выводы.

1 С учетом осадков, расходы оросительной воды на формирование урожая риса, которые являются оросительной нормой нетто, составляют 779,9 мм или 7800 м³/га. Расход воды на единицу урожая составил 0,76 м³/кг.

2 В условиях зоны рисосеяния Крыма оросительная норма брутто риса не должна превышать 12–14 тыс. м³/га, то есть должна быть в 2–2,5 раза меньше, чем приводится в литературе и ведомственных документах. Для этого необходимо измерять инструмен-тально все элементы водного баланса (суммарное испарение, осадки, фильтрация, водо-учет воды, поступающей на поле и идущей на сброс), исключить постоянную проточ-ность, которая для условий северного Крыма приносит больше вреда, чем пользы.

Список использованных источников

- 1 Зайцев, В. Б. Рисовая оросительная система / В. Б. Зайцев. – М.: Колос, 1964. – 304 с.
- 2 Харченко, С. И. Гидрология орошаемых земель / С. И. Харченко. – Л.: Гидрометеиздат. – 1968. – 373 с.
- 3 Тулякова, З. Ф. Водный баланс рисового поля / З. Ф. Тулякова // Материалы Межведомственного совещания по проблеме изучения и регулирования испарения с водной поверхности и почвы, 30 июля – 3 августа 1963 г., Валдай. – Валдай, 1964. – С. 372–377.
- 4 Ушкаренко, В. А. Оптимизация режимов орошения риса с помощью использования показателей суммарного испарения в условиях АР Крым / В. А. Ушкаренко, А. П. Тищенко, С. В. Коковихин // Вестник аграрной науки Причерноморья. – Николаев: МГАУ, 2012. – Вып. 4(68). – С. 180–187.
- 5 Ляшевский, В. Сокращение расхода оросительной воды при выращивании риса / В. Ляшевский, А. Тищенко, С. Хорев // Водное хозяйство Украины. – 2006. – № 6. – С. 25–28.
- 6 Тищенко, А. П. Экспериментальные исследования по изучению элементов водного баланса риса в Крыму / А. П. Тищенко, В. И. Ляшевский // Тезисы докладов междунар. науч.-метод. конф. «Нормирование водопользования в орошаемом земледелии», 15–17 сентября 2005 г., г. Херсон. – Херсон, 2005. – С. 23–25.

УДК 631.58:681.3.06

А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский

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

**РОЛЬ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ПРОГРАММИРОВАННОМ
ВЫРАЩИВАНИИ УРОЖАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Целью работы являлось проведение информационного поиска, изучение и систематизирование материалов научно-технических основ, типов технологий, технической обеспеченности, опыта использования точного земледелия и возможные перспективы использования его на орошаемых землях.

Ключевые слова: точное земледелие, геоинформационные системы, дифференцированное внесение удобрений, карта поля, банк данных, программное обеспечение.

A. N. Babichev, V. A. Monastyrskiy

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

**THE ROLE OF PRECISION AGRICULTURE
IN THE PROGRAMMED CROPS CULTIVATION**

The aim of this work was to carry out information search, study and systematization of scientific and technical basics, types of technology, technical availability, experience in the use of precision agriculture and its possible future use on irrigated land.

Key words: precision farming, geographic information systems, differential fertilizing, field map, data bank, software.

В последнее время все более активно развивается технология точного земледелия [1–3]. Цель точного земледелия – получение оптимальных урожаев сельскохозяй-

ственных культур при максимальной экономии удобрений и соблюдении экологической обстановки.

В настоящее время в ряде зарубежных стран, таких как США, Германия, Канада и другие, ведутся работы по созданию технологий и технических средств для дифференцированного поверхностного и локального внесения минеральных и органических удобрений, мелиорантов в соответствии с оптимальной программой их применения [4]. Исследуются возможности новой технологии, в которой средства химизации применяются в строго нормированных дозах и только там, где они необходимы [5].

Технология дифференцированного внесения удобрений предполагает широкое использование компьютеров, программных средств геоинформационных систем (ГИС), данных дистанционного зондирования. Такие ГИС содержат информацию, необходимую для рационального применения удобрений. Например, данные о содержании в почве гумуса, азота, фосфора, калия [5, 6].

Преимущество компьютерной технологии состоит в том, что она позволяет земледельцам вести агропроизводство, ориентированное на экономию удобрений, получение запрограммированных урожаев и предохранение окружающей среды от загрязнений.

Для системы применения удобрений, базирующейся на учете характеристик отдельных участков поля, необходимы данные об урожайности, типе почвы и содержании питательных элементов каждого участка и жесткая их привязка к конкретному полю, где были взяты пробы [7].

Карта поля, которая может включать в себя данные о наличии питательных веществ в почве и засоленности составляется на основе точного отбора почвенных образцов, контролируемого глобальной системой позиционирования (ГСП) [8–11]. Карта урожайности и состояния посевов составляется на основе оценки урожайности в период уборки урожая, а также листовой диагностики состояния растений во время вегетации.

Дифференцированное внесение удобрений с учетом их количества в каждом сегменте поля, подбор рациональных сортов возделываемой культуры, регулирование нормы высева и сроков посева способствуют лучшей приспособляемости семян к состоянию поля [5, 12].

Избирательная защита растений, дробное внесение удобрений в период вегетации растений обеспечивают более высокую экономическую эффективность. Дифференцированное внесение удобрений с учетом плодородия отдельных участков поля не предполагает выравнивания пестроты плодородия всего поля, а направлено на более эффективное использование удобрений. При этом необходимо вносить больше удобрений на те участки поля, которые более отзывчивы к удобрениям, и меньше на остальные [13]. В конечном итоге это приведет к более правильному с агрономической точки зрения применению удобрений, большей рентабельности и меньшему загрязнению окружающей среды.

Технологический процесс дифференцированного применения удобрений в системе точного земледелия представляет собой сложную систему, включающую набор технологических операций и технических средств [14]. Основу системы точного земледелия составляют:

- банк данных об урожайности сельскохозяйственной культуры, истории применения удобрений, которые представляются в системе координат, жестко связанной с конкретным полем;
- программное обеспечение, позволяющее графически представлять полученную информацию, анализировать ее и принимать управленческие решения по необходимому воздействию на каждый из участков поля со своими координатами;
- технологии и автоматизированные технические средства для дифференцированного внесения средств химизации в принятой системе позиционирования [15].

Технология дифференцированного применения удобрений базируется на трех основных блоках [1, 8]:

- определение координат агрегата на поле. Это может быть осуществлено наземными или космическими системами позиционирования;
- автоматизированный сбор, хранение и обработка информации о состоянии почвы, растений, визуализация этой информации в виде электронных карт, принятие оптимальных управленческих решений;
- машины, системы контроля и управления технологическим процессом дифференцированного воздействия на систему «почва – растение».

Основным принципом точного земледелия является непрерывный процесс отслеживания состояния почвы на всех микроучастках поля. В частности, контроль плотности сложения почвы, ее влажность и агрегатный состав, содержание в ней макро- и микроэлементов и их распределение по площади поля [13].

Агротехнические мероприятия при использовании классических технологий осуществляется по всей площади поля, при этом неравномерность свойств почвы не учитывается [8, 13]. Это приводит к возникновению ряда недочетов и проблем.

Технологии точного земледелия предусматривают внесение удобрений и обработку почвы с учетом исходного ее состояния, чего при использовании классических технологий добиться невозможно.

Важное значение в системе точного земледелия приобретает равномерность полива сельскохозяйственных культур, так как недополив приводит к снижению урожайности, а переизбыток влаги к деградации почвы. Производители дождевальных машин стремятся к разработке и внедрению в сельскохозяйственное производство машин, позволяющих выдавать поливную норму дифференцировано, что позволит удовлетворить потребность культур во влаге, при одновременном снижении поливных и оросительных норм и сохранении плодородия почв [16, 17].

Для осуществления технологий точного земледелия необходимо использование специального оборудования: датчиков, определяющих состояние почвы и содержание в ней минеральных веществ; сельскохозяйственных машин с измеряемыми рабочими параметрами и системы бортовой электроники.

В результате использования имеющихся устройств можно получить карту поля, отражающую твердость и удельное сопротивление почвы на каждом микроучастке [8, 10, 13], то есть первичный материал, необходимый для осуществления технологий точного земледелия. Такой подход позволяет не только сохранять плодородие почвы с последующим выборочным внесением органических и минеральных удобрений, но производить точный учет выполненной работы на каждом отдельном поле [17].

Таким образом, использование технологий точного земледелия позволит получать существенную экономию средств и рационально использовать различные ресурсы.

Список использованных источников

- 1 Точное земледелие: технология и принципы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://urozhayna-gryadka.narod.ru/tochnoe_zemledelie.htm, 2017.
- 2 Точное земледелие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://agro-phys.ru/precision_agro, 2012.
- 3 Щедрин, В. Н. Состояние и перспективы развития мелиорации земель на юге / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации России [Электронный ресурс]. – 2014. – № 3(15). – С. 1–15. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=273&id=274>.
- 4 Рунов, Б. А. Основы технологии точного земледелия. Зарубежный и отечественный опыт / Б. А. Рунов, Н. В. Пильникова. – 2-е изд., исправ. и дополн. – СПб.: АФИ, 2012. – 120 с.
- 5 Афанасьев, Р. А. Дифференцированное применение удобрений – настоящее и будущее / Р. А. Афанасьев // Плодородие. – 2002. – № 4(7) – С. 9–11.

6 Личман, Г. И. Итоги и направления дальнейших исследований по механизации применения удобрений / Г. И. Личман, Н. М. Марченко // Сб. науч. докладов ВИМ. – М.: ВНИИ МСХ, 2000. – Т. 131. – С. 179–188.

7 Агроэкономическая эффективность точных систем удобрения в зернопропашном звене севооборота / А. И. Иванов, Н. А. Цыганова, П. В. Лекомцев, О. И. Якушева, А. М. Уткузова // Гумус и почвообразование: сб. науч. тр. Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – СПб.: НП Институт техники и технологий, 2010. – С. 68–73.

8 Состояние и перспективы развития методов спутникового картографирования растительного покрова России [Электронный ресурс] / А. В. Кашницкий [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12. – № 5. – С. 203–221. – Режим доступа: <http://jr.rse.cosmos.ru/default.aspx?id=59>.

9 Инженерный центр «Геомир» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geomir.ru>, 2017.

10 Точное земледелие: состояние исследований и задачи агрофизики / В. П. Якушев [и др.] // Агрофизические и экологические проблемы сельского хозяйства в 21 веке; под ред. В. П. Якушева, Д. Куртнера. – СПб.: Агрофизический научно-исследовательский институт РАСХН, 2002. – Т. 3. – С. 26–74.

11 Симакова, М. С. От визуального дешифрирования аэрофотоснимков и полевого картографирования почв до автоматизированного дешифрирования и картографирования по космическим снимкам / М. С. Симакова // Бюллетень почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – 2014. – Вып. 74. – С. 3–19.

12 Марченко, Н. М. Дифференцированное воздействие на почву и растение / Н. М. Марченко, Г. И. Личман // Техника и оборудование для села. – 2002. – № 10(64). – С. 6–8.

13 Точное сельское хозяйство: учеб. пособие / Д. Шпар [и др.]; под ред. Д. Шпара, А. В. Захаренко, В. П. Якушева. – СПб.: Изд-во «Павел», 2009. – 397 с.

14 Анискин, В. И. Проблемы управления качеством механизированного процесса дифференцированного применения удобрений / В. И. Анискин, Н. М. Марченко, Г. И. Личман // Автоматизация сельскохозяйственного производства: сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф. «Автоматизация сельскохозяйственного производства», 13–16 мая 1997 г., г. Москва. – М.: ВНИИ МСХ, 1997. – Т. 1. – С. 19–28.

15 Щеголихина, Т. А. Современные технологии и оборудование для систем точного земледелия: науч.-аналит. обзор / Т. А. Щеголихина, В. Я. Гольяпин. – М.: Росинформагротех, 2014. – 80 с.

16 Личман, Г. И. Основные принципы и перспективы применения точного земледелия / Г. И. Личман, Н. М. Марченко, В. М. Дринча. – М.: Россельхозакадемия, 2004. – 80 с.

17 Якушев, В. В. Точное земледелие: теория и практика / В. В. Якушев. – СПб.: АФИ, 2016. – 364 с.

УДК 330.34:631.6

А. К. Носов

Северо-Кавказский институт по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства, Пятигорск, Российская Федерация

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ УПРАВЛЕНИЯ КОРМОПРОИЗВОДСТВОМ НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

Цель работы – формирование мероприятий системного управления кормопроизводством на мелиорируемых землях, обеспечивающих ежегодное стабильное получение запланированных объемов высококачественных кормов, для устойчивого развития

поголовья скота вне зависимости от складывающихся погодных условий сельхозпроизводства. Выполнена оценка состояния мелиоративного фонда России и по результатам информационно-аналитических исследований разработаны мероприятия, способствующие производству кормов. В качестве первоочередных инновационных мероприятий развития кормопроизводства на мелиорируемых землях предложены: модернизация и трансформация мелиоративного водохозяйственного комплекса.

Ключевые слова: инновации, мероприятия, система, управление, кормопроизводство, мелиорируемые земли, модернизация, реконструкция, строительство, мелиоративный водохозяйственный комплекс.

A. K. Nosov

North Caucasus Institute of Water Supply Design and Reclamation Construction, Pyatigorsk, Russian Federation

ADVANCED MANAGEMENT PRACTICES OF FODDER PRODUCTION ON IRRIGATED LAND

The purpose of the work is the formation of system management practices of fodder production on reclaimed lands which ensure an annual stable receipt of planned volumes of high-quality fodder for the sustainable development of livestock regardless of the prevailing weather conditions of agricultural production. An assessment of Russian land reclamation fund was carried out, and practices for fodder production were developed based on the results of information analyses research. Modernization and transformation of the meliorative water management complex were proposed as the primary advanced measures for the development of fodder production on reclaimed lands.

Key words: innovations, practices, system, management, fodder production, reclaimed lands, modernization, reconstruction, construction, meliorative water management complex.

Введение.

Сельскохозяйственное кормопроизводство на мелиорируемых землях Российской Федерации, занимая значительные территории и концентрируя большие объемы важных трудовых и производственных ресурсов, по праву, играет существенную роль в экономике страны. Стоимость основных фондов мелиоративного сектора, созданных трудом не одного поколения России и требующих неустанного внимания эксплуатирующих организаций, составляет порядка 315 млрд руб., в том числе на долю объектов федеральной формы собственности приходится не менее 90 %.

Длительный экономический кризис, ставший следствием реформирования системы управления страны, сопровождавшегося снижением доли государственной поддержки сельхозтоваропроизводителей, привел к сокращению на 31 % и 11 % соответственно поливаемых земель и осушенных сельскохозяйственных угодий. Урожайность мелиорируемых земель, составляющая на поливе в среднем не более 28 ц к. е./га и доходящая до 22 ц к. е./га на осушенных землях, свидетельствует о низкой результативности использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов, что объясняется неудовлетворительным техническим состоянием и крайней изношенностью мелиоративного фонда, достигающих, в целом по Российской Федерации, 69 %. Свыше 50 % имеющейся дождевальной техники неисправно. Выход из строя оросительной сети не обеспечивает поливы до 47 % общей площади ирригации. Уровень морального и физического старения элементов гидромелиоративных систем требует незамедлительного проведения реконструкции оросительных систем на площади, превышающей 2,0 млн га, и осушительных систем на площади не менее 0,9 млн га.

Безусловно, что осуществляемая Минсельхозом России с 2014 г. программа по мелиорации земель дело, воистину, всенародное и чрезвычайно необходимое, исклю-

чающее «точку невозврата» запланированных функций действующего мелиоративного водохозяйственного комплекса [1]. Вместе с тем приходится отмечать известную ограниченность Программы как по масштабам предусматриваемого восстановления и развития мелиоративного фонда России, так и по объемам их государственной поддержки.

В период, когда важнейшими задачами страны признаются становление и воспроизводство продовольственной безопасности и снижение зависимости от импорта, со всей остротой встают вопросы ежегодного стабильного получения запланированных объемов высококачественных кормов, обеспечивающих устойчивое развитие поголовья скота вне зависимости от складывающихся условий сельхозпроизводства [2]. Это вновь повышает актуальность решения проблем инновационной экономики АПК в части разработки мероприятий управления кормопроизводством на мелиорируемых землях, базирующихся на системном подходе, интегрирующем взаимодействие отдельных элементов системы управления для максимальной эффективности достижения установки на результат в целом.

Решение указанных вопросов напрямую связано с техническим уровнем систем комплексных мелиораций – основополагающим фактором формирования технико-экономических характеристик объектов мелиоративного водохозяйственного комплекса и эколого-экономической эффективности земледелия.

Методология исследований.

Методическую основу исследований составляют: изучение текущего состояния кормопроизводства на орошаемых землях; анализ технического состояния мелиоративного фонда; обобщение передового отечественного опыта и зарубежной практики управления кормопроизводством на орошении.

Результаты исследований.

Анализ требований науки и практики к техническому уровню объектов мелиоративного водохозяйственного комплекса показал, что инновационным системам присущи:

- универсальность, координированность, приспособленность к природным особенностям и адаптивно-ландшафтным системам земледелия;
- ориентация на автоматизацию способов орошения;
- поддержка механизированных технологий растениеводства с использованием факторов интенсификации [3–9].

Приоритетными направлениями повышения технического уровня оросительных систем и использования наукоемких и ресурсосберегающих технологий в мелиоративной деятельности должны стать:

- рост водообеспеченности системы (путем создания водохранилищ суточного и декадного регулирования стока и т. д.);
- внедрение водооборотных систем, обеспечивающих экономию водных ресурсов на 25–30 % при использовании сбросных и дренажных вод;
- применение совершенной энергосберегающей техники и ресурсосберегающих способов полива (дождевание, капельное, внутрпочвенное, автоматизированное поверхностное и др.);
- совершенствование конструкций ГТС, обеспечивающих КПД оросительных систем не ниже 0,9–0,95;
- использование эффективных противифльтрационных облицовок открытых каналов;
- применение металлопластиковых и полиэтиленовых водопроводов, снижающих металлоемкость и увеличивающих сроки службы труб;
- совершенствование конструкций и материалов закрытой водопроводящей сети;
- широкое внедрение водоучета, телеуправления и прочих процедур на водопроводящей сети;
- диспетчеризация и автоматизация водопользования путем применения компьютерных технологий в составе информационных систем управления;

- мониторинг водных объектов и ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса;
- автоматизированная поддержка решений службы эксплуатации;
- рост надежности и устойчивости ГТС;
- снижение риска затоплений (регулирование стока, увеличение пропускной способности русла, строительство защитных дамб и др.)
- разработка нового поколения машин и механизмов для мероприятий технической эксплуатации, выполнения культуртехнических работ и строительства дренажа;
- внедрение водоподготовки и водоочистки.

Расчеты показали, что обеспечение стабильности кормопроизводства и создание страховых запасов кормов в неблагоприятные для растениеводства периоды потребует выхода кормов с мелиорируемых земель в объеме не менее 36 % потребности в них. Такие показатели обеспечиваются повышением урожайности агроценозов после выполнения модернизации, реконструкции и строительства новых мелиоративных объектов мощностью не менее 10,3 млн га.

Модернизация, которая предусматривает оборудование гидромелиоративных систем с использованием новейших разработок должна выполняться под планируемую урожайность кормовых культур в среднем по Российской Федерации не менее, чем на 5 т к. е./га на орошаемых и 3,5 т к. е./га на осушенных землях [8].

Реконструкция мелиоративных систем, предполагающая изменение конструктивных решений с учетом достижений научно-технического прогресса, необходима на 4,3 млн га агроценозов при проектной продуктивности кормовых культур, достигающей в среднем по стране 7 т к. е./га при орошении и 5 т к. е./га. при осушении [8].

Площадь нового строительства, включающего внедрение наукоемких и инновационных технологий в проектирование, создание и использование мелиоративных систем, составит около 1,2 млн га, при средней урожайности 9 т к. е./га на орошении и 7 т к. е./га на осушении [8].

Указанные мероприятия по трансформации мелиоративного фонда создают условия для повышения водообеспеченности и обводнения сельскохозяйственных угодий на площади до 5 млн га с целью удовлетворения потребностей в орошении, питьевой воде и техническом водоснабжении, соответственно, кормопроизводства, животноводства и населения в засушливой зоне страны. Для обеспечения питьевого водоснабжения потребуется создание сельскохозяйственных водопроводов протяженностью свыше 1,16 тыс. км.

Успешная реализация предлагаемых мероприятий во многом зависит от полноты и достоверности знания оценок наличия и технического состояния инженерных гидромелиоративных систем и эколого-мелиоративного состояния обслуживаемых ими земель, сложившихся в текущий момент и прогнозируемых на дальнейшее [10–12]. Это требует проведения инвентаризации существующих мелиоративных систем и мелиорируемых земель на основе инструментальных замеров, что должно ликвидировать разночтения в отчетных документах организаций различной ведомственной принадлежности, составляемых в основном по данным имеющейся отчетности за предыдущий период без должной оценки произошедших изменений.

Последующий мониторинг мелиорируемых земель и гидромелиоративных систем необходимо осуществлять согласно результатам инвентаризации мелиоративного фонда, с обработкой полученных данных на единой картографической основе, базирующейся на ГИС-технологиях.

При проектировании мелиоративных мероприятий, строительстве и эксплуатации ГТС следует предусматривать оборудование сооружений средствами измерения параметров водного потока, соответствующих требованиям коммерческого или технического учета, оснащение службы ведения мониторинга приборами, оборудованием и

материалами для выполнения предписанного контроля качества почвенного покрова и водных ресурсов.

В составе мелиоративных инвестиционных проектов необходимо создание инфраструктуры (дороги, лесополосы, хозяйственные постройки и пр.).

Технические решения по совершенствованию мелиоративного фонда должны способствовать внедрению адаптивно-ландшафтного земледелия и совершенных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в составе орошаемых и осушенных агроценозов.

Составной частью процедур создания и внедрения инновационных инженерно-мелиоративных технологий и технических средств для сельскохозяйственного производства являются севообороты, включающие рентабельные культуры, обладающие высоким качеством продукции растениеводства и культуры, улучшающие плодородие почв.

Для кормопроизводства потребуется разработка и внедрение специализированных высокобелковых севооборотов, обеспечивающих выращивание кормовых культур с оптимальным энерго-протеиновым соотношением и максимальной продуктивностью орошаемого гектара, соответствующей природно-ресурсному потенциалу агроландшафта при соблюдении экологических ограничений на антропогенную деятельность [13]. Ведущими культурами в таких кормовых севооборотах могут стать люцерна, сорго и соя.

Бесперебойное снабжение животных сбалансированными кормами потребует разработки и внедрения инновационного технологического процесса возделывания орошаемых кормовых культур в многокомпонентной травосмеси. Отличительная особенность последней – многоцелевое использование на зеленый корм, сенаж и силос и возможность сбалансированного по элементам питания кормопроизводства в каждом укосе [14].

Существующая тенденция к сокращению объема бюджетного финансирования мероприятий по эксплуатации мелиоративных систем требует рассмотрения в рамках мероприятий по созданию производства кормов вопросов совершенствования способов и источников финансирования водно-мелиоративной деятельности и эксплуатации мелиоративных объектов. Это вызвано специфическими особенностями управления объектами в условиях административно-территориальных границ и неделимостью технологических фондов.

Предлагается сохранение, по возможности, государственной собственности с финансированием эксплуатационных работ из федерального и регионального бюджетов на межхозяйственную сеть, эффективное функционирование которой обеспечивается в условиях коллективного использования. Вместе с тем рассмотрены мероприятия, направленные на совершенствование эксплуатации существующей внутрихозяйственной сети и хозяйственных систем, строительство которых, как правило, осуществлялось тоже за счет средств госбюджета, а также реконструируемых и вновь строящихся объектов.

Решение вопросов сервисного обслуживания внутрихозяйственных объектов мелиоративных систем возможно созданием специализированных предприятий по эксплуатации техники полива с ориентировочным перечнем следующих функций: лизинг и страхование дождевальных агрегатов, насосно-силового оснащения, средств связи и телемеханики; аренда, поставка, хранение, сборка и демонтаж, ремонт и наладка дождевальных машин и оборудования; техническая эксплуатация внутрихозяйственной сети.

Предлагаемый масштаб модернизации и трансформации объектов мелиоративного фонда определил необходимость совершенствования комплекса проектных работ и укрепления материально-технической базы проектных институтов области мелиорации, в первую очередь, внедрением инноваций в изыскания.

Повышение производства кормов на мелиорируемых землях потребует также формирования государственной инвестиционной политики промышленного производства с ориентацией на проблемы мелиорации в части выпуска специализированной техники и оборудования, труб, железобетонных конструкций, изделий из полимерных материалов и прочей продукции [15].

Организация эффективного информационного обеспечения мелиоративной деятельности вызывает потребность в широкой разработке информационных технологий и систем помощи в решениях по совершенствованию сельхозпроизводства на мелиорируемых землях, а также в тестировании, опытной эксплуатации и внедрении в практику мелиоративной деятельности этих технологий и систем [16–25].

Становление должного уровня научно-методической подготовки кадров в области мелиорации определяет возрождение практики подготовки специалистов среднего звена и функционирования научно-образовательных центров повышения квалификации специалистов. Для повышения уровня квалификации сельхозтоваропроизводителей и увеличения эффективности земледелия и кормопроизводства на мелиорируемых землях предлагается создание консультационных пунктов.

Гарантом действенной реализации предложенных мероприятий инновационного управления кормопроизводством на мелиорируемых землях должны стать законодательные меры нормативно-правового регулирования заинтересованности сельскохозяйственных товаропроизводителей в комплексных мелиорациях и действенном использовании мелиорированных угодий, что обусловит разработку соответствующих предложений Правительству Российской Федерации.

Выводы.

Таким образом, экономически эффективное производство кормов на мелиорируемых землях напрямую связано с разработкой, внедрением и использованием инновационных технологий модернизации и трансформации мелиоративного водохозяйственного комплекса и использованием интенсивных агротехнологий в практике выращивания кормовых культур с оптимальным энерго-протеиновым соотношением при урожайности орошаемого гектара не ниже 50 ц к. е./га и осушенных земель не менее 35 ц к. е./га.

Список использованных источников

1 Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы»: постановление Правительства РФ от 12 октября 2013 г. № 922: по состоянию на 15 января 2015 г. // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

2 О внесении изменений в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы: постановление Правительства РФ от 19 декабря 2014 г. № 1421: по состоянию на 15 марта 2017 г. // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

3 Гулюк, Г. Г. Целевые программы как важнейший элемент управления мелиоративными мероприятиями / Г. Г. Гулюк // Мелиорация и водное хозяйство. – 2001. – № 1. – С. 5–15.

4 Демин, А. П. Проблемы использования и охраны водных ресурсов в бассейне Терека (1970–2004) / А. П. Демин // Использование и охрана природных ресурсов. – М.: НИИ «Природные ресурсы», 2006. – № 4. – С. 54–62.

5 Суханов, Г. Н. Методический подход к оптимизации стратегии развития комплексных мелиораций на региональном уровне / Г. Н. Суханов, Ю. П. Добрачев // Научные технологии в мелиорации: материалы междунар. науч. конф. (Костяковские чтения) / ГНУ «ВНИИГиМ» Россельхозакадемии. – М., 2005. – С. 61–66.

6 Ермоленко, В. П. Орошаемое земледелие Юга России / В. П. Ермоленко, П. Д. Шевченко, А. Н. Маслов. – Ростов н/Д., 2002. – 447 с.

7 Концепция мелиораций сельскохозяйственных земель в России / Г. Романенко, Г. И. Иванов, И. П. Кружилин, И. П. Свинцов [и др.]; под общ. ред. А. В. Гордеева, Г. А. Романенко – М.: МГУП, 2005. – 70 с.

8 Об утверждении Концепции федеральной целевой программы «Развитие мелио-

рации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы»: распоряжение Правительства РФ от 22.01.2013 № 37-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rulaws.ru/goverment/Rasporyazhenie-Pravitelstva-RF-ot-22.01.2013-N-37-r/>, 2017.

9 Кошолкина, Л. А. Государственная программа – эффективный механизм реализации новой аграрной политики [Электронный ресурс] / Л. А. Кошолкина. – Режим доступа: http://doska.agroangar.ru/n18-gosudarstvennaya_programma_effektivnyy_mehанизм_realizacii_novoy_agrarnoy_politiki.html, 2017.

10 Аграрное природопользование / В. М. Зеляковская, П. В. Швагерус, Т. А. Забазнова [и др.]. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2005. – 80 с.

11 Юрченко, И. Ф. О критериях и методах контроля безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 53. – С. 158–165.

12 Носов, А. К. Выявление потенциально опасных ГТС сферы мелиораций / А. К. Носов, И. Ф. Юрченко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – Вып. 51. – С. 101–110.

13 Потапов, А. Д. Экономика производства кормов при орошении / А. Д. Потапов. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 207 с.

14 Рекомендации по возделыванию сои на семена на орошаемых землях Саратовского Заволжья / В. А. Нагорный, В. А. Шадских, П. Е. Губанов, Ю. И. Панченко. – Саратов, 2009. – 15 с.

15 Ольгаренко, Г. В. Перспективы использования серийной и новой поливной техники в АПК России / Г. В. Ольгаренко, С. М. Давшан, С. С. Савушкин. – Коломна, 2008. – 87 с.

16 Ларичев, О. И. Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений / О. И. Ларичев, Е. М. Мошкович. – М.: Наука, Физматлит, 1996. – 208 с.

17 Информационные технологии, информационные измерительные системы и приборы в исследованиях сельскохозяйственных процессов: материалы междунар. конф. «Агроинфо-2003». – Новосибирск, 2003. – 176 с.

18 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.

19 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.

20 Юрченко, И. Ф. Водосберегающая технология планирования технической эксплуатации мелиоративных систем / И. Ф. Юрченко // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2016. – № 5. – С. 53–66.

21 Юрченко, И. Ф. Наукоемкие информационные технологии в мелиоративной деятельности / И. Ф. Юрченко // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2005. – № 3. – С. 9–13.

22 Юрченко, И. Ф. Эксплуатационный мониторинг мелиоративных систем для поддержки управленческих решений / И. Ф. Юрченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 4. – С. 48–52.

23 Юрченко, И. Ф. Совершенствование оперативного управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 53. – С. 166–170.

24 Повышение ответственности сельхозтоваропроизводителей за воспроизводство почвенного плодородия мелиорируемых земель / Г. Т. Балакай, И. Ф. Юрченко,

Е. А. Лентяева, Г. Х. Ялалова // Агрохимический вестник. – 2015. – Т. 2. – № 2. – С. 29–33.

25 Юрченко, И. Ф. Планово-предупредительные мероприятия повышения надежности мелиоративных объектов / И. Ф. Юрченко // Природообустройство. – 2017. – № 1. – С. 73–79.

УДК 631.51.021

А. У. Атажанов, Г. Л. Фырлина

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ПОЛЯ, ОРОШАЕМОГО ПО БОРОЗДАМ

Оптимальное использование земельных и водных ресурсов, совершенствование и разработка новой технологии, обеспечивающей экономию оросительной воды, являются важнейшими требованиями сегодняшнего дня. Эффективность орошаемого поля может быть достигнута в результате качественной планировки орошаемых земель, в целом, и точной планировки каждого поливного участка, в частности. Существующие технологии не дают требуемых результатов. Настоящая статья посвящена вопросам технологии подготовки площадей, орошаемых по бороздам.

Ключевые слова: технология проведения работ, подготовка поля, полив по бороздам, планировка, длиннобазовый планировщик.

A. U. Atazhanov, G. L. Fyrlina

Tashkent Institute of Irrigation and Melioration, Tashkent, Republic of Uzbekistan

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PREPARATION OF FIELD IRRIGATED BY FURROWS

Optimal use of land and water resources, improvement and development of a new technology that provides irrigation water saving are the most important current requirements. The effectiveness of the irrigated field can be achieved in a result of qualitative planning of irrigated lands, in general, and the exact planning of each irrigated area, in particular. Existing technologies do not give the required results. This article is devoted to the technology of preparing areas irrigated by furrows.

Keywords: technology of field preparation works, furrow irrigation, planning, long-term planner.

Необходимость повышения эффективности орошаемого поля объясняется условиями дефицита водных ресурсов в аридной зоне Республики Узбекистан. Перед работниками водного и сельского хозяйства встала ответственная задача бережного и рационального использования водных ресурсов [1]. Однако состояние существующей оросительной системы не отвечает современным требованиям и нуждается в переустройстве и проведении значительных работ, в частности, по планировке поливных земель. В последнее время, для улучшения качества планировки полей, делается основная ставка на уменьшение допустимого отклонения спланированной поверхности поля до ± 2 см против принятого ранее нормативного ± 5 см. Такая точность планировки поверхности поля, возможно, и готова оправдать себя лишь при поливе сельскохозяйственных культур напуском воды по полосам, когда вода подается по спланированной поверхности. Однако, при поливе по бороздам, как показывают наши исследования, нет необходимости производить планировку всей поверхности с указанной точностью. В этом случае успех полива во многом зависит от параметров борозды и, в первую очередь, от соблюдения равномерного уклона ее дна. Планировка орошаемых земель относится к числу важных агро-

технических операций. На хорошо спланированных полях обеспечивается равномерное распределение влаги, способствующее значительному повышению урожайности всех культур, отсутствию локальных скоплений воды, практически исключается заболачивание, пятнистое и повторное засоление почвы. Однако состояние существующей оросительной системы не отвечает современным требованиям и нуждается в переустройстве и проведении значительных работ, в частности, по планировке поливных земель.

Имеющийся опыт поверхностного полива по бороздам показывает, что, даже при довольно точной планировке поверхности поля (± 5 см), увлажнение по длине борозд при нормативном расходе оросительной воды получается очень разным как по величине, так и по времени.

Такое положение возникает, главным образом, из-за несоответствия продольного профиля дна борозды продольному профилю спланированной поверхности поля, т. е. продольный профиль дна нарезаемой борозды, как правило, копирует профиль спланированной поверхности поля.

В результате этого ряд преимуществ, связанных с высокоточной планировкой поверхности поливного участка, не реализуется, например такие, как равномерность увлажнения почвы в пределах данного участка, экономия оросительной воды при поливе, сокращение продолжительности полива. С другой стороны, планировка полей с указанным отклонением ± 2 см связана с большими трудовыми и энергетическими затратами, требующими немалого времени. Кроме того, уменьшение допустимого отклонения до ± 2 см, по сравнению с нормативным допуском ± 5 см, увеличивает объем земляных работ при планировке до 300 м^3 на каждый гектар [2].

Опираясь на вышеизложенное, можно сделать вывод, что при поливе по бороздам нет необходимости уменьшать допустимое отклонение на всю поверхность орошаемого поля, а жесткие требования надо ставить на продольный профиль дна борозды доведением допуска до ± 2 см за счет повышения уровня автоматизации машин для нарезки борозд.

Разработанная технология для создания устойчивого профиля спланированной поверхности орошаемого поля и равномерное увлажнение почвы при орошении по бороздам состоит из следующих операций:

- подготовительные работы;
- геодезические разбивочные работы;
- рыхление грунта до проектной глубины, т. е. до «нулевой» отметки;
- планировочные работы (грубое выравнивание);
- послойное уплотнение насыпаемого грунта в понижениях с увлажнением его до оптимальной влажности;
- окончательная планировка поверхности поля;
- контроль качества планировки;
- нарезка борозд по заданному уклону и уплотнение их ложа.

На участках, подлежащих планировке, при необходимости, согласно технологии выполняются определенные подготовительные работы, связанные с очисткой площади, а также ликвидируются отдельные элементы, явно выраженные впадины и т. д.

Производству планировочных работ должны предшествовать геодезические разбивочные работы.

Рыхление грунта до проектной «нулевой» отметки выполняется навесными рыхлителями с целью облегчения работы землеройно-транспортных машин при срезке грунта. При планировке поливных участков основной объем земляных работ выполняется скреперными агрегатами, которые производят срезку грунта с мест возвышений, перемещение и отсыпку его в места впадин.

При выполнении планировки необходимо предусмотреть уплотнение подсыпного грунта. Для качественного уплотнения надо увлажнять грунт до оптимальной влажности. Грунт в подсыпках должен быть уплотнен до состояния материкового грунта. Выполне-

ние этих операций требует, чтобы укладка грунта скрепером производилась послойно.

После окончания скреперных работ на участке производится окончательная планировка поверхности поля длиннобазовым планировщиком. После обработки участков длиннобазовым планировщиком, где планировочные работы были выполнены на каждом поливном участке по тем же точкам сетки 20×20 м, что и осуществленный ранее вынос проекта планировки в натуру, выполняется контрольная нивелирная съемка [3].

Заключительным этапом данной технологии является нарезка борозд по заданному уклону и уплотнение их ложа.

В настоящее время после обработки почвы (вспашка, глубокое рыхление, лущение, дискование, фрезерование, боронование, прикатывание) нарезают борозды относительно подготовленной поверхности поля. При этом продольный профиль дна борозды и его уклон не получаются, как правило, такими, как этого требует гидравлика, для беспрепятственного и равномерного течения оросительной воды. Подобное положение происходит на практике и подтверждается нашими исследованиями, которые показывают, что, даже при высокой точности спланированной поверхности орошаемого поля, продольный профиль дна нарезаемых борозд обычно отличается значительными отклонениями. Все это требует больших затрат труда как при планировке, так и при поливах, и не обеспечивает равномерности увлажнения почвогрунта как по толщине корнеобитаемого слоя, так и по длине борозды. В начале борозд, откуда подается вода, увлажнение по глубине получается максимальное, а в конце – минимальное. В какой-то мере, выровнять увлажнение почвы возможно по максимальному значению, но достигается это благодаря значительному увеличению непроизводительных затрат оросительной воды и времени полива.

С целью устранения этих недостатков нами разработана технология и необходимые средства для ее оснащения, позволяющие при более грубой планировке всей поверхности поля обеспечить точный продольный профиль борозды с изменяющейся плотностью грунта в ложе по ее длине. Эта технология позволяет обеспечить получение высокой точности продольного профиля борозды, что является обязательным фактором для нормального распределения оросительной воды по ее длине, не требует высокой точности планировки поверхности поля. Последнее позволяет расширять пределы допустимых отклонений поверхности поля при планировке, благодаря чему обеспечить практически несложное получение ровной поверхности поля, а также сократить объемы работ и удельную стоимость их выполнения. Путем достижения изменяющейся плотности грунта в ложе по длине борозды обеспечивается равномерное увлажнение корнеобитаемого слоя почвогрунта при сокращенной норме полива.

Отмечая такую закономерность, мы выдвигаем гипотезу по ликвидации неравномерности увлажнения путем создания в ложе борозды неравномерного уплотнения грунта по ее длине, с плавным изменением плотности грунта от максимального значения в начале к минимальному – в конце. Для получения неравномерного уплотнения разработана технология, состав и последовательность выполнения операций которой заключаются в том, что после выполнения планировки поверхности поля с относительно невысокой точностью устраиваются борозды с проектным уклоном и уплотненным ложем. Эта работа выполняется машиной с комбинированным рабочим органом, который состоит из двух отдельных рабочих элементов: бороздоделателя и уплотнителя. Оба элемента рабочего органа подвижно смонтированы на основной раме. Бороздоделатель нарезает борозды, начиная от минимально необходимой – расчетной глубины в их начале, с равномерным увеличением ее до проектной – в конце борозд. Во время нарезки борозд уплотнитель находится в нерабочем положении. На обратном пути бороздоделатель поднимается и включается действие уплотнителя, работа которого начинается с нулевого значения в конце борозды и равномерно увеличивается до проектной глубины борозды в их начале. Движение вспомогательных рам приводится гидрочи-

линдрами, управление которыми производится электрогидравлическим распределителем с помощью систем для автоматического управления высотного положения рабочих элементов (рисунок 1).

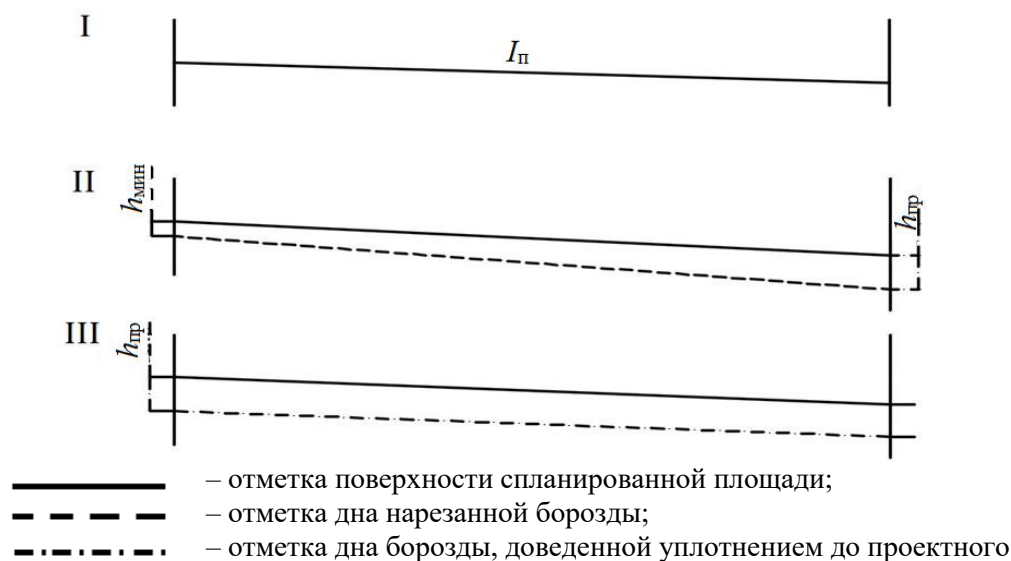


Рисунок 1 – Схема способа образования борозды с переменной плотностью ее ложа

Сформированное таким образом ложе борозды при подаче в нее воды способствует получению переменной скорости фильтрации с увеличением ее к концу, где плотность грунта меньше в сравнении с плотностью в начале борозд. Благодаря этому, в зоне влияния борозды происходит равномерная фильтрация, что способствует равномерному поглощению воды по всей длине борозд, а следовательно, и равномерному увлажнению корнеобитаемого слоя.

В результате применения данной технологии, с использованием системы автоматического управления рабочими органами машин, при выполнении основных операций (рыхление грунта, планировка поверхности поливного участка, нарезка борозд и уплотнение их ложа) достигается качественная выравненность орошаемого поля, а уплотнение грунта в подсыпках обеспечивает устойчивый профиль поливного участка, равномерное его увлажнение и минимальный расход оросительной воды, что дает возможность вводить спланированный участок в эксплуатацию в первые годы освоения или реконструкции орошаемых площадей.

Список использованных источников

1 О мерах по коренному совершенствованию системы мелиоративного улучшения земель: Указ Президента Республики Узбекистан от 29 октября 2007 г. № УП-3932 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://base.spininform.ru/show_doc.fwx?rgn=19693, 2017.

2 ШНК 4.02.01-04. Сборники элементных ресурсных сметных норм на строительные работы. Сборник 1. Земляные работы [Электронный ресурс]: утв. Приказом Госархитектстроя РУз от 15.11.04. № 72; взамен КМК 4.02.01-96. – Ташкент: Госкомитет РУз по архитектуре и строительству, 2005. – С. 35–43. – Режим доступа: http://davarx.uz/downloads/4/2/SNK_4_02_01_04.rar.

3 Муратов, А. Р. Комплексная механизация ирригационных и мелиоративных работ: учеб. пособие / А. Р. Муратов, Г. Л. Фырлина. – Ташкент: ТИИМ, 2008. – С. 51–73.

УДК 681.3.06

И. В. Клишин

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

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ БАЗ ДАННЫХ ПО ВЕДЕНИЮ ГОСУДАРСТВЕННОГО
ВОДНОГО РЕЕСТРА И МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ,
ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ЦЕЛЯХ МЕЛИОРАЦИИ**

Статья посвящена решению задачи аналитической обработки и получению различной выборочной и обобщенной информации по базам данных государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации. Автором представлены описания и возможности специально разработанных компьютерных программ ДИСПЕТЧЕР_МВО и ДИСПЕТЧЕР_ГВР, позволяющих проводить информационно-аналитическую обработку рассматриваемых баз данных. Для создания программы были использованы средства VBA (Visual Basic for Applications), встроенные в линейку продуктов Microsoft Office.

Ключевые слова: база данных, мониторинг водных объектов, государственный водный реестр, гидротехнические сооружения, мелиоративные объекты, информационный анализ, программа аналитической обработки, управление базами данных.

I. V. Klishin

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

**COMPUTER PROGRAM FOR ANALYTICAL PROCESSING
OF DATABASES FOR STATE WATER REGISTRY MAINTAINING AND
MONITORING OF WATER BODIES USED FOR RECLAMATION**

The article is devoted to the problem of analytical processing and obtaining different selective and generalized information on databases of the given state water registry and monitoring of water bodies used for reclamation. The author presents description and opportunities of specially developed computer programs DISPATCHER_MVO and DISPATCHER_GBR, allowing to carry out computing and analytic processing of the considered databases. To create the program the VBA tools (Visual Basic for Applications) built into the Microsoft Office line of products were used.

Keywords: database, water bodies monitoring, state water registry, waterworks, reclamation objects, information analysis, analysis processing program, database management.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации ежегодно должно представлять в Федеральное агентство водных ресурсов сведения о результатах наблюдений за водными объектами, находящимися в ведении Минсельхоза России, и данные о государственных мелиоративных системах и отдельно расположенных гидротехнических сооружениях (ГТС) на водных объектах для внесения их в государственный водный реестр (ГВР). Выполнение данной задачи было поручено ФГБНУ «РосНИИПМ». Для сбора, проверки целостности и адекватности предоставляемых данных, а также для возможности получения различной выборочной и обобщенной информации по собираемым данным нами были разработаны системы баз данных по ведению государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации.

Для хранения информационных таблиц обеих баз данных используются книги Excel с поддержкой макросов. Выбор в качестве базового программного обеспечения

приложения Microsoft Excel, входящего в состав пакета Microsoft Office, был обусловлен его наличием во всех организациях, осуществляющих наблюдения за водными объектами и формирующих актуальную информацию для ведения мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации. Вид таблиц четко регламентирован приказом министерства.

Для обеих баз данных была отобрана однотипная структура, определяющая местоположение и наименования файлов таблиц базы. Вся база данных мониторинга водных объектов располагается в каталоге с наименованием «МВО», а база данных государственного водного реестра – в каталоге с наименованием «ГВР». В этих подкаталогах находятся и специально разработанные компьютерные программы-диспетчеры: ДИСПЕТЧЕР_МВО и ДИСПЕТЧЕР_ГВР. Программы-диспетчеры позволяют проводить информационно-аналитическую обработку соответствующих баз данных. Далее базы разбиваются по подкаталогам с наименованиями, соответствующими годам предоставления данных. Подкаталоги с наименованиями годов, в свою очередь, содержат подкаталоги с наименованиями таблиц предоставления информации. Каждый подкаталог года включает весь перечень таблиц. В базе данных мониторинга водных объектов подкаталоги таблиц имеют следующие наименования: «Форма 5.1», «Форма 5.2», «Форма 5.3», «Форма 6.1», «Форма 6.2», «Форма 6.3». А в базе данных государственного водного реестра подкаталоги таблиц соответственно именуются: «Таблица 1.1», «Таблица 1.2», «Таблица 2», «Таблица 3». Все эти файлы таблиц имеют расширение «xls» и являются книгами Excel с поддержкой макросов.

Наименования этих файлов таблиц строго определены и имеют наименования, формирующиеся по определенному правилу. Имя файла получается последовательным соединением четырех частей.

Вначале ставится порядковый номер расположения файла в общем списке таким образом, чтобы названия организации следовали в алфавитном порядке. Затем через символ «_» пристыковывается наименование, соответствующее конкретной эксплуатирующей организации. Весь перечень этих наименований содержится в файле диспетчера соответствующей базы на закладке «Списки» в позициях С2–С80. Затем для базы данных государственного водного реестра через два символа «_» следуют символы «ГВР», информирующие о том, что это файл базы государственного водного реестра. В конце через символ «_» присоединяется информация о таблице отчетности в виде буквы «Т» и номера конкретной таблицы.

Например, файл с данными государственного водного реестра за 2016 г. по таблице «1.1 Государственные гидромелиоративные (водохозяйственные) системы» от ФГБУ «Управление «Адыгемелиоводхоз» располагается по адресу: «ГВР\2016\Таблица 1.1» и имеет наименование: «01_ФГБУ_Управление_Адыгемелиоводхоз_ГВР_Т1.1.xls».

В случае базы данных мониторинга водных объектов, через два символа «_» следуют символы «МВО», информирующие о том, что это файл базы мониторинга водных объектов. В конце через символ «_» присоединяется информация о форме отчетности в виде буквы «Ф» и номера конкретной формы.

Например, файл с данными мониторинга водных объектов за 2016 г. по форме «5.1 Сведения об эксплуатируемых водохозяйственных системах» от ФГБУ «Управление «Адыгемелиоводхоз» располагается по адресу: «МВО\2016\Форма 5.1» и имеет наименование: «01_ФГБУ_Управление_Адыгемелиоводхоз_МВО_Ф5.1.xls».

Структура таблиц баз данных соответствует структуре отчетных таблиц и форм.

Ниже представлена информация по тому, какие данные содержатся в базе данных мониторинга водных объектов.

В форме 5.1 «Сведения об эксплуатационных водохозяйственных системах» представляются следующие данные: «№ п/п» (фактический номер по порядку представления данных); «Код ВХС» (код водохозяйственной системы в ведомственной си-

стеме кодирования); «Наименование водохозяйственной системы (ВХС)»; «Тип ВХС»; «Ближайший населенный пункт»; «Код ОКАТО»; «Дата ввода в эксплуатацию»; «Реквизиты акта приемки»; «Наименование» (наименование собственника ВХС); «Юридический адрес» (юридический адрес собственника ВХС); «ИНН/ОГРН» (сведения о государственной регистрации собственника ВХС); «№» (номер распоряжения государственного органа, устанавливающего право оперативного управления ВХС); «орган» (реквизиты органа, устанавливающего право собственности на ВХС); «дата выдачи» (дата выдачи документа, устанавливающего право оперативного управления ВХС); «Наименование» (наименование эксплуатирующей организации); «Юридический адрес» (юридический адрес эксплуатирующей организации); «ИНН/ОГРН» (сведения о государственной регистрации эксплуатирующей организации); «ОКАТО» (код ОКАТО эксплуатирующей организации); «Ближайший населенный пункт» (ближайший населенный пункт к ГТС); «Кадастровый номер земельного участка»; «Наименование ГТС»; «Код ГТС (код гидротехнического сооружения)»; «Тип ГТС»; «Назначение ГТС»; «Класс ГТС»; «Дата ввода» (дата ввода гидротехнического сооружения в эксплуатацию); «Характеристика уровня безопасности»; «Оценка технического состояния»; «Основные технические характеристики»; «Код водохозяйственного участка»; «Наименование водного объекта»; «Характерные параметры».

В форме 5.2 «Сведения о состоянии эксплуатируемых водохозяйственных систем» представляются следующие данные: «№ п/п» (фактический номер по порядку представления данных); «Код ВХС» (код водохозяйственной системы в ведомственной системе кодирования); «Наименование водохозяйственной системы (ВХС)»; «Код водохозяйственного участка»; «Наименование водного объекта»; «Особенности режима отчетного периода»; «Наименование ГТС»; «Код ГТС»; «Данные мониторинга технического состояния эксплуатирующей организацией»; «Дата последнего обследования ГТС органом надзора»; «Реквизиты акта»; «Общий вывод о техническом состоянии ГТС».

В форме 5.3 «Сведения о состоянии эксплуатируемых гидротехнических сооружений» представляются следующие данные: «Наименование ГТС»; «Код ГТС»; «Код водохозяйственного участка»; «Местоположение (координаты) ГТС»; «Наименование водного объекта»; «Класс ГТС»; «Наличие декларации безопасности ГТС, реквизиты, срок действия»; «Оценка уровня безопасности ГТС»; «Дата последнего обследования ГТС органом надзора»; «Реквизиты акта» (номер акта и дата обследования); «Общий вывод о техническом состоянии ГТС».

В форме 6.1 «Данные наблюдений за водными объектами (их морфометрическими особенностями)» представляются следующие данные: «Наименование водного объекта»; «Код водного объекта»; «Номер створа, "0" графика»; «Координаты створа»; «Дата наблюдений»; «Максимальная глубина, м» (максимальная глубина водотока); «Минимальная глубина, м» (минимальная глубина водотока); «Средняя глубина, м» (средняя глубина водотока); «Уровень над "0" графика, м» (уровень над "0" графика водотока); «Скорость течения, м/с» (скорость течения водотока); «Расход воды, м³/с» (расход воды водотока); «Площадь акватории, м²» (площадь акватории водоема); «Объем, тыс. м³» (объем водоема); «Максимальная глубина, м» (максимальная глубина водоема); «Средняя глубина, м» (средняя глубина водоема); «Уровень над "0" графика, м» (уровень над "0" графика водоема); «Особые отметки».

В форме 6.2 «Сведения о состоянии водоохраных зон водных объектов» представляются следующие данные: «Наименование водного объекта, параметры водоохранной зоны»; «Код водного объекта»; «Местоположение участка, пункта проведения наблюдений (координаты)»; «Виды наблюдений»; «Дата проведения наблюдений»; «Густота эрозионной сети, l , км/км² (м/м²)»; «Изменение эрозионной сети, Δl , км/(м)»; « S_1 , км²(м²), S_1/S , %»; «Изменение площади, ΔS_1 , км²(м²), % (причины)»; « S_2 , км²(м²), S_2/S , %»; «Изменение площади, ΔS_2 , км²(м²), % (причины)»; « S_3 , км²(м²), S_3/S , %»; «Изменение площади, ΔS_3 , км²(м²), % (причины)».

В форме 6.3 «Сведения о режиме использования водоохранных зон водных объектов» представляются следующие данные: «Наименование водного объекта»; «Код водного объекта»; «Местоположение участка, объекта проведения проверки» (координаты); «Наименование и реквизиты хозяйствующего объекта»; «Вид хозяйственной или иной деятельности»; «Даты проведения проверки, основания»; «Заключение органов надзора по результатам проверки»; «Реквизиты и содержание выданных предписаний»; «Информация о выполнении предписаний, выданных при предыдущей проверке»; «Особые отметки».

Далее представлена информация по тому, какие данные содержатся в базе данных государственного водного реестра.

В таблице 1.1 «Государственные гидромелиоративные (водохозяйственные) системы» представляются следующие данные: «№ п/п» (фактический номер по порядку представления данных); «Код ГМС»; «Наименование гидромелиоративной системы (ГМС)»; «Тип ГМС»; «Ближайший населенный пункт»; «Код ОКАТО»; «Дата ввода ГМС в эксплуатацию»; «Площадь ГМС (проектная или фактическая), тыс. га» (орошения); «Площадь ГМС (проектная или фактическая), тыс. га» (осушения); «Годовой объем, тыс. м³» (забор воды); «Годовой объем, тыс. м³» (сброса); «Наименование» (собственника ГМС); «Юридический адрес» (собственника ГМС); «ИНН/ОГРН» (сведения о государственной регистрации собственника); «№» (номер акта, устанавливающего право собственности на ГМС); «Орган» (реквизиты органа, устанавливающего право собственности на ГМС); «Дата выдачи» (дата выдачи акта, устанавливающего право собственности на ГМС); «Наименование» (эксплуатирующей организации); «Юридический адрес» (эксплуатирующей организации); «ИНН/ОГРН» (сведения о государственной регистрации эксплуатирующей организации); «ОКАТО» (код ОКАТО эксплуатирующей организации).

В таблице 1.2 «Состав государственных гидромелиоративных (водохозяйственных) систем» представляются следующие данные: «№ п/п» (фактический номер по порядку представления данных); «Код ГМС»; «Ближайший населенный пункт»; «Кадастровый номер земельного участка под ГТС»; «Наименование ГТС»; «Код ГТС»; «Тип ГТС»; «Назначение ГТС»; «Класс ГТС»; «Дата ввода»; «Характеристика уровня безопасности»; «Оценка технического состояния»; «Основные технические характеристики»; «Наименование водного объекта» (водоисточник); «Код водохозяйственного участка» (водоисточник); «Наименование водного объекта» (водоприемник); «Код водохозяйственного участка» (водоприемник).

В таблице 2 «Сведения о каналах государственных гидромелиоративных систем пропускной способностью свыше 1 м³/с» представляются следующие данные: «№ п/п» (фактический номер по порядку представления данных); «Код ГМС»; «Наименование ГМС»; «Код водохозяйственного участка» располагается в столбце «D»; «Наименование водного объекта водоисточника»; «Расстояние от устья реки до головы канала, км»; «Наименование канала ГМС»; «Длина канала, км»; «Пропускная способность (в голове канала), м³/с»; «Годовой объем водозабора в голове канала, млн м³»; «Оценка технического состояния канала».

В таблице 3 «Сведения об отдельно расположенных гидротехнических сооружениях на водных объектах, находящихся в государственной собственности» представляются следующие данные: «№ п/п» (фактический номер по порядку представления данных); «Код ГТС»; «Наименование ГТС»; «Ближайший населенный пункт»; «Код ОКАТО»; «Координаты опорных точек участка размещения ГТС» (градусы северной широты); «Координаты опорных точек участка размещения ГТС» (минуты северной широты); «Координаты опорных точек участка размещения ГТС» (секунды северной широты); «Координаты опорных точек участка размещения ГТС» (градусы восточной долготы); «Координаты опорных точек участка размещения ГТС» (минуты восточной

долготы); «Координаты опорных точек участка размещения ГТС» (секунды восточной долготы); «Наименование водного объекта»; «Код водохозяйственного участка»; «Наименование» (собственника ГТС); «Юридический адрес» (собственника ГТС); «ИНН/ОГРН» (сведения о государственной регистрации собственника); «№» (номер акта, устанавливающего право собственности на ГТС); «Орган» (реквизиты органа, устанавливающего право собственности на ГТС); «Дата выдачи» (акта, устанавливающего право собственности на ГТС); «Наименование» (балансодержателя ГТС); «Юридический адрес» (балансодержателя ГТС); «ИНН/ОГРН» (сведения о государственной регистрации балансодержателя ГТС); «Наименование» (эксплуатирующей организации); «Юридический адрес» (эксплуатирующей организации); «ИНН/ОГРН» (сведения о государственной регистрации эксплуатирующей организации); «Назначение ГТС»; «Класс ГТС»; «Дата выхода (завершение строительства)» (дата завершения строительства ГТС); «Характеристика уровня безопасности» (уровень безопасности ГТС); «Другие» (другие параметры, характеристики ГТС) «Кадастровый номер земельного участка под ГТС»; «№» (номер акта на земельный участок под ГТС); «Выдавший орган» (административный орган, выдавший акт на земельный участок под ГТС); «Дата выдачи» (акта на земельный участок под ГТС); «Наличие» (проектной документации на ГТС); «Место хранения» (проектной документации на ГТС); «Наличие» (наличие эксплуатационной документации на ГТС); «Место хранения» (место хранения эксплуатационной документации на ГТС).

С помощью специально разработанных программ-диспетчеров можно:

- осуществлять различные запросы и выборки по базе данных с подсчетом количества найденных данных, соответствующих запросам;
- осуществлять поиск уникальных значений в столбцах и подсчитывать их количество;
- осуществлять поиск значений данных столбцов по назначенным условиям;
- сравнивать данные одноименных таблиц за различные годы;
- суммировать численные данные по выбранному столбцу;
- осуществлять проверку корректности базы данных;
- осуществлять автоматическое исправление ошибок для выбранных столбцов по всей базе данных глобальной заменой по определенному фильтру;
- раскрашивать строки таблиц в различные цвета в зависимости от значений данных;
- подготавливать таблицы для отправления в эксплуатационные организации на заполнение (с формированием списков для выбора стандартизированных наименований);

Для использования этих возможностей необходимо открыть файл «ДИСПЕТЧЕР_МВО.xlsm» (или «ДИСПЕТЧЕР_ГВР.xlsm»). При его открытии автоматически появится окно программы-диспетчера базы данных (рисунок 1).

Окно диспетчера может быть закрыто в любой момент стандартным для среды «Windows» способом и снова открыто при помощи одновременного нажатия клавиш «Ctrl» и «m».

В позиции «Год» при помощи выпадающего списка с перечнем всех годов, данные по которым имеются в базе, выбирается нужный год. Далее все операции выполняются с данными по этому году. В позиции «Форма» («Таблица» в случае ГВР) при помощи выпадающего списка с перечнем всех форм базы выбирается нужная таблица. Далее все операции выполняются с данными из этой таблицы. В позиции «Организация» при помощи выпадающего списка с перечнем всех организаций, предоставляющих данные, выбирается нужная организация. Далее все операции выполняются с данными от этой организации. Первым в списке организаций стоит значение «Все организации». При выборе этого значения все операции проводятся по данным сразу всех организаций.

Рисунок 1 – Окно программы-диспетчера базы данных

Для получения списка всех уникальных значений по указанному столбцу выбранной таблицы базы данных необходимо в окошке напротив надписи «Искать уникальные значения в столбце» ввести значение номера нужного столбца и нажать расположенную напротив кнопку «Искать». В результате на листе «Уник. данные столбца» открытой книги Excel «ДИСПЕТЧЕР_МВО» (или «ДИСПЕТЧЕР_ГВР.xlsm») появится столбец с перечнем всех уникальных значений в выбранном столбце выбранной таблицы базы. При этом в ячейке первой строки столбца будет выведено название организации, по данным которой сделана выборка. В ячейке второй строки полученного столбца будет выведено значение общего количества строк в выбранной таблице. В ячейке третьей строки будет выведено количество уникальных значений по выбранному столбцу базы. Ниже, начиная с пятой строки, будут выведены все сами уникальные значения, полученные при поиске. В том случае, когда был произведен поиск сразу по всем организациям (в позиции «Организация» было выбрано значение «Все организации») на листе «Уник. данные столбца» будут выведены столбцы с найденными уникальными значениями сразу по всем организациям. Столбцы будут расположены без пропусков, в алфавитной очередности по названию организаций.

Поиск списка уникальных значений позволяет формировать достаточно информативные выборки для анализа имеющейся информации. Так, например, выборка по всем кодам ВХС в «Форме 5.1» даст информацию по количеству водохозяйственных систем и количеству содержащихся в них ГТС. Количество найденных уникальных строк будет соответствовать количеству ВХС, а количеству повторения уникальных значений будет соответствовать количеству ГТС в составе данной ВХС. Общему количеству строк таблицы будет соответствовать общее количество ГТС. Вся эта информация, сразу по всем организациям, будет выведена в одной закладке диспетчера.

Все операции в диспетчере могут быть проделаны, причем только со списком отдельных выбранных организаций. Список выбранных организаций расположен на листе «Списки» файла диспетчера.

Для сравнения данных любой таблицы по одному году с данными таблицы по другому году необходимо в соответствующих окошках, напротив надписи «Сравнить с данными за», ввести значения сравниваемых годов и нажать расположенную напротив кнопку «Сравнить». В результате в файле диспетчера будет создана страница «Сравнение по годам», в которую будут выведены все строки с несовпадающими дан-

ными по всем объектам базы для всех анализируемых организаций. Столбцы с несовпадениями будут выделены цветом. При этом все несовпадения будут подсчитаны.

Выбранные универсальные механизмы аналитической обработки позволяют быстро и достаточно гибко анализировать хранящуюся в представленных базах данных информацию, получая необходимые запрашиваемые и обобщенные сведения по объектам мониторинга и государственного водного реестра, а также находить и корректировать ошибки, возникающие при получении данных с подотчетных организаций.

УДК 631.6:635.646

А. Н. Бабичев, Д. В. Мартынов

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

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПОЛЕВУЮ ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ ПРИ СТРУЙНОМ ВНУТРИПОЧВЕННОМ ПОЛИВЕ

Целью исследований является изучение влияния концентрации питательных веществ в растворе, подаваемом при внутрипочвенном струйном поливе, на полевую всхожесть семян свеклы столовой. Для ведения струйного полива использовалась однорядная ручная сеялка, оборудованная водопроводящей системой струйного полива. Объем подачи воды к семенам регулировался скоростью передвижения сеялки и расходом воды, поступающей в трубопровод. Внутрипочвенный струйный полив производился такой нормой и таким способом, чтобы самый верхний слой почвы не увлажнялся и на поверхности не образовывалась почвенная корка, поэтому в каждом конкретном случае рассчитывали поливную норму и концентрацию питательных веществ в растворе. Высевались семена свеклы столовой, сорт Салатная. В соответствии со схемой опыта к семенам свеклы подавалась различная концентрация питательных веществ (в растворе от 1 до 10 %). Наблюдения показали, что 5 % концентрация питательных веществ в растворе является оптимальной для выращивания столовой свеклы, так как при этом значении концентрации были получены максимальные значения по всем рассматриваемым показателям: выживаемость, которая составила – 86 %; высота растения – 73,2 см; площадь листовой поверхности – 58,5 тыс. м²/га; масса корнеплодов – 66,8 т/га.

Ключевые слова: внутрипочвенный полив, режим орошения, урожайность, почва, питательное вещество, семена, устройство.

A. N. Babichev, D. V. Martynov

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

THE INFLUENCE OF NUTRIENTS CONCENTRATION ON RED BEET GERMINATION RATE WITH JET SUBSURFACE IRRIGATION

The aim of research is to study the influence of concentration of nutrients in the solution supplied with jet subsurface irrigation on red beet seed germination. A single-row hand seeder with a water-spraying system of jet irrigation was used in jet irrigation. Water delivery volume to the seeds was regulated by the speed of seeder's movement and water flow coming into the pipeline. Jet subsurface irrigation was carried out at such a rate and in such a way that the topsoil was not wetted and soil crust wasn't formed on the surface, so irrigation rate and nutrient content in solution was calculated in each case. Red beet seeds, "Lettuce" variety were sown. In accordance with the experience scheme various nutrient contents (in solution

1 to 10 %) were delivered. Observations showed that 5 % nutrient content in solution is optimal for red beet cultivation, as in this case the maximum values for all indicators were obtained: survival rate was 86 %; plant height – 73.2 cm; leaf area – 58.5 thousand square meter per ha; root mass – 66.8 tons per ha.

Keywords: subsurface irrigation, irrigation regime, yield, soil, nutrient, seeds, device.

Введение. Овощеводство является одной из основных отраслей сельского хозяйства Ростовской области, что объясняется почвенно-климатическими особенностями территории и традициями населения. Наиболее широко возделываются такие овощные культуры, как лук репчатый, томаты, капуста, морковь, столовая свекла, перец, баклажан, огурцы [1, 2].

Орошение способствует созданию более благоприятных условий увлажнения почвы и приземного слоя, а также условий роста и развития растений. Растения увеличивают массу корней, надземную часть и листовую поверхность, темпы усвоения фотосинтетической радиации (ФАР) и питательных веществ из почвы. Все это в конечном итоге способствует формированию более высокой урожайности растений, в два-три раза превышающей урожайность в богарных условиях [3]. Вместе с тем даже при наличии оросительной воды необходимость проведения предпосевных поливов приводит к задержке сроков посева до 10–15 суток, соответственно сокращается продолжительность вегетации сельскохозяйственных культур, сдвигаются сроки уборки, что особенно важно для овощных культур, выращиваемых для ранней реализации. В связи с этим актуальным становится разработка ресурсо- и энергосберегающих способов и режимов орошения, учитывая внесение жидких удобрений вместе с оросительной водой (фертигация), сельскохозяйственных культур в период посев – всходы.

Материалы и методы. Исследования проводились на полях ООО «Агропредприятие «Бессергеновское»» в Октябрьском районе Ростовской области, который согласно «Агроклиматическим ресурсам Ростовской области» относится к засушливому району (ГТК = 0,7) [4]. Территория опытного участка, в силу своего географического положения, обеспечена теплом для выращивания сельскохозяйственных культур, но лимитирующим фактором для успешного ведения сельскохозяйственного производства здесь является влага. Поэтому орошение на данных участках очень актуально. Согласно почвенной карте Ростовской области, опытный участок располагается в зоне распространения черноземов южных, луговых и лугово-аллювиальных почв.

Главными климатическими факторами, повлиявшими на рост и развитие растений, были тепло- и влагообеспеченность, которые в условиях места проведения опытов характеризуются следующими показателями. Сумма положительных температур колеблется от 3200 до 3400 °С. Безморозный период длится 165–175 дней. Переход температуры за отметку плюс 10 °С наступает в апреле. Наиболее жарким является август, среднемесячная температура его составляет плюс 25,7 °С. Самым холодным месяцем года является декабрь, средняя температура декабря минус 4,1 °С. За год выпало 739 мм осадков, около 18,5 % этих осадков приходится на вегетационный период. В течение года осадки выпадают неравномерно и носят ливневый характер. Малое количество осадков в сочетании с высокими температурами определяет сухость воздуха и почвы, высокую вероятность засух и суховеев [5].

Метеорологические условия за 2016 год представлены на рисунках 1–3.

Сумма среднесуточных температур воздуха за период вегетации столовой свеклы составляет – 1400 °С. Вегетационный период можно охарактеризовать как сухой, ГТК равен 0,7 [6, 7].

Таким образом, метеорологические условия были неблагоприятными для возделывания столовой свеклы. Недостаток осадков в вегетационный период потребовал восполнения дефицита увлажнения за счет орошения.

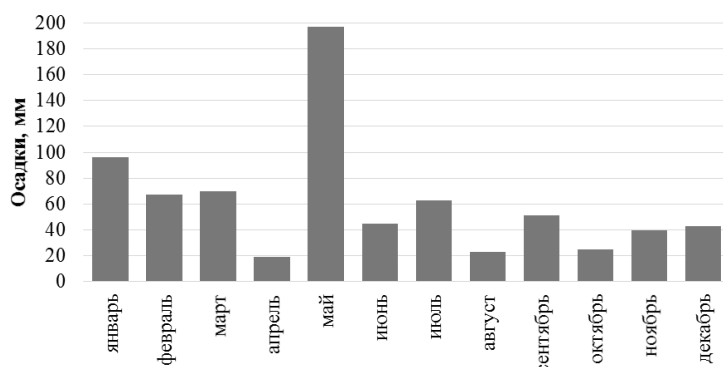


Рисунок 1 – Сумма осадков за 2016 г.

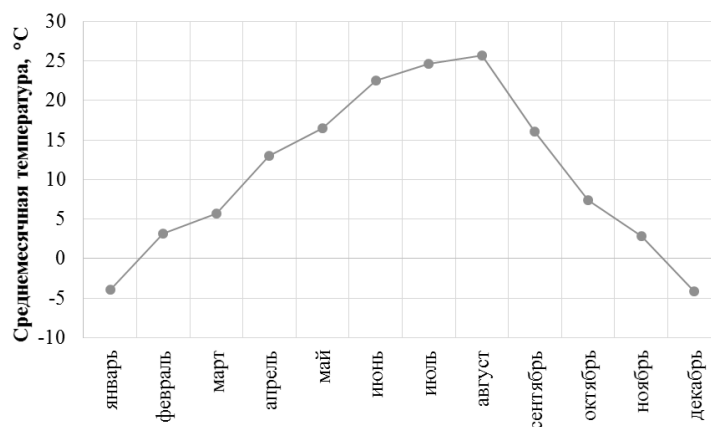


Рисунок 2 – Среднемесячная температура за 2016 г.

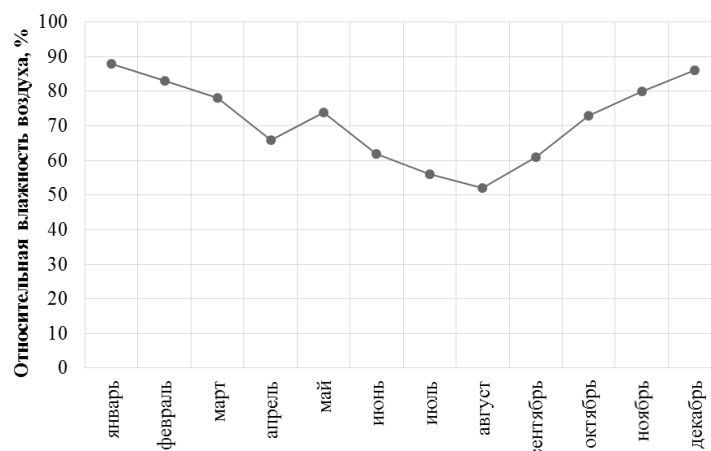


Рисунок 3 – Среднемесячная относительная влажность воздуха за 2016 г.

Исследования по изучению влияния концентрации питательных веществ в растворе, подаваемом при струйном внутрипочвенном поливе, на полевую всхожесть семян свеклы столовой проводились в опыте по приведенной ниже схеме:

- вариант 1. Концентрация раствора 1 %;
- вариант 2. Концентрация раствора 3 %;
- вариант 3. Концентрация раствора 5 %;
- вариант 4. Концентрация раствора 10 %;
- вариант 5. Без струйного внутрипочвенного полива.

Раствор удобрений – в форме жидких комплексных удобрений (ЖКУ) с концентрацией действующего вещества от 1 до 10 %. В ЖКУ содержание питательных веществ в действующем веществе составляло $N_5P_{10}K_5$.

Технология основной и текущей подготовки почвы выполнялась в соответствии с зональными системами земледелия [8]. Посев семян производился 4 июля 2016 г.

Для ведения струйного полива использовалась однорядная ручная сеялка, оборудованная водопроводящей системой струйного полива. Объем подачи воды к семенам регулировался скоростью передвижения сеялки и расходом воды, подаваемой в трубопровод. Измерение влажности почвы на глубине посева семян позволяло рассчитывать необходимый объем воды для смачивания почвы и создания увлажненного контура вокруг семян различного диаметра, а изменение расхода воды в трубопроводе и скорости передвижения сеялки позволяло подать расчетный объем воды. 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 не увлажнялся 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.

Результаты и обсуждения. Данные выживаемости растений свеклы столовой приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Выживаемость растений свеклы столовой, 2016 г.

Вариант опыта	Норма высева, тыс. шт./га	Количество растений, тыс. шт./га		Выживаемость, %
		Всходы	Уборка	
Концентрация раствора 1 %	400	327	278	85,0
Концентрация раствора 3 %	400	339	291	85,8
Концентрация раствора 5 %	400	343	295	86,0
Концентрация раствора 10 %	400	331	280	84,6
Без струйного внутрипочвенного полива	400	324	274	84,6

При внесении 5%-ной концентрации раствора нами было получено максимальное значение выживаемости растений, которое составило – 86 %. Минимальное значение получили при внесении 10%-ной концентрации раствора удобрений без струйного внутрипочвенного полива, оно составило 84,6 %.

Данные наблюдений за изменением высоты растения столовой свеклы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Динамика высоты растения свеклы столовой, 2016 г.

Вариант опыта	Дней от начала вегетации				Уборка
	21	33	40	60	
Концентрация раствора 1 %	30,4	52,1	57,2	64,1	67,0
Концентрация раствора 3 %	32,4	55,5	61,0	68,3	71,4
Концентрация раствора 5 %	33,3	57,0	62,6	70,1	73,2
Концентрация раствора 10 %	31,6	54,0	59,4	66,5	69,5
Без струйного внутрипочвенного полива	28,4	48,7	53,5	59,9	62,6

Результаты наблюдений показали, что высота растения при концентрации раствора 1 % на момент технической спелости составляла 67 см, при концентрации раствора 3 % эта высота составляла 71,4 см. Максимальное значение получили при концентрации раствора в 5 % – 73,2 см, а при 10 % концентрации раствора высота состав-

ляла 69,5 см. Без струйного внутрипочвенного полива высота растения была наименьшей, и эта величина составляла – 62,6 см.

Динамика нарастания площади листовой поверхности свеклы столовой показана в таблице 3.

Таблица 3 – Динамика нарастания площади листовой поверхности свеклы столовой, 2016 г.

Вариант опыта	Дней от начала вегетации				Уборка
	21	33	40	60	
Концентрация раствора 1 %	24,3	41,6	45,7	51,2	53,5
Концентрация раствора 3 %	25,9	44,3	48,7	54,6	57,0
Концентрация раствора 5 %	26,6	45,5	50,0	56,0	58,5
Концентрация раствора 10 %	25,2	43,2	47,4	53,1	55,5
Без струйного внутрипочвенного полива	22,7	38,9	42,7	47,9	50,0

В тыс. м²/га

Из таблицы 3 видно, что площадь листовой поверхности на варианте без струйного внутрипочвенного полива наименьшая и составляет 50 тыс. м²/га, тогда, когда при 5 % концентрации раствора получаем 58,5 тыс. м²/га, что является максимальным значением.

Данные по динамике накопления корневой массы свеклы столовой приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Динамика накопления массы корнеплодов свеклы столовой, 2016 г.

Вариант опыта	Дней от начала вегетации				Уборка
	21	33	40	60	
Концентрация раствора 1 %	27,7	47,5	52,2	58,4	61,1
Концентрация раствора 3 %	29,6	50,6	55,6	62,3	65,1
Концентрация раствора 5 %	30,3	51,9	57,1	63,9	66,8
Концентрация раствора 10 %	28,8	49,3	54,1	60,6	63,3
Без струйного внутрипочвенного полива	25,9	44,4	48,8	54,6	57,1

В т/га

Анализ таблицы 4 показывает: без струйного внутрипочвенного полива масса корнеплодов наименьшая и составляет 57,1 т/га, а максимальное значение при концентрации раствора удобрения в 5 % составляет 66,8 т/га, что на 9,7 т/га больше значения, полученного без струйного внутрипочвенного полива

Вывод. Наблюдения показали, что 5 % концентрация питательных веществ в растворе является оптимальной для выращивания столовой свеклы, так как при этом значении концентрации были получены максимальные значения по всем рассматриваемым показателям: выживаемость, которая составила – 86 %; высота растения – 73,2 см; площадь листовой поверхности – 58,5 тыс. м²/га; масса корнеплодов – 66,8 т/га. Таким образом, струйный внутрипочвенный полив может обеспечить сокращение периода всходов, увеличение процента полевой всхожести семян, ускорение темпов роста растений, повышение урожайности.

Список использованных источников

1 Берников, Н. И. Современное состояние и пути решения проблем развития овощного комплекса Ростовской области / Н. И. Берников, В. В. Огнев // Инновационные пути развития АПК: проблемы и перспективы: материалы междунар. науч.-практ. конф., пос. Персиановский, 6–8 февраля 2013 г. – Персиановский: Изд-во ДонГАУ, 2013. – Т. 2. – С. 99–101.

2 Бабичев, А. Н. Современное состояние и перспективы развития овощеводства в России / А. Н. Бабичев, Д. В. Мартынов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2(62). – С. 85–90.

3 Устройство и технология внутрипочвенного струйного полива высеваемых семян / Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай, А. Н. Бабичев, С. Г. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2011. – № 3(03). – С. 95–105. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=37&id=47>.

4 Лосев, А. П. Практикум по агрометеорологическому обеспечению растениеводства / А. П. Лосев. – СПб.: Гидрометеиздат, 1994. – 244 с.

5 Грингоф, И. Г. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. 1. Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия / И. Г. Грингоф, А. Д. Клещенко; под ред. д-ров географ. наук, проф., заслуж. метеорологов РФ Г. Н. Чичасова и А. Д. Клещенко. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2011. – 808 с.

6 Павлова, М. С. Практикум по агрометеорологии / М. С. Павлова. – М., 1974. – 214 с.

7 Дружинин, В. С. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации: учеб. пособие / В. С. Дружинин, А. В. Сикан; под ред. проф. А. М. Владимирова. – СПб.: РГГМУ, 2001. – 169 с.

8 Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы: в 3 ч. [Электронный ресурс]. – Ростов н/Д.: Дон. издат. дом, 2013. – Режим доступа: <http://don-agro.ru/index.php?id=928>.

УДК 631.674:626.8

В. И. Кременской, А. М. Джапарова

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

УКЛАДКА ПОЛИВНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ БЕСТРАНШЕЙНЫМ СПОСОБОМ В КРЫМУ

Опробован метод бестраншейной укладки капельных лент с использованием навесного оборудования фирмы «GDAULENT» в сложных почвенных рельефных условиях Крыма. Рассчитаны часовая производительность внутрипочвенного укладчика и годовая нагрузка. Проведены опыты по внутрипочвенному поливу виноградника.

Ключевые слова: капельно-внутрипочвенное орошение, поливная норма, ленточные трубопроводы, водовыпуск, производительность, бестраншейный укладчик.

V. I. Kremenko, A. M. Dzhaparova

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

TRENCHLESS PIPELINING FOR IRRIGATION IN THE CRIMEA

The method of trenchless laying of drip tapes using the GDAULENT equipment was applied on complex soil terrain in the Crimea. The hourly efficiency of subsurface soil-laying machine and the annual load are calculated. Experiments on subsurface irrigation of vineyards have been conducted.

Key words: drip-subsurface irrigation, irrigation rate, belt pipelines, water discharge, efficiency, trenchless stacker.

Введение. Работа посвящена экономному использованию водных ресурсов с помощью внедрения систем капельно-внутрипочвенного орошения при выращивании многолетних насаждений в условиях холмистой и предгорной местности Бахчисарайского района Республики Крым. При капельно-внутрипочвенном орошении увлажнители бестраншейным способом укладывают на глубине 0,15–0,40 м от поверхности грунта, поэтому вода поступает непосредственно к корням растений. Следовательно, поверхность

почвы не увлажняется, семена сорняков, находящиеся преимущественно в верхних слоях почвы из-за отсутствия влаги, не прорастают. Потери воды на испарение при внутривитковом поливе незначительны: поверхность почвы предохраняет от высыхания нижерасположенные горизонты, что ведет к экономии оросительной воды. Сухой верхний слой земли способствует снижению влажности воздуха, поэтому заболеваемость сельскохозяйственных культур и применение химических препаратов уменьшается.

При поливах по бороздам верхние горизонты почвы уплотняются, ухудшается водо- и воздухообмен, при этом развитие корневой системы растений угнетается, что ведет к снижению урожая. Применение капельно-внутривиткового орошения позволяет вносить минеральные удобрения вместе с поливной водой непосредственно в корнеобитаемый слой, причем в растворенном виде, удобном для усвоения растениями.

В мировой практике внутривиткового орошения широко применяется несколько типов оросительных трубопроводов, конструкция которых должна обеспечивать равномерное распределение воды по всей длине увлажнения. К ним относятся трубки с двойной стенкой, микропористые трубки, перфорированные трубы, ленточные и поливные трубопроводы с вмонтированными водовыпусками.

В Крыму внутривитковое орошение применялось с 60-х годов прошлого столетия при выращивании многолетних насаждений, была построена автоматизированная система капельно-внутривиткового полива сада и виноградника на площади 21,2 га [1]. В последующие годы усовершенствованы и упрощены системы подпочвенного орошения и определены основные элементы техники полива [2, 3]. В настоящее время для полива многолетних и овощных культур стали повсеместно применять ленточные трубопроводы при закладке на небольшую глубину и поливные трубы с вмонтированными увлажнителями с интервалом от 0,2 до 1,5 м. Внутривитковая укладка оросительных водоводов производится бестраншейным способом с помощью укладчиков, разработанных зарубежными компаниями.

Почвенно-климатические условия орошаемого участка. Участок капельно-внутривиткового орошения виноградника находится в с. Угловое Бахчисарайского района в фермерском хозяйстве ООО «Фермер ЛТД».

Почвенный покров представлен предгорными карбонатными черноземами, среднесмытыми с щебнисто-галечниковой разновидностью до 15 %, плантажированными. Подпочвой служит известковистый щебень и щебнистая глина – продукт выветривания известняков. Вскипание – реакция нейтрализации раствора соляной кислоты отмечается с поверхности почвы и по всему профилю. Мощность гумусового горизонта 37–50 см, содержание гумуса в пахотном горизонте составляет 1,4–2,0 %, на склоновых участках его количество в пахотном горизонте снижено на 25 % в связи с эродированными процессами. По механическому составу почвы песчанисто-тяжелосуглинистые.

Рельеф района является типично предгорным. Территория орошаемого участка складывается из волнистых равнинных пространств, прерываемых эродированными склонами балок разной крутизны. Грунтовые воды в пределах опытно-производственного участка залегают глубоко и не оказывают влияния на почвообразующие процессы.

В таблице 1 представлены водно-физические свойства почвы.

В гумусовом горизонте 0–50 см плотность сложения почвы составляет 1,33 г/см³, наименьшая влагоемкость – 20,5 %, каменистость – 15 %. Почвенный горизонт 50–100 см: содержание щебня до 35 %, плотность сложения – 1,54 г/см³, наименьшая влагоемкость – 13,4 %. Из таблицы 1 видно, что для данных почв оптимальной является глубина увлажнения 50 см и при более глубоком увлажнении вода будет фильтроваться в щебенчатый слой.

Территория орошаемого участка относится ко второму агроклиматическому району (IIa): засушливый и очень засушливый с мягкой зимой, прохладной весной и теплой осенью. Зимой период со среднесуточной температурой ниже 0 °C составляет

1–2 месяца. Продолжительность безморозного времени около 7 месяцев, опасные для растений заморозки почти полностью отсутствуют (весной они заканчиваются на 3–10 дней ранее, а осенью начинаются на 5–7 дней позднее перехода среднесуточных температур через 10 °С). Благодаря большой длительности периода со среднесуточной температурой выше 10 °С (6–6,5 месяцев) в этом подрайоне возможно ежегодное созревание ранних и средних сортов винограда.

Таблица 1 – Водно-физические свойства почвы участка

капельно-внутрипочвенного орошения

в с. Угловое Бахчисарайского района Республики Крым

Горизонт почвы, см	Плотность сложения, г/см ³	Удельная масса, г/см ³	Общая пористость, %	Наименьшая влагоемкость, %		Аэрация, %	Каменистость почвы, % от объема
				весовая	объемная		
0–10	1,21	2,52	52,0	22,1	26,7	25,3	12,5
10–20	1,29	2,53	49,0	20,6	26,6	22,4	13,5
20–30	1,33	2,52	47,2	20,3	27,0	20,2	13,0
30–40	1,36	2,55	46,7	20,0	27,2	19,5	11,0
40–50	1,44	2,54	43,3	19,5	28,1	15,2	26,5
0–50	1,33	2,53	47,6	20,5	27,1	20,5	15,3
50–60	1,47	2,56	42,6	16,3	24,0	18,6	32,5
60–70	1,49	2,57	42,0	14,9	22,2	19,8	42,0
70–80	1,55	2,58	39,9	12,5	19,4	20,5	41,0
80–90	1,59	2,59	38,6	11,9	18,9	19,7	27,0
90–100	1,61	2,58	37,6	11,2	18,0	19,6	32,0
50–100	1,54	2,58	40,1	13,4	20,5	19,6	34,9
0–100	1,43	2,55	43,9	17,0	23,8	20,1	25,1

Годовая сумма осадков колеблется от 335 до 450 мм, в том числе 185–250 мм приходится на вегетационный период. К числу благоприятных факторов, смягчающих засушливость этой территории следует отнести малую подверженность суховеям.

Результаты исследований.

Система капельно-внутрипочвенного орошения. Элементы системы капельно-внутрипочвенного орошения такие же, как и системы капельного полива, отличаются лишь тем, что поливные трубопроводы уложены в землю. В современных условиях рациональная глубина закладки увлажнителей 0,15–0,40 м в зависимости от пахотного слоя почвы. Внутрипочвенная укладка обеспечивает непосредственно подачу воды к корням растений, защищает поливные трубопроводы от поломок, воздействия солнца, хищения и т. д. Подземная среда менее агрессивна к используемым материалам, чем условия на поверхности почвы.

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 земли способствует повышению водо- и воздухопроницаемости почвы в 2–3 раза. В настоящее время стали применяться пленочные трубопроводы для полива овощных культур при закладке на небольшую глубину.

Интервал установки водовыпусков должен обеспечивать сплошную полосу увлажнения для данных почвогрунтов. Внутрипочвенная укладка трубопроводов проводится бестраншейным способом с помощью укладчиков.

В 2009 году был построен опытно-производственный участок капельно-внутрипочвенного орошения виноградника на площади 10,6 га. Оросительный участок состоит из 6 клеток: 1 и 3 площадью 1,83 га, 2 – 1,68 га, 4 – 1,80 га, 5 и 6 по 1,75 га, од-

новременно поливается одна из клеток. Схема посадки виноградника 3×2 м. Водосточником орошения является скважина с установленным насосом ЭВЦ-8-25-140 на глубине 89 м. Основными элементами системы капельно-внутрипочвенного орошения являются: головной узел, оросительная сеть с сооружениями, увлажнительная сеть. В здании головного узла расположены: узел приготовления и внесения с поливной водой удобрений в оросительную сеть, водомер для учета и контроля поданной воды, манометры, задвижки и т. п.

Оросительная сеть состоит из одного магистрального и шести разводящих трубопроводов. В начале участкового водовода имеется колодец с задвижкой 75 мм для подачи воды на клетку, а в конце установлен промывной колодец. Промывка трубопровода проводится весной перед началом поливного сезона и после ремонта разводящей сети. В пониженных местах на оросительной системе установлены сбросные колодцы, для слива воды в случае ремонта и консервации трубопровода на зимний период.

Увлажнительная сеть выполнена из лент капельного орошения Т-Таре, уложенных внутрипочвенно на глубину 0,15–0,20 м бестраншейным способом. Длина увлажнителей 100 п.м., водовыпуски расположены через 0,5 м с расходом 1,8 л/час.

Ленты капельного орошения Т-Таре® TSX изобретены и изготовлены компанией T-Systems International г. Сан-Диего, штат Калифорния США, являющейся лидером в области разработки, производства и поставки лент для капельного орошения. Система Т-Таре TSX для садов и виноградников изготовлена из эффективной светостабилизированной прочной полиэтиленовой ленты со специфическими водовыпусками. Расход капельниц составляет от 0,5 до 2,0 л/ч с расстояниями между эмиттерами (увлажнителями) от 30 до 150 см. Лента представлена двумя сериями 500 и 700, диаметрами соответственно, 16 и 22 мм, с толщиной стенки 0,250, 0,375, 0,500 и 0,625 мм. Вышеперечисленные свойства капельной ленты позволяют использовать ее при возделывании многолетних культур. При внутрипочвенной укладке трубопровода вода, попадая непосредственно в корнеобитаемый слой, повышает урожайность, уменьшает количество сорняков, снижает заболеваемость растений, способствует меньшему испарению и облегчает подачу воды на орошаемый участок.

Преимуществом подпочвенного использования капельного орошения является большая равномерность распределения оросительной воды по всей длине ряда при сравнительно низком давлении. Это ресурс- и водосберегающий способ полива, особенно необходимый для вододефицитных районов Республики Крым. Сущность технологии внутрипочвенного капельного орошения состоит в том, что поливается непосредственно грунт, при этом эффективность водоподачи достигается благодаря подведению влаги в прикорневую зону растений.

В отличие от полива дождеванием, во время прикорневого орошения капли влаги не попадают на растения, благодаря чему уменьшаются болезни выращиваемых сельскохозяйственных культур. Вода, поступая в грунт изнутри, не образует корки, через которую к корням не поступает воздух. Поскольку воды при внутрипочвенном орошении подается меньше, чем при поливе по бороздам и дождевании, допускается ее применение с большей минерализацией. Капельное орошение позволяет регулировать pH поливной воды и почвы, бороться с грунтовыми вредителями, уменьшает сроки вызревания продукции.

Внутрипочвенная укладка увлажнителей бестраншейным укладчиком. В работах ряда ученых представлен анализ особенностей технологического процесса внутрипочвенной укладки поливных трубопроводов с помощью бестраншейного укладчика [4–7]. Размещение увлажнителей проводили навесным бестраншейным укладчиком, который помещался на колесный трактор МТЗ-52. Укладчик состоит из рамы, опорных катков, рабочего органа, дренажа, ножа, механизма регулировки заглубления, оси для крепления бобины и направляющей для капельной ленты. Рабочий орган – дренаж, нож цельнолитой, внутри которого имеется отверстие прямоугольной

формы 43×17 мм производства фирмы «GDAULENT». Вес бобины составляет 30 кг, диаметр – 51×28 см, длина – 1250 пог. м. Толщина стенки капельной ленты 0,375 мм.

Укладка увлажнителей проводилась после посадки винограда на расстоянии 0,2–0,25 м от штамба, капельная лента располагалась так, чтобы вода из водовыпуска по уклону местности стекала к кусту виноградника. Производство работ по укладке капельных лент внутрипочвенно состоит из разбивки осей увлажнителей на местности, подготовки площадки для захвата рабочего органа укладчика, развоза бобин по трассе и укладки капельных лент Т-Таре. Основные технологические операции при проведении внутрипочвенной укладки капельных лент Т-Таре следующие (установка бобины на 12 увлажнителей):

- 1 Заправка конца ленты в рабочий органе и закрепление в траншее – t_1 ;
- 2 Внутрипочвенная укладка ленты Т-Таре укладчиком (рабочий ход) – t_2 ;
- 3 Подъем рабочего органа, обрезка и закладка конца ленты – t_3 ;
- 4 Обратный ход укладчика (холостой ход) – t_4 .

Для определения производительности работы по закладке капельных лент бестраншейным способом по результатам хронометража работы укладчика вычислялись показатели цикла укладки – коэффициент использования эксплуатационного времени и производительность укладки чистого времени.

Работа проводилась по методике экономической оценки эффективности работы сельскохозяйственной техники Н. С. Власова [8].

В ходе проведения работ были установлены средние показатели технологических операций: $t_1 = 1,0$ мин; $t_2 = 3,0$ мин; $t_3 = 0,5$ мин; $t_4 = 2,5$ мин. Полный цикл закладки составил $T = 7,0$ мин. Коэффициент использования эксплуатационного времени K_3 :

$$K_3 = \frac{t_2}{T} = \frac{3,0}{7,0} = 0,43. \quad (1)$$

Производительность укладки чистого времени ($\Pi_{\text{чист}}$) определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{чист}} = \frac{l}{t_2} = \frac{100}{3,0} = 33,3 \text{ м/мин или } 1998 \text{ м/ч}, \quad (2)$$

где l – длина 100 пог. м.

Часовая производительность ($\Pi_{\text{час}}$) определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{час}} = \Pi_{\text{чист}} \cdot K_3 = 1998 \cdot 0,43 = 859 \text{ м/ч или } 0,86 \text{ км/ч}. \quad (3)$$

Обслуживает навесной бестраншейный укладчик два человека: тракторист и оператор. Затраты труда ($ЗТ$) на единицу выполненной работы ($З_{\text{ед}} = 1$ км) определяются по формуле:

$$ЗТ = \frac{n_{\text{чел}}}{\Pi_{\text{час}}} \cdot З_{\text{ед}} = \frac{2 \cdot 1}{0,86} = 2,3 \text{ чел./ч}, \quad (4)$$

где $n_{\text{чел}}$ – количество рабочих, чел.;

$З_{\text{ед}}$ – затраты труда на единицу работы, чел.·ч/км.

Годовой объем работ ($P_{\text{год}}$) составит:

$$P_{\text{год}} = \Pi_{\text{час}} \cdot H_{\text{час}} = 0,86 \cdot 600 = 516 \text{ км}, \quad (5)$$

где $H_{\text{час}}$ – нормативная годовая загрузка, по данным ФГБНУ ВНИИ «Радуга», составляет 600 ч.

Проведение поливов виноградника на участке. После строительства системы капельно-внутрипочвенного орошения были проведены пробные поливы. Для контроля

за влажностью почвы на 1, 4 и 6 клетках виноградника установлены три куста тензиометров на глубину 0,2 и 0,5 м. Тензиометры позволяют оперативно определять степень увлажнения почвы через потенциал почвенной влаги, т. е. всасывающее давление почвы, применяют их для определения сроков и норм поливов.

Тензиометр состоит из трех основных узлов: пористого керамического зонда, водной камеры и прибора, регистрирующего отрицательное давление в камере, возникающее в процессе работы. Применение тензиометров для назначения поливов позволяет оперативно получать данные по динамике влажности почвы на винограднике и проводить поливы в оптимальные сроки наиболее эффективными нормами. В течение вегетационного периода снимались показатели.

За вегетацию осуществлено пять поливов.

Одновременно проводилось орошение только одной клетки посадок, первые поливы были осуществлены в мае-июне, продолжительностью 4,5–6,0 ч, поливной нормой 55–70 м³/га. В июле было проведено два полива продолжительностью от 6,5 до 8,0 ч, поливной нормой 75–95 м³/га. В августе прошли дожди, и орошения не требовалось. Четвертый и пятый поливы были в сентябре и октябре с одновременным проведением опытов по определению элементов техники капельного внутрипочвенного орошения.

Поливные нормы составили от 55 до 95 м³/га, средняя – 76 м³/га, продолжительность полива от 4,5 до 8 ч.

Выводы.

1 Бестраншейную укладку поливных трубопроводов можно проводить на волнистых склоновых участках поверхности земли с наличием каменистых включений в почве. Предварительно необходимо провести плантажную вспашку.

2 Глубину закладки трубопроводов необходимо увязывать с пахотным слоем почвы.

3 Метод бестраншейной внутрипочвенной укладки поливных трубопроводов позволяет укладывать до 860 пог. м капельной ленты за 1 ч при работе двух человек.

4 При внутрипочвенной укладке поливных трубопроводов обеспечивается возможность закладки шпалеры не в первый, а во второй-третий года.

Список использованных источников

1 Тимофеев, А. П. Опыт автоматизации подпочвенного полива / А. П. Тимофеев, Г. И. Карпий, Ф. Ф. Рускин // Гидротехника и мелиорация. – 1985. – № 3. – С. 38–41.

2 Кременской, В. И. Элементы техники полива при капельно-внутрипочвенном орошении / В. И. Кременской, М. А. Панина // Сборник материалов Всеукраинской науч.-практ. конф. молодых ученых «Комплексные мелиорации земель как составляющая рационального природопользования» (г. Херсон, 21–22 февраля, 2013 г.). – Херсон, 2013. – С. 32–35.

3 Иванютин, Н. М. Изучение поливных трубопроводов капельного орошения в качестве увлажнителей для капельно-внутрипочвенного полива / Н. М. Иванютин, В. И. Кременской // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 1(61). – С. 136–140.

4 Крецул, Н. Рабочие органы для раскладки поливных трубок / Н. Крецул, Н. Кокичов // Овощеводство. – 2010. – № 4. – С. 58–59.

5 Ромащенко, М. И. Анализ технологического процесса укладки поливных трубопроводов СКО бестраншейным укладчиком / М. И. Ромащенко, В. С. Майданович, Н. М. Сердюченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – № 98. – С. 237–243.

6 Майданович, В. С. Анализ способов укладки поливных трубопроводов систем капельного орошения / В. С. Майданович // Научный вестник НАУ. – 2008. – № 125. – С. 367–371.

7 Майданович, В. С. Мелиоративная эффективность бестраншейной технологии внутрисочвенной укладки поливных трубопроводов СКО / В. С. Майданович, Н. М. Сердюченко // Техника и технологии АПК. – 2011. – № 12(27). – С. 24–25.

8 Власов, Н. С. Методика экономической оценки сельскохозяйственной техники / Н. С. Власов. – М.: Колос, 1968. – 313 с.

УДК 631.612:628.8

В. С. Пунинский

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация

К ВОПРОСУ ПУТЕЙ ВОДОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НА ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ С СОЛОНЦОМ

Целью исследований является обоснование путей ресурсосбережения для разработки новых способов почвосбережения на основе самоходных комбинированных агрегатов и ярусной обработки почвогрунтов с устройством водорегулирующих экранов, обеспечивающих водосбережение. Показаны варианты технологических процессов с адресной обработкой горизонтов без выноса продуктов химических реакций в водоприемники и реки. Обоснована область использования комбинированных агрегатов с одновременной ярусной обработкой почвенных и солонцовых горизонтов. В результате исследований разработана схема применения возможных технологий и путей трансформации их к достигаемому ресурсосбережению.

Ключевые слова: техника, деградированные земли, мелиорированные сельхозугодия, влагонакопление, влагосохранение, аэрационное рыхление, органоминеральный экран, удобрительная прослойка.

V. S. Puninsky

All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

WATER-SAVING WAYS AT RESTORATION OF RECLAMATION SYSTEMS OPERATION ON DEGRADED SOLONETZ FARM LANDS

The aim of research is to substantiate resource saving ways for the development of new methods of soil conservation based on self-propelled tilthers and step tillage system with water-regulating screens providing water saving. Variants of technological processes with target processing of horizons without chemical reactions products removal into water outlets and rivers are shown. The field of application of self-propelled tilthers with simultaneous step tillage system of soil and solonetz horizons is substantiated. As a result of research, an application scheme of possible technologies and ways of their transformation to the achievable efficient use of resources is developed.

Key words: technology (equipment), degraded lands, reclaimed farmland, moisture accumulation, moisture conservation, aeration loosening, organomineral screen, fertilizer interlayer.

Введение. В Российской Федерации в 2016 г. на территориях земель сельскохозяйственного назначения, составляющих 383,7 млн га, из них сельскохозяйственных угодий 51,5 %, неиспользуемых в сельхозпроизводстве – 39,44 млн га и земель мелиоративных систем – 9,44 млн га, при использовании для выращивания сельскохозяйственных культур на площади 7,1 млн га лимитирующими факторами выхода земель из хозяйственного оборота являются негативные процессы изменения почвенного покро-

ва, эрозия почв, подтопление, заочкаривание, закустаривание, засоление и не востребуемость сельскими товаропроизводителями залежных угодий из-за «дальнотемья» [1]. Комплексная мелиорация деградированных почв актуальна для развития кормовой базы животноводства. Процессы деградации залежных и невостребованных земель мелиоративных систем в сочетании с моральным и физическим износом требуют проведения их реконструкции с использованием новых технических и технологических решений.

Анализ технологий и методов производства освоения и коренного улучшения земель показал, что работы выполняются раздельно с большим временным периодом между блоками операций и преобладанием поверхностного распределения на почву мелиоранта и удобрений [2]. Такие технологии ускоряют выбытие сельскохозяйственных угодий из использования, так как применяются сельскохозяйственные, землеройные машины, у которых ходовая система и рабочие органы изменяют структуру почвы и плотность ее подпахотных слоев. Непродолжительные сроки выполнения обработки почвы и других операций вызывают необходимость повышения производительности машин, при этом ограничены рабочие скорости, глубина обработки. При увеличении ширины захвата машин повышаются потребное тяговое усилие, общая масса сельскохозяйственного агрегата. Все это приводит к переуплотнению почв, требует проведения глубокого ее рыхления и комплекса культурно-технических мероприятий, создания новых почвосберегающих комбинированных агрегатов. Из-за недостатка воды для поливов возделываемых сельскохозяйственных культур в ряде регионов рекомендуется для экономии воды изменять сроки влагозарядковых поливов и из режима орошения озимой пшеницы исключить два последних полива с недобором урожая на 3 %, а сэкономленные 1000 м³/га воды использовать для орошения кукурузы, сои [3].

Разработка новых водосберегающих технологических процессов и почвосберегающих технических средств для их осуществления актуальна и отвечает основной цели мелиорации – обеспечению устойчивой продуктивности сельскохозяйственных угодий и получению конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции. Начало производства специальных мелиоративных машин обеспечит пополнение парка техники для восстановления имеющихся на федеральном балансе мелиоративных систем, оказание услуг владельцам мелиорированных земель и освоение новых земель для производства кормов.

Цель исследований – обоснование путей ресурсосбережения для разработки новых способов почвосбережения на основе самоходных комбинированных агрегатов и ярусной обработки почвогрунтов с устройством водорегулирующих экранов, а также для улучшения земель мелиоративных систем, богарных кормовых сельхозугодий, оснащения строительных организаций интенсивными приемами производства мелиоративных работ.

Материалы и методы. Изучены базовые типизированные технологии и технические средства для выполнения мелиоративных работ на деградированных землях с солонцовыми комплексами. Исследования проводились по общепринятым методикам с использованием научно-практических методов определения прогнозных технико-экономических показателей ведущих машин [4, 5].

Для осуществления разработки новых ресурсосберегающих технологических процессов обработки деградированных сельхозугодий с солонцами применяется целевая функция минимизации затрат (руб./га):

$$Y = f(Ce) \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где Ce – удельные затраты, руб./га.

Определение удельных затрат базируется на использовании прогнозных основных параметров новых почвосберегающих ведущих машин. Выбор основных параметров ведущих машин предусмотрен методом имитационного моделирования, в котором сложная система является взаимосвязанной совокупностью математических моделей (критериев), т. е. набора переменных, варьирование которых позволяет подбирать оптимальный пара-

метр. Имитационная модель сформирована для выборки технических средств (ТС).

В качестве целевой установки необходимо определить V – прогнозные параметры новых почвосберегающих ведущих машин. Для исследований применен выборочный метод по объектам-представителям, т. е. по ранее разработанным машинам и присутствующим на рынке [1].

По разработанному алгоритму решения задачи при оптимизации использован поэтапный подход, основанный на методике полного перебора. Предусмотрен цикл предварительной настройки математических описаний корреляционных зависимостей: мощности от удельной материалоемкости, расхода топлива от удельных трудозатрат, массы ТС от удельных затрат. На каждом этапе значения критерия ранжируются в порядке возрастания и при значении R^2 меньше 0,55 экстремальные значения в квантах отсекаются, а после достижения R^2 больше 0,89 переходят к следующему этапу. Реализация выполняемого этапа позволяет решить последующий этап. В качестве критерия 1 принята удельная материалоемкость, отнесенная к выработке 1 м ширины захвата, критерия 2 – удельные трудозатраты, отнесенные к выработке 1 м ширины захвата, критерия 3 – удельные затраты на единицу производительности. При завершении цикла настройки переходят к циклу варьирования переменных с определением прогнозных параметров новых почвосберегающих ведущих машин.

Результаты и обсуждение.

На основании анализа и обобщения опыта проведения коренного улучшения земель с солонцеватыми почвами предложены новые комплексы машин, позволяющие осуществлять технологические процессы, которые базируются на способах, разработанных в ходе исследований и защищенных патентом на изобретение [6] и двумя заявками на патент изобретения [7, 8]. Актуальность повышения водообеспеченности сельскохозяйственных культур на богарных землях была учтена ФГБНУ «ВНИИГиМ» при разработке новых способов и технических средств для их осуществления. Новые способы восстановления функционирования мелиоративных каналов и комплексной мелиорации богарных земель с солонцовыми комплексами предусматривают разработку новых технологий (таблица 1) обработки почвогрунтов при последовательном и одновременном выполнении технологических процессов новыми комбинированными агрегатами (таблица 2), являющимися самоходными машинами. При этом одновременная обработка включает: механическую – с измельчением стеблей травянистых растений и почвенных агрегатов с сепарацией на фракции и сохранением поверхностных полос, предохраняющих от ветровой эрозии, объемного подпочвенного рыхления, укладки водорегулирующих экранов и прослоек, снижающих капиллярный подъем влаги; химическую – с распределением мелиоранта и минеральных удобрений; биологическую – с внесением жидкого навоза, раствора с азотофиксирующими микроорганизмами в почву, подсева смесей семян. Новые исследуемые ресурсосберегающие технологии содержат: дноуглубление каналов, очистку каналов от наносов, срезание и утилизацию травянистой растительности с откосов каналов и коллекторов, срезание и измельчение кочек, кустарника с одновременной утилизацией, адресное внесение мелиорантов с утилизацией продуктов химических реакций в биомассе галофитов, идущих на корм животным.

Для развития технологических процессов биомелиорации сельскохозяйственных земель с наличием пятен солонцеватой почвы, комплексов солонцов и подпочвенных слоев солонца разработаны несколько способов: Способ биомелиорации богарных земель с подпочвенным слоем солонца [6], Способ комбинированной обработки солонцовых комплексов богарных земель [7], Способ биомелиорации деградированных богарных земель [8], Комбинированный агрегат ярусной обработки засоленных земель с подсевом семян [9].

Таблица 1 – Ресурсосберегающие технологии создания и эксплуатации мелиоративных систем и область их применения

Название блока ТС	Название объекта. Состояние земель и мелиоративной сети	Технология работ	Достигаемое ресурсосбережение
А	Залежные земли осушительных систем. Комплексы растительных кочек на малопродуктивных кислых почвах с редким кустарником	1 Технология коренного улучшения и освоения заочкаренных кормовых угодий. 2 Технология поверхностного измельчения кочек и кустарника с утилизацией в подпочвенный грунт	Почвосбережение и сокращение энергозатрат, а также сроков проведения работ
Б	Открытые каналы мелиоративной системы. Заиление дна слоем до 0,5 м с водной растительностью	3 Технология дноуглубления внутренней и межхозяйственной сети	Сокращение энергозатрат. Водонакопление и почвосбережение
	Каналы осушительной сети. Заиление до 0,3 м с кустарником на откосах и кормовых угодьях	4 Технология удаления кустарника и восстановления профиля канала, водоема, реки	Сокращение затрат и многопродуктивности. Понижение уровня грунтовых вод
	Открытые каналы и коллекторы осушительной сети. Заиление дна слоем более 1,0 м с кустарником на откосах, бермах	5 Технология строительства нового канала с выемкой грунта в старый	Сокращение прямых затрат и почвосбережение. Понижение уровня грунтовых вод
В	Неиспользуемые земли мелиоративной системы. Деградация земель с заболачиванием и заилением труб дренажа. Кальматация фильтра, зарастание и заиливание труб более 50 %	6 Технология очистки дрен с водооборотом и сбором ила для утилизации	Почвосбережение и сокращение засоления
		7 Технология строительства новой сети двойного действия	Сокращение затрат и водорегулирование
Г	Богарные земли. Почвы с автоморфным солонцом. Полугидроморфные солонцы	8 Технология ярусной обработки почв	Водосбережение
		9 Технология биомелиорации почв	Водо- и почвосбережение

Таблица 2 – Ресурсосберегающие технические средства для создания и эксплуатации мелиоративных систем и область их применения

Название блока ТС	Номер технологии. Наименование ведущей машины. Патент РФ	Технологические операции, обеспечивающие ресурсосбережение	Область применения
1	2	3	4
А	1 Фронтальная фреза с плугом. Пат. РФ № 2523292. 2 Кочкорез с трехсекционной рамой, эжектором, глубокорыхлителем, дискатором. Пат. РФ № 2567516 РФ.	Ярусное фрезерование: - с запахиванием стружки; - с подачей щепы и стружки на дно щели	Кочки до 0,5 м. Редкий кустарник и кочки до 1,0 м

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Б	3 Драглайн. Землесос. Кусторез. Пат. РФ № 2480982. 4 Бороны с плитами. Каналоочиститель. Пат. РФ № 2247490, Пат. РФ № 2535162, Пат. РФ № 2494196, Пат. РФ № 2405886. 5 Экскаватор. Крепер	Удаление наносов для утилизации в составе водорегулирующего экрана. Сбор ила, щепы в котлован или в контейнер для утилизации в удобрительной смеси	Каналы с шириной дна до 10 м. Водоемы, реки, водозаборы, каналы с шириной дна более 10 м. Сеть двойного назначения
В	6 Промывной комплект с диагностическим оборудованием, гидросепаратором и контейнером. 7 Экскаватор. Бульдозер. Пат. РФ № 2608049	Сепарация от ила с водооборотом, укладка истокового и устьевого коллектора	Заиленный дренаж. Замена осушительных каналов на дренаж с диаметром 125 мм
Г	8 Комбинированный агрегат ярусной обработки земель. Пат. РФ № 2618097. Машина для комплексной обработки солонцовых почв. Пат. РФ № 156195. 9 Комбинированный агрегат биомелиорации деградированных почв. Пат. РФ № 2619449. Комбинированное почвообрабатывающее орудие для лугов и пастбищ. Пат. РФ № 2553638	Подпокровная обработка. Адресное внесение мелиоранта, укладка удобрительной прослойки и подпочвенного водорегулирующего экрана	Луговые черноземы и каштановые почвы. Степные бурые почвы при автоморфных и полугидроморфных солонцах до 25 %

Перспективное развитие технологических процессов восстановления эффективности функционирования солонцовых почв базируется на способах коренного улучшения лугов, пастбищ и пашни, предусматривающих сокращение многопроходности по почве технических средств, комплексной обработке почвогрунтов комбинированным агрегатом с адресным внесением мелиорантов, жидкого навоза и внутриводосборным внесением минеральных удобрений NPK, прослойки из органоминеральной биологически активной удобрительной смеси, полосового возделывания растений и удаления из почвы токсичных солей без выноса в водоемы и реки [7, 8].

Исследования ВНИИГиМ в зонах недостаточного увлажнения, например в Крыму, показали, что укладка биологически активного водорегулирующего экрана (БАВС) позволила снизить затраты оросительной воды в 1,4 раза и повысить урожайность сои на 10 ц/га [10]. Таким образом, при внесении в подпокровный слой над водорегулирующим экраном удобрительной органической прослойки, уменьшающей капиллярный подъем влаги на поверхность почвы, возможно водонакопление и водосбережение для возделывания растений на богарных землях.

Для исследования ресурсосберегающих технологий предполагается включить ведущие технические средства, рекомендованные на предыдущем этапе исследований, для осуществления технологических процессов комплексной обработки земель мелиоративных систем и восстановления функционирования каналов, дренажа осушительной и оросительной сети.

Предлагаемые технологии с рекомендованными машинами могут найти применение при восстановлении открытых осушительных каналов, проходящих в минераль-

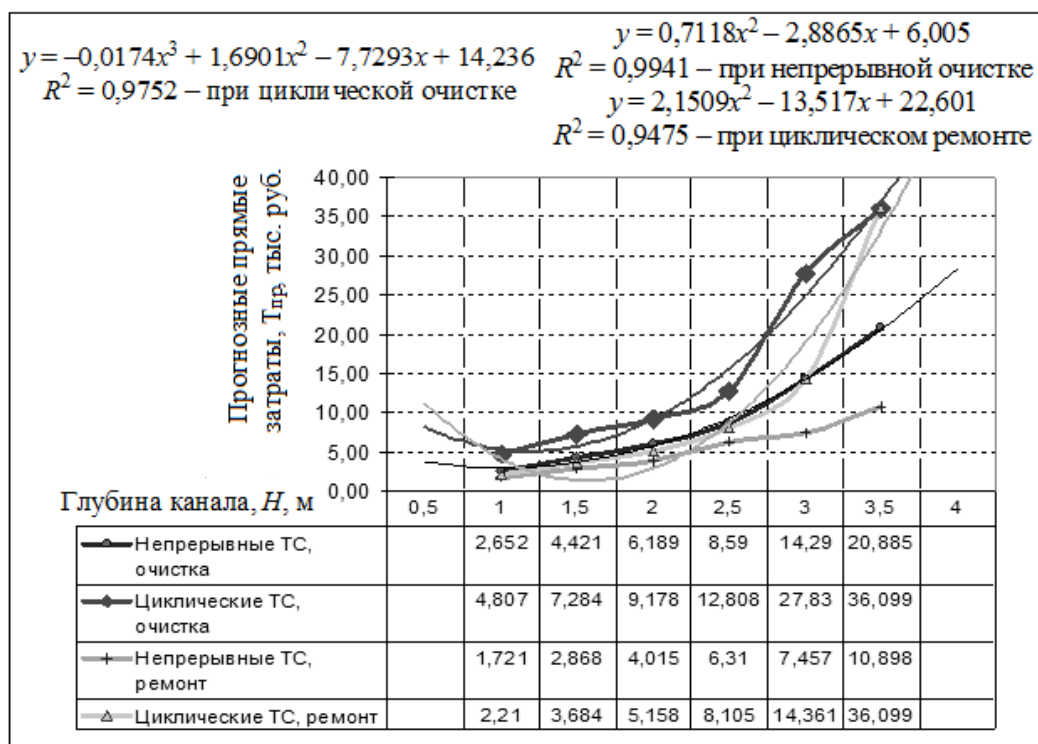
ных и торфяных грунтах с обеспечением выполнения работ с наилучшими технико-экономическими показателями. Для выполнения работ по восстановлению открытых осушительных каналов рекомендуются:

- новый каналоочиститель внутриканальный самоходный с низким расположением центра тяжести, предназначенный для очистки каналов глубиной до 2 м, с измельчением корней и пней на дне (КВМ-4,6). 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 класса 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 (КМ-2331). Имеет манипулятор с телескопической стрелой, 6 сменных рабочих органов, седельное сцепное устройство для присоединения двухосного полуприцепа;

- каналоочиститель многоцелевой на колесном ходу класса 30 кН, предназначенный для очистки каналов глубиной до 3,0 м, углубления дна, планировки откосов XS-8266S. Имеет манипулятор с телескопической стрелой, оборудование для дноуглубления, срезания кустарника на откосах и дне каналов.

Зависимость прогнозных прямых затрат от глубины открытого канала, при его длине 1,5 км, представлена на рисунке 1.



y – прямые затраты, тыс. руб.; x – глубина канала, м

Рисунок 1 – Прогнозные прямые затраты в зависимости от глубины канала

Для оросительных каналов с шириной по дну до 1,5 м рекомендуются к применению одноковшовый экскаватор ЭО-4112А1, с удельным давлением 0,06 МПа, массой 24,5 т, производительностью 90 м³/ч и удельными затратами на единицу производительности 9,61 руб./м³, поставляемый с ковшом драглайн (1,0 м³) ООО «ДонЭкс» РФ; от 1,5 до 7,0 м – универсальная плавучая машина типа УПМ-2 (118 кВт).

Для каналов с шириной по дну от 5,0 до 10,0 м – мелиоративный земснаряд

«Нижегородец-1М», мощностью двигателя 250 кВт, массой 14,0 т, с производительностью 80 м³/ч, удельными затратами на единицу производительности 26,38 руб./м³, поставляемый ОАО «Сапрпель» РФ.

При ширине дна каналов более 10 м рекомендуются: экскаватор-амфибия АМ140 ООО «ГраффТ» РФ с удельными затратами на единицу производительности 50,04 руб./м³; экскаватор ZX70 с массой 7,03 т, объемом ковша 0,28 м³, мощностью двигателя 40,5 кВт, с удельными затратами на единицу производительности 27,85 руб./м³; экскаватор-амфибия ZD120 с удельными затратами на единицу производительности 29,48 руб./м³, поставляемые ООО «Техстройконтракт».

Экскаватор-амфибия АМ-140 имеет глубину копания до 7,50 м, массу 20,5 т, высоту понтона 1,61 м, объем ковша 0,4 м³, ширину трака 1,45 м и может оборудоваться экскаваторами массой 12–14 т и телескопической рукоятью, землесосом PD3000, боковые гидравлически выдвижные понтоны которого повышают маневренность. Производительность землесоса 600–800 м³/ч и передача смеси по пульпопроводу на расстояние до 1,5–2,0 км.

Для выполнения работ по коренному улучшению закороченных земель рекомендуются:

- новый кочкорез, навесной на универсальную раму гусеничного бульдозера. Базовый трактор Агромаш-90ТГ. Рабочий орган фрезерного типа установлен перед отвалом и снабжен дополнительными опорами. На заднюю навеску трактора помещается плуг. Машина предназначена для обработки почв с кочками высотой 0,3–0,8 м. При обработке кочек высотой выше 0,5 м выполняет фрезерование верхней части кочки на 2/3 от ее высоты (патент РФ № 2523292). Принятая предварительная марка машины КФБ-1,8;

- новый фронтальный односторонний кусторез (патент РФ № 2247490), навесной на универсальную раму гусеничного бульдозера. Базовый трактор Д85ЕХ тягового класса 100–150 кН. Бульдозер с поворотным отвалом. На заднюю навеску помещается дополнительная обжимающая плита и батарея дисковых борон. Машина предназначена для одновременного срезания кочек и кустов, валки срезанной массы на смежную полосу в «прокос» и измельчения растительной массы двухрядной дисковой бороной. Принятая предварительная марка машины ФОК 5,5;

- новый самоходный кочкорез на колесной базе тягового класса 80–195 кН. Машина имеет трехсекционную раму, низкое расположение центра тяжести в рабочем положении (патент РФ № 2535162). На первой секции смонтированы фронтальный ковш – измельчитель кочек, глубокорыхлитель со сквозным каналом для утилизации измельченных кусков кочек и дернины, на второй – манипулятор с дискорубительным ножом для предварительной разделки кустарника. На третьей секции установлены дискатор, чизельный рыхлитель и каток. Машина выполняет за один проход срезку и измельчение кочек высотой до 0,58 м ленточными фрезами, измельчение внутрпочвенной части кочек дискатором на глубину до 0,2 м, подрезку корней кочки ножами чизельного рыхлителя на глубину 0,25 м. Принятая предварительная марка машины КИК-5,6;

- новый тяжелый ножевой каток для разделки дернины и кочек. Машина прицепного типа на базе трактора Агромаш-90ТГ с установленными поперечными ребрами. Предназначен для поверхностного разрезания наземной части кочек высотой до 0,4 м, при густоте 15000 шт./га. Принятая предварительная марка машины ТНК-2,4.

На основании анализа и обобщения опыта проведения коренного улучшения земель с солонцеватыми почвами предложены новые технологические процессы, учитывающие при комплексной обработке горизонтов почвогрунтов их разную консистенцию и величину концентрации химических веществ и токсических солей.

В качестве ведущей машины рекомендуется «Машина для комплексной обработки солонцовых почв» на базе шасси Четра Т-15.01 тягового класса 150 кН, для работы на больших площадях с наличием стерни или дернины, слоя солонцева-

той почвы, слоя подпочвенной линзы солонца и карбонатного подсолонцового слоя.

Рекомендуется «Комбинированный агрегат ярусной обработки засоленных земель с подсевом семян» на базе шасси ОТЗ-515 тягового класса 195 кН, для работы на пахотных и кормовых угодьях с пятнами солонцов до 25 % на 1 га.

Рекомендуется в качестве ведущей машины «Комбинированное почвообрабатывающее орудие для лугов и пастбищ» на базе шасси ОТЗ-520 тягового класса 195 кН, для работы на лугостепных, луговых угодьях при комплексах солонцов 10–25 % на 1 га.

В качестве ведущей самоходной машины рекомендуется «Комбинированный агрегат биомелиорации деградированных почв с рассолением и подсевом семян» на базе шасси Четра Т-15.01 тягового класса 150 кН, для работы на лугостепных, луговых угодьях при комплексах солонцов 15–25 % на 1 га, а на сухостепных, степных угодьях при комплексах солонцов 10–20 % с подпочвенной обработкой солонцового слоя, укладкой водорегулирующего экрана, внесением мелиоранта и удобрений, бинарным подсевом смесей семян.

Новые технологические процессы могут быть осуществлены при комплексной обработке горизонтов почвогрунтов с разной консистенцией и величиной концентрации химических веществ и токсических солей при внедрении ведущих самоходных машин, имеющих новые технические решения.

Заключение. Проведенные исследования показали, что совершенствование технологий восстановления функционирования мелиоративной сети, улучшения деградированных земель, солонцовых почв на землях мелиоративных систем, а также неиспользуемых богарных сельхозугодий, наряду с дополнением их ранее не применявшимися операциями укладки водорегулирующих экранов, возможно при создании самоходных комбинированных агрегатов с рабочими органами, новизна которых подтверждена патентами.

В усовершенствованных технологиях предусмотрена модернизация технических средств и использование их с современными энергетическими средствами, имеющимися на рынке.

Список использованных источников

1 Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2015 году. – М.: Росинформагротех, 2017. – 196 с.

2 Басс, В. Н. Система технологий и машин для комплексной механизации мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России / В. Н. Басс, В. С. Пунинский // Материалы междунар. науч. конф. – М.: Изд-во ВНИИА, 2005. – С. 486–491.

3 Ляшевский, В. И. Влазарядковые поливы в Крыму / В. И. Ляшевский, А. П. Тищенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 1(65). – С. 16–21.

4 Методические рекомендации по разработке прогнозных нормативных показателей для планирования развития сельского хозяйства на долгосрочную перспективу / А. Ф. Поцкалев, В. И. Петранев, И. Д. Олисаева, Т. Н. Макарова. – М.: Изд-во НИИПиН, 1981. – 52 с.

5 Суриков, В. В. Строительные машины для механизации гидромелиоративных работ / В. В. Суриков, Б. А. Васильев, В. Б. Гантман; под общ. ред. В. В. Сурикова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

6 Пат. 2589224 Российская Федерация, МПК⁶ А 01 В 79/02, А 01 В 13/14, С 09 К 101/00. Способ биомелиорации богарных земель с подпочвенным слоем солонца / Пунинский В. С.; заявитель и патентообладатель Пунинский В. С. – № 2015118608/13; заявл. 19.05.15; опубл. 10.07.16, Бюл. № 19. – 11 с.

7 Заявка 2016131887 Российская Федерация, МПК⁶ А 01 В 79/00. Способ комбинированной обработки солонцовых комплексов богарных земель / Пунинский В. С., Ки-

заяв Б. М., Мартынова Н. Б.; заявитель ФГНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»), заявл. 03.08.16; опубл. 10.12.16, Бюл. № 34. – 2 с.

8 Заявка 2016131889 Российская Федерация, МПК⁶ А 01 В 79/00. Способ биомелиорации деградированных богарных земель / Пунинский В. С., Кизяев Б. М.; заявитель ФГНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»); заявл. 03.08.16; опубл. 27.11.16, Бюл. № 33. – 2 с.

9 Пат. 2618097 Российская Федерация, МПК⁶ А 01 В 45/00. Комбинированный агрегат ярусной обработки засоленных земель с подсевом семян / Пунинский В. С.; патентообладатель Пунинский В. С. – № 2016108013/13; заявл. 09.03.16; опубл. 20.07.16, Бюл. № 20. – 1 с.

10 Рекомендации по биологической мелиорации деградированных сельскохозяйственных угодий / Ю. С. Пунинский, Б. М. Кизяев, В. Г. Федоров, В. С. Пунинский, В. Ю. Пунинский; под ред. Ю. С. Пунинского. – М.: Изд-во ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 1999. – 29 с.

УДК 631.92

М. В. Власенко

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

ВОССТАНОВЛЕНИЕ АГРОРЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА И УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПОЛУПУСТЫННО-СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮГА РОССИИ

Целью исследований являлось изучение возможности практического использования фитомелиорантов для улучшения мелиоративного состояния земель и восстановления плодородия зональных почв полупустынно-степной зоны юга России. Представлено оптимальное соотношение полукустарников и трав при создании поликомпонентных фитоценозов для пастбищ весенне-летнего, осенне-зимнего и круглогодичного срока использования. Рекомендуются на засоленных землях выращивать виды семейства Chenopodiaceae (терескен, прутняк, камфоросма и др.), которые занимают доминирующее или субдоминирующее положение в фитоценозах, хорошо поддаются селекции и пригодны для быстрого восстановления пастбищ. Коренное улучшение мелиоративного состояния земель и восстановление плодородия вторично засоленных почв возможно с помощью галофитов, способных переносить высокие уровни засоления. Период рассоления для почв средней степени засоления – 4–5 лет, сильной – 6–7 лет. Поверхностное улучшение рекомендуется на участках с изреженным до 50–60 % травостоем подсевом многолетних видов, что способствует повышению плодородия почвы и ее противозерозионной устойчивости, в итоге снижаются процессы опустынивания. Для экстремально засушливых почвенно-климатических условий юга России применимы адаптированные поликомпонентные посевы трав из семейства Chenopodiaceae (прутняка, терескена, камфоросмы), Poaceae (житняка узкоколосый и ширококолосый, волоснец ситниковый).

Ключевые слова: фитомелиорация, кормовые угодья, фитоценозы, фитомасса, продуктивность.

M. V. Vlasenko

Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

RESTORATION OF AGRO-RESOURCES POTENTIAL AND IMPROVEMENT OF CONDITIONS FOR FUNCTIONING DEGRADED LAND OF SEMIDESERT-STEPPE ZONE OF SOUTHERN RUSSIA

The purpose of research was to study the feasibility of using phytomeliorants for improving the meliorative state of lands and restoring the fertility of zonal soils in the semi-desert-steppe zone of southern Russia. The optimal ratio of subshrubs and grasses for creation polycomponent phytocenosis for pasture in spring-summer, autumn-winter and year-round use is presented. The species of Chenopodiaceae class (eurotea, osier stand, camphor-fume, etc.) on saline lands, which occupy a dominant or subdominant position in phytocenoses, well selectable and suitable for rapid restoration of pastures are recommended for saline soils. A radical improvement of land meliorative state and restoration of fertility of salt-affected soils is possible with halophytes capable of going through high levels of salinity. Desalinization period for soils of medium salinity is 4–5 years, for strong salinity is 6–7 years. Surface improvement is recommended in areas with grass canopy thinned to 50–60 % by underseeding of plurannual species, which contributes to the increase of soil fertility and its erosion resistance, that results in the decrease of desertification processes. Adaptive polycomponent regrassing from Chenopodiaceae class (eurotea, osier stand, camphor-fume), Poaceae (wheat grass fairway and platystachyous, Russian wildrye) are applicable for the extremely droughty soil-climatic conditions of southern Russia.

Key words: phytomelioration, forage lands, phytocenoses, phytomass, productivity.

Введение. Деградация, т. е. ухудшение качества почвы в результате воздействия антропогенных и природных факторов, приводящих к частичной потере почвой накопленных органических веществ, снижает способность почвы выполнять ресурсо- и средовосполняющие функции [1, 2]. Одним из признаков деградации является опустынивание.

Территория Волгоградской, Астраханской областей и республики Калмыкия входит в суббореальный пояс, который включает степную зону, зону сухих степей и полупустынную зону, отличается жесткими климатическими условиями, низкой продуктивностью почв и скудностью растительного покрова. Важнейший фактор опустынивания рассматриваемого региона – это значительное увеличение площадей вторично засоленных почв. Здесь практически нет незасоленных земель: за 10 последних лет их площадь увеличилась в 2,6 раза. Часто на одной и той же территории одновременно идут несколько процессов, приводящих к деградации почвенно-растительного покрова (засоление, дефляция, эрозия). В регионе имеется 6819,6 тыс. га деградированных и малопродуктивных сельхозугодий, в том числе деградированных вследствие эрозии 2249,0 тыс. га, дефляции 88,8 тыс. га, совместного проявления эрозии и дефляции 4,7 тыс. га; малопродуктивных засоленных 1459,3 тыс. га; с солонцовыми комплексами 2517,6 тыс. га; переувлажненных 222,6 тыс. га; заболоченных 12,4 тыс. га; каменистых 265,2 тыс. га. Особенно сильное опустынивание характерно для песков и почв супесчаного гранулометрического состава, а открытые песчаные массивы составляют 20,5 % всей площади региона (319 тыс. га).

Пастбища подвергаются наибольшей опасности, их продуктивность колеблется от 1–3 до 7–8 ц/га сухой массы в зависимости от типа почвы, степени ее засоленности, режима использования, стадии процесса опустынивания. На опустыненной территории ухудшаются физические свойства почв, гибнет растительность, снижается продуктивность фитоценозов, грунтовые воды подвергаются засолению, нарушается способность самовосстановления экосистемы. Деградивавшие агроценозы самостоятельно восстанавливаются и достигают состояния, позволяющего использовать их в качестве пастбищ и сенокосов, только в течение 10–15 лет.

Материал и методы. Исследования проводились с учетом материалов по оценке продуктивности кормовых угодий и выявлению способов увеличения их кормоемкости [3–8]. В работе использованы современные методы ландшафтно-экологических исследований, методические рекомендации [9].

Результаты и обсуждение. Нарастание темпов опустынивания аридных пастбищ, отражающих воздействие факторов деградации, ведет к необходимости ликвида-

ции последствий пастбищной дигрессии и ветровой эрозии, в том числе с помощью проведения фитомелиоративных технологий. Фитомелиорация полупустынно-степных сообществ (закрепление песков травами, полукустарниками и древесными растениями, улучшение лугопастбищных угодий подсевом трав, созданием ЗЛН и др.) является одним из приемов по восстановлению агоресурсного потенциала и улучшению условий функционирования деградированных земель с помощью травянистой или древесной растительности [2]. На защищенных территориях значительно улучшается гидротермический режим, сокращается поверхностный сток, оптимизируются процессы почвообразования, чище и полноводнее становятся реки и водоемы, богаче и разнообразнее флора и фауна [10–12].

Эффективность фитомелиорации увеличивается при образовании взаимодействующей экосистемы, использующей энергетические ресурсы растительной фитомассы, на всей агроландшафтной территории. В засушливых полупустынных и степных районах фитомелиоративные мероприятия тем эффективнее, чем большую территорию они охватывают.

Преимущество фитомелиорированных угодий над природными, немелиорируемыми, несомненно. Полукустарники и травы формируют высокий урожай поедаемой кормовой массы уже со второго года жизни и наращивают ее в течение 4–8 лет. Многолетние злаково-бобовые агроценозы 65 % урожая формируют до июля со сроком продуктивного долголетия 4–6 лет, полукустарниковые сообщества максимум урожая достигают в течение летне-осеннего периода со сроком продуктивного долголетия 16 и более лет. Созданные агрофитоценозы из интродуцируемых полукустарников и трав накапливают самый высокий запас поедаемой кормовой массы и превосходят урожай естественных пастбищ в 3–5 раз.

При создании поликомпонентных фитоценозов для пастбищ весенне-летнего срока использования оптимально соотношение: полукустарники – 60 %, травы – 40 %; для пастбищ осенне-зимнего срока использования: полукустарники – 85 %, травы – 15 % и круглогодичных пастбищ: полукустарники – 75 %, травы – 25 %.

Фитомелиорированные кормовые угодья эффективно используются, стабильно продуцируют, становятся зоотехнически комфортными и обеспечивают увеличение численности животных. Затраты на восстановление сильно опустыненных пастбищ путем комплексной фитомелиорации окупаются по кормам за 4–5 лет.

Так как естественные ценозически полночленные фитоценозы обладают устойчивыми и саморегулируемыми свойствами, то фитомелиоративные конструкции агроэкосистем должны основываться на зональных типичных естественных фитомелиорантах. Для повышения продуктивности пастбищ важен подбор и введение в культуру растений, устойчивых к экстремальным экологическим условиям региона (засухо-, соле- и морозоустойчивых и др.).

Почвенное засоление – серьезная экологическая проблема, причина которой близкое расположение к земной поверхности засоленных грунтовых вод, которые через систему капилляров перемещают соли к верхним слоям почвы. Большинство растений не могут расти в условиях засоления почв, так как повышенное содержание солей отрицательно влияет на корневую систему, рост растений замедляется, они дают низкий урожай. В связи с этим выявление возможности фитомелиорации засоленных в разной степени почв имеет важное научно-практическое значение.

Оценка фитогенного потенциала растений с учетом их реакции к свойствам почв позволяет прогнозировать продуктивность фитоценозов, вырабатывать мероприятия по фитомелиорации засоленных пастбищ. Так как площади засоленных пастбищ с каждым годом возрастают, то для повышения качества пастбищного корма и расширения ареала фитомелиорируемых земель необходимо исключить галодисперсные виды, приводящие к повышению засоления почв.

На засоленных землях рекомендуется выращивать виды семейства *Chenopodiaceae* (терескен, прутняк, камфоросма и др.). Они занимают доминирующее или субдоминирующее положение в фитоценозах, хорошо поддаются селекции и пригодны для быстрого восстановления пастбищ. Маревые, за исключением сорных и рудеральных растений, это преимущественно ксерофиты и классические галофиты, живущие в условиях крайней сухости и чрезвычайного засоления почвы, которых не выносят никакие другие растения. Введение маревых в состав ценозов оправдано их устойчивостью к хлоридному засолению (до 0,7–0,8 % Cl). Использование видов семейства маревых позволяет увеличить кормовую емкость до 1400–2000 к. е./га, а нагрузку на 1 га пастбищ довести до 5–6 голов. При этом экологическая обстановка пастбищ, как среды обитания для животных и аборигенной растительности, значительно стабилизируется.

Для создания культурных пастбищ в пустынно-степной зоне используют естественные кормовые угодья путем поверхностного или коренного их улучшения. Коренное улучшение предусматривает создание долголетних искусственных агроценозов разных сезонов использования на пастбищах с сильно деградированной растительностью, засоренных сорными и ядовитыми видами (эбелек, биюргун, горчак и др.). На сеяных пастбищах коренного улучшения урожайность увеличивается в 3–4 раза по сравнению с естественными.

Коренное улучшение мелиоративного состояния земель и восстановление плодородия вторично засоленных почв возможно с помощью галофитов, способных переносить высокие уровни засоления. Для использования данной технологии фитомелиорации перспективны: сведа дуголистная (*Suaeda arcuata* Bunge), сведа заостренная (*S. Acuminata* (C. A. Mey.) Moq.), лебеда белая (*Atriplex cana* C. A. Mey.), марь белая (*Chenopodium album* L.), саликорния европейская (*Salicornia europaea* L.), кохия веничная (*Kochia scoparia* L. Schrad.), солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.), солодка уральская (*G. uralensis* Fisch.), полынь солончаковая (*Artemisia halophila* Krasch.) и др. Период рассоления почв для почв средней степени засоления составляет 4–5 лет, сильной – 6–7 лет [13].

Такие фитомелиоранты, как люцерна (*Medicago x varia* Martyn), житняк гребневидный (*Agropyron cristatum* (L.) Beauv. subsp. *pectinatum* (Bieb.) Tzvel.), пырей удлиненный (*Elytrigia elongata* (Host) Nevski), выносят из слабозасоленной почвы до 270 кг/га водорастворимых солей, из сильнозасоленной – до 207 кг/га водорастворимых солей [14].

Поверхностное улучшение проводится на участках с изреженным до 50–60 % травостоем. При подсеве используются многолетние виды, что способствует повышению плодородия почвы и ее противоэрозионной устойчивости, в итоге снижаются процессы опустынивания. Создание высокопродуктивных пастбищ на деградированных землях пустынно-степной зоны обеспечивает пополнение зональных почв органикой корней и жнивья до 1,5–2,0 т/га в год [15].

Для экстремально засушливых почвенно-климатических условий юга России рекомендуются адаптированные поликомпонентные посевы трав из семейства *Chenopodiaceae* (прутняка, терескена, камфоросмы), *Poaceae* (житняк узкоколосый и ширококолосый, волоснец ситниковый), используют и других местные виды естественной и культурной флоры. Фитоценозы из смесей растений с участием полукустарников и трав в 1,5–2,0 раза продуктивнее монопосевов, более устойчивы в культуре, дают сбалансированный по питательности корм и лучше используют экологические резервы влаги, элементов питания и др.

При выращивании совместных посевов видов *Fabaceae* и *Poaceae* накопление фитомассы и вынос солей из пахотного горизонта происходит с нарастающим эффектом по годам возделывания. В течение всей вегетации увеличение почвенного засоления угнетает рост растений. Но при адаптации злаково-бобового агрофитоценоза к аридным условиям и повышении степени устойчивости фитомелиорантов к солям в почвенном растворе уже на второй год происходит уменьшение разницы между про-

дуктивностью злаково-бобового травостоя в варианте со слабым и сильным почвенным засолением. Под злаково-бобовым травостоем за счет накопления органического вещества увеличивается энергопотенциал почвы, что повышает водопрочность почвенных агрегатов. Увеличение корненаасыщенности почвы способствует повышению газообмена, улучшению водно-воздушного режима и поддержанию оптимальной комковатости почвы. Почвенное разуплотнение оказывает положительное влияние на влагоемкость, водопроницаемость и водоподъемную способность почвы [16].

Выводы. Таким образом, фитомелиорация полупустынно-степных пастбищ является необходимым импульсом для возвращения аридным экосистемам с нарушенным природным равновесием способности к самовосстановлению. Для практического использования фитомелиорации засоленных пастбищ рекомендуются пассивные фитомелиоранты, которые не влияют на миграцию солей в почве, а также аккумулирующие фитомелиоранты, при помощи которых можно рассолять верхние горизонты почвы, повышать биоразнообразие.

Список использованных источников

- 1 Энциклопедия агролесомелиорации / сост. и гл. ред. Е. С. Павловский. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. – 675 с.
- 2 Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием в Республике Калмыкия / Э. Г. Габунщина, Б. В. Виноградов, Н. Ф. Глазовский [и др.]; под ред. Э. Б. Габунщиной. – Элиста: Джангар, 1995. – 188 с.
- 3 Власенко, М. В. Влияние защитных лесных насаждений и микрорельефа на продуктивность кормовых угодий Сарпинской низменности / М. В. Власенко // Аридные экосистемы. – 2014. – Т. 20. – № 4(61). – С. 99–104.
- 4 Кулик, А. К. Стационарные исследования на гидрологическом комплексе ФНЦ / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016 – № 4(64). – С. 6–12.
- 5 Власенко, М. В. Продуктивность и сезонная динамика накопления фитомассы на естественных и мелиорированных пастбищах Сарпинской низменности / М. В. Власенко, А. К. Кулик, В. П. Воронина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2(34). – С. 83–88.
- 6 Кулик, А. К. Опреснение и водность р. Кумылги под влиянием песков / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2014. – Вып. 56. – Ч. 2. – С. 14–18.
- 7 Кулик, А. К. Эколого-гидрологическая оценка воздействия сельского и лесного хозяйства на песчаные земли Верхнего Дона / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1(57). – С. 89–94.
- 8 Кулик, К. Н. О перспективах защитного лесоразведения в Волгоградской области / К. Н. Кулик, А. К. Кулик // Стратегическое развитие АПК и сельских территорий РФ в современных международных условиях: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2015. – С. 303–307.
- 9 Рекомендации по формированию лесопастбищ в аридной зоне / В. И. Петров [и др.]. – Москва–Волгоград: РАСХН, 2000. – 42 с.
- 10 Кулик, А. К. Водный режим и баланс влаги песчаных земель Нижнего Дона (на примере Усть-Кунрюченского песчаного массива): дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Кулик Алексей Константинович. – Волгоград, 2005. – 143 с.
- 11 Кулик, А. К. Особенности водного режима на Придонских песчаных массивах / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Формирование и развитие сельскохозяйственной науки в XXI веке: сб. науч. тр. – Солёное Займище: ПНИИАЗ, 2016. – С. 27–32.
- 12 Кулик, К. Н. Водный баланс почв песчаных массивов (на примере Усть-

Кундрюченского массива, Ростовская область) / К. Н. Кулик, Н. Ф. Кулик, А. К. Кулик // Почвоведение. – 2012. – № 8. – С. 846–854.

13 Шамсутдинов, З. Ш. Галофитное растениеводство (эколого-биологические основы) / З. Ш. Шамсутдинов, Н. З. Шамсутдинов. – М.: Советский спорт, 2005. – 404 с.

14 Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову: монография / А. Г. Раменский, И. А. Цаценкин, О. А. Чижилов, Н. А. Антипин. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 470 с.

15 Пути решения экологических проблем агроландшафтов Западного Прикаспия / А. А. Айтемиров, Г. Н. Гасанов, М. Р. Мусаев, С. М. Гасанова // Юг России: экология развития. – 2008. – № 4. – С. 146–150.

16 Чапланова, М. П. Способ увеличения кормоемкости деградированных орошаемых засоленных земель с помощью пырейно-солодкового агрофитоценоза / М. П. Чапланова, С. Н. Нохашкиев // Вестник мясного скотоводства. – 2011. – № 4(64). – С. 110–117.

УДК 631.674.6

А. Н. Рыжаков, В. Н. Шкура, А. С. Штанько

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

О ФОРМЕ ЛОКАЛЬНОГО КОНТУРА КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Целью исследования является определение и обоснование наиболее типичной формы локальных контуров увлажнения и получение зависимости, описывающей граничные и внутриконтурные изоплеты локальных контуров капельного увлажнения. Обобщение данных по измерению параметров и очертаний локальных контуров увлажнения позволяет выбрать их типичную форму, описываемую полиномиальной зависимостью, экспериментально устанавливаемые коэффициенты которой определяются факторами влияния. В качестве почвенных параметров влияния рассмотрены объем глинистых частиц в объемной массе почвы и наименьшая влагоемкость, в соответствии с которыми определены значения эмпирических коэффициентов полинома и получены эмпирические зависимости, позволяющие определить относительные координаты контуров увлажнения. Сопоставительный анализ полученных по данным авторов расчетных значений координат контуров с данными ряда исследователей показал приемлемость полученных зависимостей для описания очертания контуров (при известных экспериментально определенных или рассчитанных значениях глубины и радиуса контура) с погрешностью $\pm 12\%$. Большей точности расчетов можно добиться с использованием средних значений.

Ключевые слова: капельное орошение, поливная норма, контур увлажнения, доливная влажность, внутриконтурные изоплеты.

A. N. Ryzhakov, V. N. Shkura, A. S. Shtanko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

ON LOCAL CONTOUR FORM OF DRIP IRRIGATION

The aim of the study is to determine and substantiate the most typical form of local moisture contours and to obtain the dependence describing the boundary and in-contour isopleths of local drip moistening contours. The data generalization on measurement of local drip irrigation contours parameters and forms allows us to choose their typical form, described by the polynomial dependence, the experimentally established coefficients of which

are determined by impact factors. As impact soil parameters, the volume of clay particles in the bulk soil mass and the lowest moisture capacity are considered, in accordance with which the values of the polynome empirical coefficients are determined and empirical relationships are obtained that allow to determine the relative coordinates of moisture contours. A comparative analysis of the calculation values of contours coordinates obtained by the authors with the data of some researchers showed the acceptability of the obtained dependences for describing the contours forms (with known experimentally determined or calculated values of contour depth and radius) with an error of ± 12 percent. More accurate calculations can be achieved using the average values.

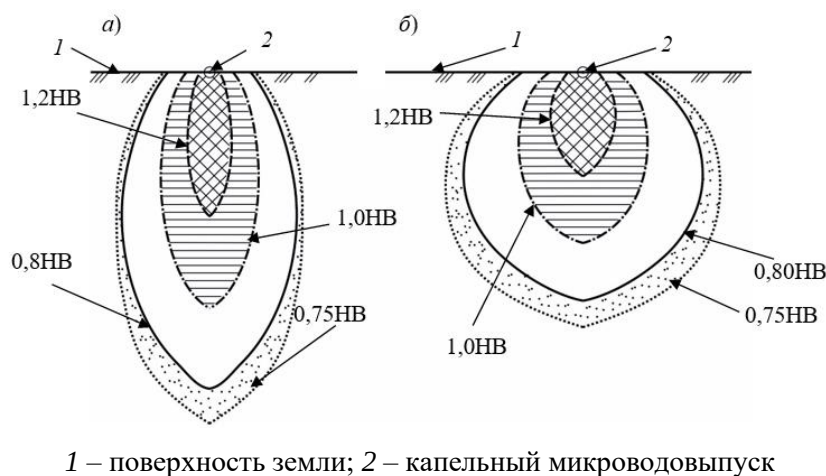
Key words: drip irrigation, irrigation rate, moisture contour, before irrigation moisture, in-contour isopleths.

Введение. В процессе капельного полива растений в пределах их ризосферы формируется определенный по форме контур увлажнения почвогрунтового пространства. Форма и линейные размеры контура в общем случае зависят от ряда факторов, среди которых почвенные условия и параметры капельного полива.

В процессе разработки технологий капельного орошения ряд исследователей обращались к решению задачи по определению очертания локальных контуров увлажнения, формируемых в почвогрунтовом пространстве при капельном поливе. При этом разнообразные (в зависимости от условий формирования) по очертанию контуры аппроксимировались до определенных наиболее типичных видов их форм. В части типизации форм контуров известны предложения В. С. Бочарникова и А. С. Овчинникова [1], О. Н. Карпенко [2], М. Ю. Храброва [3], А. А. Шевченко [4], О. Е. Ясонида [5] и других специалистов. Попытка описания типичной формы локального контура капельного увлажнения была предпринята В. Н. Шкурой и Д. Л. Обумаховым [6, 7].

Несмотря на наличие ряда предложений по определению очертания и объемов контуров увлажнения данная задача до настоящего времени остается в необходимой для практики мере неразрешенной, что побудило авторов этой статьи сделать свои предложения по этому вопросу.

Материалы и методы. Данные исследований форм локальных контуров, формируемых при капельном поливе почв, позволяют выбрать наиболее типичные их формы, оптимально близко и точно соответствующие реальному их очертанию. Примеры таких форм для легких и тяжелых по гранулометрическому составу почв приведены на рисунке 1.



1 – поверхность земли; 2 – капельный микроводовыпуск

Рисунок 1 – Схемы контуров увлажнения, формируемых в почвогрунтовом пространстве при капельном поливе в песчаных (а) и в глинистых (б) почвах

Для приведенных на рисунке 1 форм контуров характерно следующее.

1 Для легких (песчаных и супесчаных) почв характерна вытянутая по глубине

проникновения в почвогрунтовой профиль форма контура, при которой его глубина $h_{\text{кон}}$ существенно превышает его диаметр $d_{\text{кон}}$, т. е. $d_{\text{кон}}/h_{\text{кон}} \ll 1$.

2 В почвах со средними показателями их гранулометрического состава (тяжелосупесчаных, легко- и среднесуглинистых) формируются контуры увлажнения, в которых их глубина и диаметр отличаются незначительно, но при этом величина $h_{\text{кон}}$ несколько превышает величину $d_{\text{кон}}$ при соотношении $d_{\text{кон}}/h_{\text{кон}} \leq 1$.

3 В тяжелых (тяжелосуглинистых и глинистых) почвах для контура увлажнения характерно превышение значений диаметра контура над его глубиной, то есть $d_{\text{кон}}/h_{\text{кон}} > 1$.

При этом для всех типов почв в аппроксимированной (удобной для описания) форме характерны и общие особенности, среди которых: наличие уменьшения диаметра к поверхности почвы, наличие его расширения в срединной части и плавное сужение к низу контура. Указанные общности в очертании контуров позволили сделать В. Н. Шкуре и Д. Л. Обумахову [2] предложение в части их типизации и последующего математического описания их формы в виде функциональной связи $(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}} = f(h_i/h_{\text{кон}})$, где $(r_{\text{кон}})_{h_i}$ – радиус контура на заданной (определенной) глубине h_i , считая от поверхности земли до глубины контура $h_{\text{кон}}$ (в диапазоне от $h_i = 0$ до $h_i = h_{\text{кон}}$); $r_{\text{кон}}$ – радиус контура увлажнения, определенный по максимальной удаленности границы увлажняемой зоны от оси капания по горизонтали; $(r_{\text{кон}})_{h_i}$ – радиус контура на заданной глубине h_i увлажняемой зоны почвогрунтовой толщи. Указанный подход представляется нам обоснованным, а его приемлемость подтверждается известными экспериментальными данными. Вместе с тем, зависимость, приведенная В. Н. Шкурой и Д. Л. Обумаховым не учитывает почвенные характеристики и в этой части нуждается в уточнении.

Учитывая определенную сложность очертания контура для его математического описания в соответствии с «Методикой расчета ...» [1] может быть принято уравнение полинома в виде:

$$(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}} = K_0 + K_1(h_i/h_{\text{кон}})^1 - K_2(h_i/h_{\text{кон}})^2 + K_3(h_i/h_{\text{кон}})^3 - K_4(h_i/h_{\text{кон}})^{30}. \quad (1)$$

Коэффициенты в полиноме (1) должны учитывать почвенные условия формирования контура.

При обработке экспериментальных данных и параметров $(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}}$ для различных значений $h_i/h_{\text{кон}}$ изначально устанавливалась связь между $(d_{\text{кон}})_{h_i=0}/d_{\text{кон}}$ и $h_i/h_{\text{кон}}$ при $h_i = 0$ и значениями параметров, характеризующих почвенную среду. В качестве таких параметров, при проведении исследований по определению параметров контуров увлажнения устанавливались значения: количества глинистых частиц в % от массы сухой почвы ($W_{\text{г/ч}}$, % МСП), объемной массы почвенного образца в ненарушенном состоянии ($\gamma_{\text{об}}$, г/см³) и наименьшей влагоемкости ($W_{\text{НВ}}$, % МСП).

При камеральной обработке изначально в качестве почвенного фактора влияния рассматривалось содержание в почве (в пределах глубины увлажняемого слоя) физической глины. В процессе анализа экспериментального материала было установлено отсутствие корреляционной связи между величинами $(r_{\text{кон}})_{h_i=0}/r_{\text{кон}}$ и $W_{\text{г/ч}}$. При этом особозначимые отклонения имели место для почв с одинаковыми значениями $W_{\text{г/ч}}$ разной степени взрыхленности, т. е. при различных значениях $\gamma_{\text{об}}$. Отмеченные отклонения в значениях

$(r_{\text{кон}})_{h_i=0}/r_{\text{кон}}$ особенно проявились при проведении замеров контуров, формировавшихся в условиях взрыхленного и уплотненного слоя. Указанное обстоятельство побудило рассмотреть в качестве почвенного фактора влияния соотношения $(W_{\text{г/ч}} \cdot \gamma_{\text{об}})$. Параллельно с оценкой влияния указанного параметра рассматривалось влияние на величину $(r_{\text{кон}})_{h_i=0}/r_{\text{кон}}$ другой почвенной характеристики – осредненной по глубине увлажняемого слоя величины наименьшей влагоемкости почвы $W_{\text{НВ}}$, % МСП.

Результаты и обсуждение. В процессе камеральной обработки для указанных почвенных параметров устанавливались связи между $(r_{\text{кон}})_{h_i=0}/r_{\text{кон}} = K_0$, с одной стороны, и почвенными характеристиками $(W_{\text{г/ч}} \cdot \gamma_{\text{об}})$ и $W_{\text{НВ}}$ – с другой, где K_0 – свободный коэффициент, не связанный со значениями аргумента член полинома. Данные по установлению указанных функциональных связей приведены на рисунке 2.

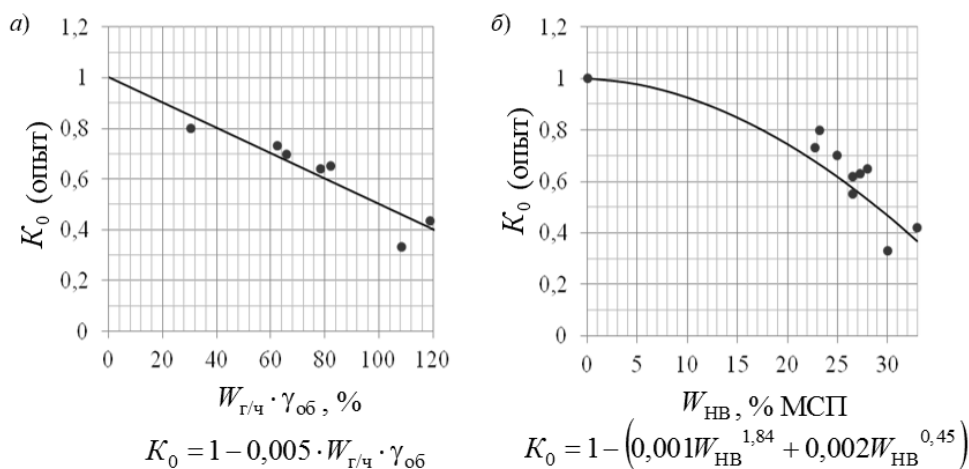


Рисунок 2 – Графики функциональных связей по глинистым частицам (а) и наименьшей влагоемкости (б)

В результате статистической обработки экспериментального материала получены нижеприведенные соотношения по определению коэффициентов полинома (1).

$$1 \quad K_0' = 1 - 0,005 \cdot W_{\text{г/ч}} \cdot \gamma_{\text{об}} \quad \text{и} \quad K_0'' = 1 - (0,001 W_{\text{НВ}}^{1,84} + 0,002 W_{\text{НВ}}^{0,45}),$$

где K_0 – коэффициент, соответствующий свободному члену полинома и величине $(r_{\text{кон}})_{h_i=0}/r_{\text{кон}}$ при $h_i = 0$;

$W_{\text{г/ч}}$ – объем глинистых частиц в почве, в % МСП;

$\gamma_{\text{об}}$ – объемная масса почвы, г/см³;

$W_{\text{НВ}}$ – наименьшая влагоемкость почвы, в % МСП.

2 $K_1 = 1,03/(K_0)^{1,2}$ – эмпирический коэффициент полинома (1) при параметре $(h_i/h_{\text{кон}})^1$:

$$K_1' = 1,03/(1 - 0,005 \cdot W_{\text{г/ч}} \cdot \gamma_{\text{об}})^{1,2} \quad \text{и} \quad K_1'' = 1,03/[1 - (0,001 W_{\text{НВ}}^{1,84} + 0,002 W_{\text{НВ}}^{0,45})]^{1,2}.$$

3 $K_2 = K_0 + K_1 = K_0 + 1,03/(K_0)^{1,2}$ – эмпирический коэффициент полинома (1) при параметре $(h_i/h_{\text{кон}})^2$:

$$K_2' = (1 - 0,005 \cdot W_{\text{г/ч}} \cdot \gamma_{\text{об}}) + 1,03/(1 - 0,005 \cdot W_{\text{г/ч}} \cdot \gamma_{\text{об}})^{1,2};$$

$$K_2'' = [1 - (0,001 W_{\text{НВ}}^{1,84} + 0,002 W_{\text{НВ}}^{0,45})] + 1,03/[1 - (0,001 W_{\text{НВ}}^{1,84} + 0,002 W_{\text{НВ}}^{0,45})]^{1,2}.$$

4 $K_3 = K_4 = 0,255K_0^{0,01}$ – эмпирический коэффициент полинома (1) при параметрах $(h_i/h_{\text{кон}})^3$ и $(h_i/h_{\text{кон}})^{30}$ соответственно:

$$K_3' = K_4' = 0,255(1 - 0,005 \cdot W_{\text{г/ч}} \cdot \gamma_{\text{об}})^{0,01};$$

$$K_3'' = K_4'' = 0,255 \cdot \left[1 - (0,001W_{\text{НВ}}^{1,84} + 0,002W_{\text{НВ}}^{0,45}) \right]^{0,01}.$$

После подстановки вышеприведенных соотношений по коэффициентам: K_0' и K_0'' ; K_1' и K_1'' ; K_2' и K_2'' ; $K_3' = K_4'$ и $K_3'' = K_4''$ расчетные полиномы по определению значений $(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}}$ для различных значений $h_i/h_{\text{кон}}$ приобретают нижеприведенный вид:

$$(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}} = K_0' + K_1'(h_i/h_{\text{кон}})^1 - K_2'(h_i/h_{\text{кон}})^2 + K_3'(h_i/h_{\text{кон}})^3 - K_4'(h_i/h_{\text{кон}})^{30}, \quad (2)$$

$$(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}} = K_0'' + K_1''(h_i/h_{\text{кон}})^1 - K_2''(h_i/h_{\text{кон}})^2 + K_3''(h_i/h_{\text{кон}})^3 - K_4''(h_i/h_{\text{кон}})^{30}. \quad (3)$$

Учитывая то обстоятельство, что ни один из рассмотренных почвенных параметров ($W_{\text{г/ч}} \cdot \gamma_{\text{об}}$) и $W_{\text{НВ}}$ для описания процесса формирования очертания контура увлажнения не является в полной мере основополагающим, предлагается определять значения $(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}}$ по каждому из параметров отдельно (т. е. находить значения $[(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}}]_{W_{\text{г/ч}} \cdot \gamma_{\text{об}}}$ и $[(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}}]_{W_{\text{НВ}}}$. При этом за окончательное значение $(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}}$ принимать среднее значение, определенное по каждому из почвенных параметров влияния.

Необходимость и целесообразность ведения расчетов по двум вышеуказанным почвенным параметрам объясняется тем обстоятельством, что в реальных почвенных условиях при одинаковых значениях $W_{\text{г/ч}}$ (один и тот же по гранулометрическому составу тип почвы) почва может характеризоваться разными значениями таких его показателей, как объемная масса $\gamma_{\text{об}}$ и $W_{\text{НВ}}$, изменяющимися в определенном (иногда достаточно широком) диапазоне. В связи с этим отметим, что ряд специалистов-гидромелиораторов, и даже агрономелиораторов, в публикациях, посвященных вопросам капельного орошения в целом и вопросам определения параметров контуров увлажнения в частности, ограничиваются указанием (описанием) на почвы (почв) в широком их толковании (например – «суглинистые черноземы» или «суглинистые темно-каштановые почвы») без указания параметров, определяющих исследуемый процесс (явление). Указанное обстоятельство с дефицитом приводимой информации по почвенным условиям или техническим и технологическим параметрам капельного полива не позволяет сделать необходимые обобщения известных опытных данных и дать оценку результатов таким образом представленных исследований.

Уровень погрешности в расчетах по формулам (2) и (3) в некоторой степени определяется величиной диапазона изменения значений $W_{\text{г/ч}}$, $\gamma_{\text{об}}$ и $W_{\text{НВ}}$. К примеру, для тяжелосуглинистых почв значения содержания в них глинистых частиц могут составлять 45–60 % МСП, объемная масса почвы (в зависимости от степени ее взрыхленности) может изменяться от 1,0 до 1,5 г/см³, а величина наименьшей влагоемкости может составлять 23–29 % МСП. Соответственно, характеризующий почву параметр ($W_{\text{г/ч}} \cdot \gamma_{\text{об}}$) в одних условиях может быть равным 45, а в других – 90 при значениях $W_{\text{НВ}} = 29$ и 23 % МСП соответственно. Применение только одной зависимости (2) или (3) для определения соответствующих значений $(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}}$ может иметь существенные различия в их величинах, пример этому данные приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Данные сопоставления расчетных значений относительных координат очертаний локальных контуров капельного увлажнения по зависимостям (2) и (3) при различных значениях, характеризующих почву параметров

$h_i/h_{\text{кон}}$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Расчетные значения $(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}}$ по (2) при $W_{\text{г/ч}} \cdot \gamma_{\text{об}} = 45$	0,775	0,893	0,970	1,006	1,003	0,963	0,887	0,776	0,633	0,448
Расчетные значения $(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}}$ по (3) при $W_{\text{НВ}} = 29 \% \text{ МСП}$	0,500	0,708	0,861	0,959	1,004	0,998	0,942	0,839	0,688	0,482
Расчетные значения $(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}}$ по (2) при $W_{\text{г/ч}} \cdot \gamma_{\text{об}} = 90$	0,550	0,735	0,868	0,951	0,985	0,972	0,913	0,811	0,665	0,468
Расчетные значения $(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}}$ по (3) при $W_{\text{НВ}} = 23 \% \text{ МСП}$	0,671	0,815	0,912	0,967	0,979	0,951	0,883	0,778	0,637	0,451

Выводы.

1 Форма локального контура капельного увлажнения почвогрунтового пространства является одной из важнейших технологических характеристик, используемых при расчетах поливных норм капельного орошения. Несмотря на наличие ряда работ и предложений по аппроксимации очертания контуров, формирующихся в почвенно-грунтовой толще, задача их математического описания в необходимой мере для практического использования не была разрешена, что побудило авторов сделать свои предложения по ее разрешению.

2 Форма (очертание) и размеры локальных контуров капельного увлажнения почв определяются почвенными условиями и технологическими параметрами каплеваания. В общем случае задача математического описания очертания контура сводится к определению функциональной связи вида $-(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}} = f(h_i/h_{\text{кон}})$.

3 Обобщение данных по измерению параметров и очертаний локальных контуров увлажнения позволяет выбрать их типичную форму, описываемую полиномиальной зависимостью вида $y = K_0 + K_1 \cdot x^1 + K_2 \cdot x^2 + \dots + K_n \cdot x^n$, экспериментально устанавливаемые коэффициенты которой (K_0 , K_1 , K_2 и K_n) определяются факторами влияния.

4 В качестве почвенных параметров влияния рассмотрены $W_{\text{г/ч}}$, $\gamma_{\text{об}}$ и $W_{\text{НВ}}$, в соответствии с которыми определены значения эмпирических коэффициентов полинома и получены эмпирические зависимости (2) и (3), позволяющие найти относительные координаты контуров увлажнения в координатной сетке $-(r_{\text{кон}})_{h_i}/r_{\text{кон}}$ и $h_i/h_{\text{кон}}$.

5 Сопоставительный анализ полученных по данным авторов расчетных значений координат контуров с данными ряда исследователей показал приемлемость получен-

ных зависимостей (2) и (3) для описания очертания контуров (при известных экспериментально определенных или рассчитанных значениях глубины $h_{\text{кон}}$ и радиуса $r_{\text{кон}}$ контура) с погрешностью $\pm 12\%$. Большей точности расчетов можно добиться с использованием средних значений $(r_{\text{кон}})_{h_i} / r_{\text{кон}}$, полученных по зависимостям (2) и (3).

Список использованных источников

- 1 Овчинников, А. С. Методика расчета и обоснование параметров контура увлажнения в условиях открытого и закрытого грунта / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков // Природообустройство. – 2012. – № 4. – С. 10–14.
- 2 Карпенко, О. Н. Капельное орошение роз в теплицах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Карпенко Ольга Николаевна. – Новочеркасск, 1989. – 22 с.
- 3 Храбров, М. Ю. Технология малообъемного орошения / М. Ю. Храбров // Мелиорация и водное хозяйство. – 2000. – № 4. – С. 30–32.
- 4 Шевченко, А. А. Капельное орошение садов / А. А. Шевченко, Е. Ф. Кушнirenко, М. М. Зобенко // Гидротехника и мелиорация. – 1977. – № 2. – С. 51–55.
- 5 Ясоники, О. Е. Водосбережение при орошении / О. Е. Ясоники. – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2004. – 473 с.
- 6 Шкура, В. Н. Расчетный метод определения параметров контура увлажнения при подземно-капельном орошении / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2014. – № 4(16). – С. 25–36. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec294-field6.pdf, 2017.
- 7 Шкура, В. Н. Капельное орошение яблони: монография / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов, А. Н. Рыжиков; под ред. В. Н. Шкуры. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 310 с.

УДК 627.42

Т. С. Пономаренко

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

АНАЛИЗ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЧАСТКА РУСЛА РЕКИ ТЕМЕРНИК И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В НЕМ (РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ)

В статье представлены результаты гидродинамического моделирования участка русла реки Термерник: максимальные уровни воды, значения расходов в створе каждого гидротехнического сооружения и анализ пропускной способности русла и сооружений, расположенных в нем при пропуске паводков редкой повторяемости.

Ключевые слова: сток, моделирование, паводок, гидротехническое сооружение, максимальный расход.

T. S. Ponomarenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

ANALYSIS OF THE CARRYING CAPACITY OF THE TEMERNIK RIVER REACH AND HYDRAULIC ENGINEERING STRUCTURES LOCATED IN IT (RESULTS OF HYDRODYNAMIC MODELING)

The results of hydrodynamic modeling of the Temernik river channel reach are presented: maximum water levels, flow outputs in cross section of each hydraulic structure, and analysis of carrying capacity and facilities located in it during flood discharge of rare occurrence.

Key words: runoff, simulation, flood, hydraulic engineering structure, maximum consumption.

В настоящее время вопрос использования малых рек весьма актуален. Это связано с наличием в крупных городах множества небольших рек и балок с постоянными и временными водотоками, которые периодически оказывают негативное влияние на жизнедеятельность населения (затопление жилых построек). Одним из факторов, способствующих возникновению таких негативных явлений, можно считать значительную застройку прилегающей к водному объекту территории и, как следствие, наличие большого количества водопропускных гидротехнических сооружений (мосты, переезды) в русле. Поэтому в рамках работ по изучению водного режима реки Темерник были проведены исследования, направленные на установление степени воздействия гидротехнических сооружений на режим прохождения максимальных расходов редкой повторяемости. Для этого был выполнен комплекс инженерно-геодезических и инженерно-гидрометеорологических изысканий, на основании которых разработана гидродинамическая модель реки [1].

Река Темерник – равнинная река, протекающая в Ростовской области и являющаяся правым притоком реки Дон. Длина реки – 35,4 км, из них 18 км по территории г. Ростова-на-Дону. Средний уклон русла реки 3,5 ‰, ширина русла в среднем до 10 м, глубина р. Темерник – 0,3–0,8 м.

Исследуемый район работ включал в себя русловую и пойменную части следующих участков: основного русла реки Темерник (протяженностью 2,8 км) и левой притока реки Темерник (общей протяженностью 8,7 км) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Участок моделирования

На участке реки расположено 2 подпорных гидротехнических сооружения и 13 мостов и переездов, параметры которых учтены в модели (рисунок 2).

Согласно гидрологическим расчетам, значения расходов дождевых паводков оказались выше (это объясняется высокой степенью застройки водосборного бассейна реки), чем весеннего половодья, поэтому они приняты для проведения анализа пропускной способности русла и ГТС.

В результате исследований установлено, что русло реки в разных местах обладает различной пропускной способностью, но в целом при расчете на вероятность превышения стока 1 ‰ выход воды за пределы пойменной части реки наблюдается в основном в местах расположения подпорных сооружений.

В зависимости от значения вероятности превышения стока на водоподпорных гидротехнических сооружениях уровень воды может превышать отметки гребня плоти-

ны, поэтому возможен перелив. В таблице 1 представлены сведения по уровням воды в створе данных гидротехнических сооружений, полученные при расчете на различные вероятности превышения стока [1].

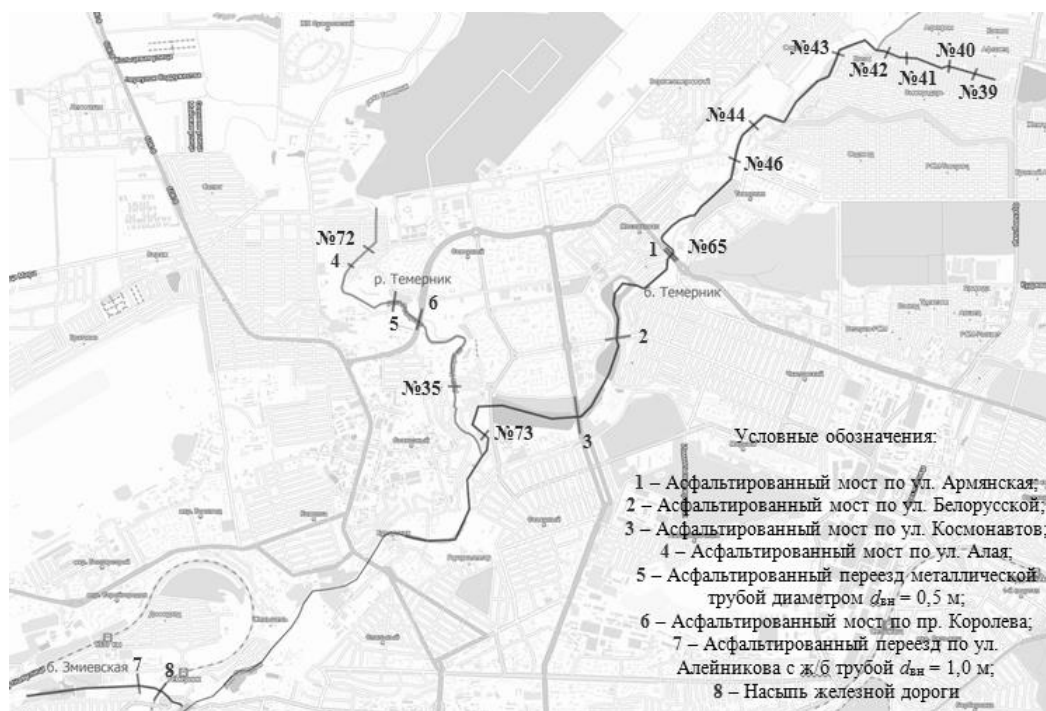


Рисунок 2 – Плановая схема расположения мостов и переездов

Таблица 1 – Уровни воды в створе плотин

Наименование участка реки	Пикет, м	Отметка гребня плотины, м	Уровень воды, м			
			1 %	5 %	10 %	25 %
б. Темерник, ГТС № 32	7306,8	24,44	25,16	24,53	23,75	23,42
б. Темерник, ГТС № 33	8869	21,51	22,01	21,27	20,97	20,82

На вероятность превышения стока 1 % перелив возможен на всех ГТС, при этом возможное превышение уровня воды колеблется в интервале 0,5 до 1 м.

При расчете на 5 % вероятности превышения стока перелив возможен на ГТС № 32 (б. Темерник). Уровень воды в створе плотин при этом изменяется от 0,01 до 0,54 м. На 10 % и 25 % вероятности превышения стока перелив на ГТС не наблюдается.

Также подпор уровня воды происходит в местах расположения гидротехнических сооружений и ряда мостов и переездов. Все сооружения, расположенные в русле реки, безусловно, оказывают влияние на гидравлические характеристики потока, но 13 из них, не обладая необходимой пропускной способностью, создают подпор, что приводит к подтоплению прилегающей территории. Местоположение и значения уровня воды в данных створах представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Уровни воды в створе переездов

Наименование сооружения	Пикет, м	Отметка верха дорожного полотна, м	Уровень воды, м			
			1 %	5 %	10 %	25 %
1	2	3	4	5	6	7
б. Темерник						
ГТС № 39	243,8	41,680	42,27	41,85	41,75	41,44
ГТС № 40	546,4	39,710	40,04	39,8	39,74	39,33
ГТС № 41	1055	37,410	38,54	37,7	37,52	37,047
ГТС № 42	1285,3	35,620	36,59	36,14	35,75	34,937

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
ГТС № 43	1947,9	33,350	34,83	34,19	33,98	33,36
ГТС № 44	3372,8	30,260	31,67	30,94	30,58	30,268
ГТС № 46	3833,8	29,000	30,16	29,48	29,22	28,71
ГТС № 65	5361,4	28,480	30,04	29,27	28,59	26,93
ГТС № 73	9403	12,876	14,69	13,76	13,56	13,37
р. Темерник						
ГТС № 72	393	25,050	25,72	25,46	25,32	25,057
ГТС № 35	3179	16,940	17,41	17,08	17,02	16,96
Асфальтированный автомобильный мост по ул. Алая	667	24,750	25,04	24,68	24,38	23,99
Асфальтированный переезд с металлической трубой диаметром $d_{\text{вн}} = 0,5$ м	1621	22,66	23,12	22,94	22,89	22,82

Исходя из данных таблицы 2, можно сделать вывод, что перелив через верх дождевого полотна наблюдается при расчете на все рассматриваемые значения обеспеченности стока. При $P = 1\%$ перелив наблюдается на всех ГТС, превышение находится в пределах 0,3–2,0 м; при $P = 5\%$ и $P = 10\%$ перелив происходит на всех ГТС, кроме асфальтированного автомобильного моста по ул. Алая, превышение уровня воды колеблется в пределах 0,1–2,0 м и 0,03–0,63 м соответственно; при $P = 25\%$ перелив наблюдается на ГТС № 42, № 43, № 44, № 73, № 72, № 35, и также переливу подвергается асфальтовый переезд с металлической трубой диаметром $d_{\text{вн}} = 0,5$ м, превышение находится в пределах 0,01–0,4 м [1].

На рисунках 3–4 представлены продольные профили участков моделирования с нанесением максимальных уровней воды при различных вероятностях превышения стока.

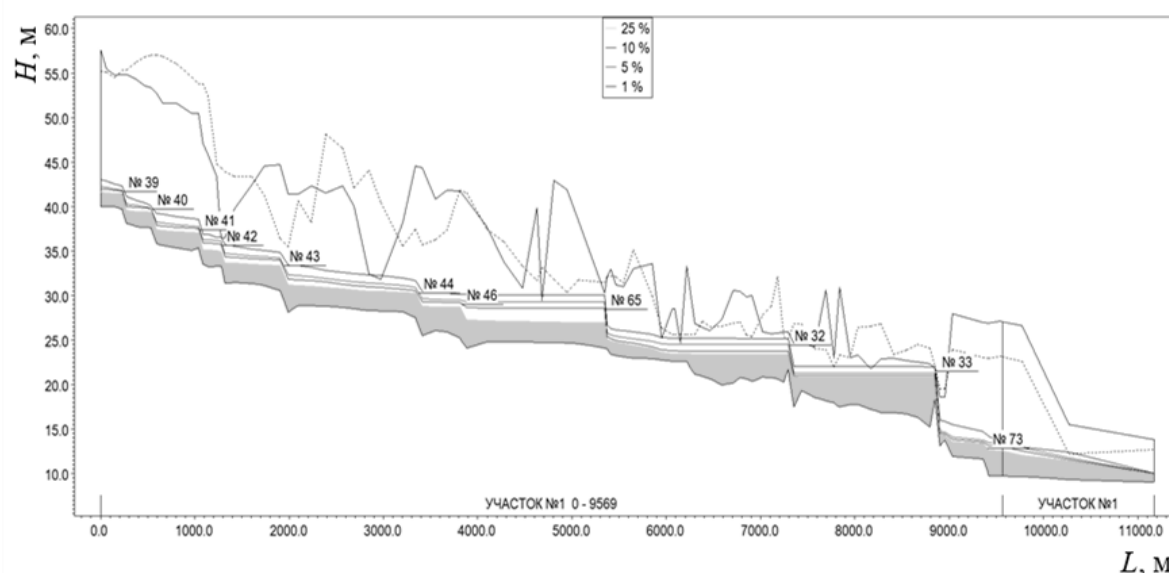


Рисунок 3 – Продольный профиль участка б. Темерник с изображением максимальных уровней воды при различных вероятностях превышения стока

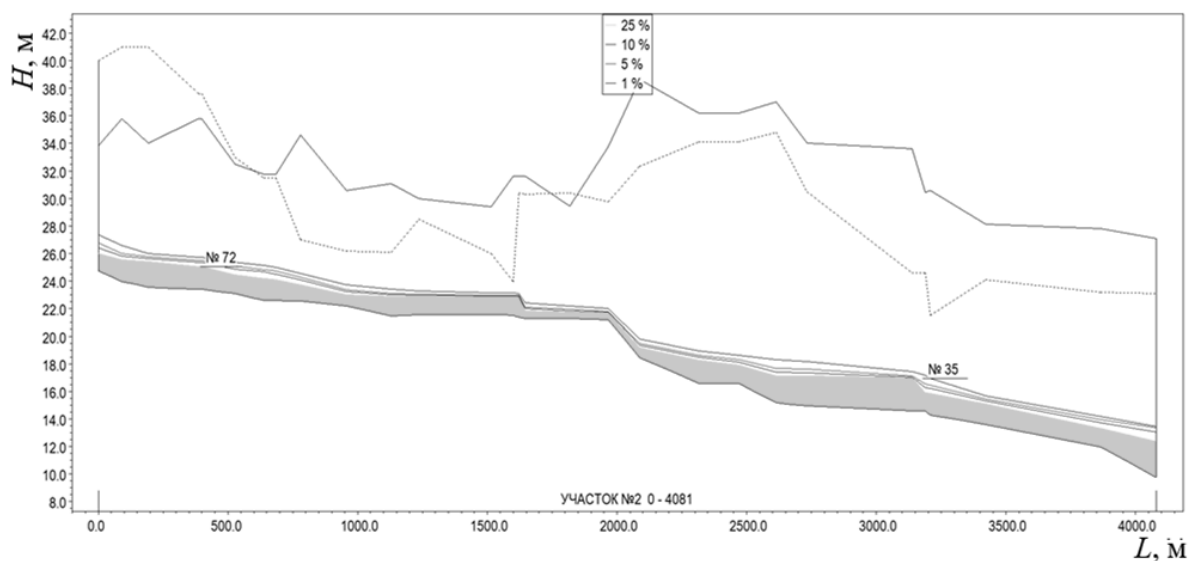


Рисунок 4 – Продольный профиль участка р. Темерник с изображением максимальных уровней воды при различных вероятностях превышения стока

Графики расходов в створах гидротехнических сооружений при прохождении половодий и паводков 1%-ной обеспеченности стока представлены на рисунке 5.

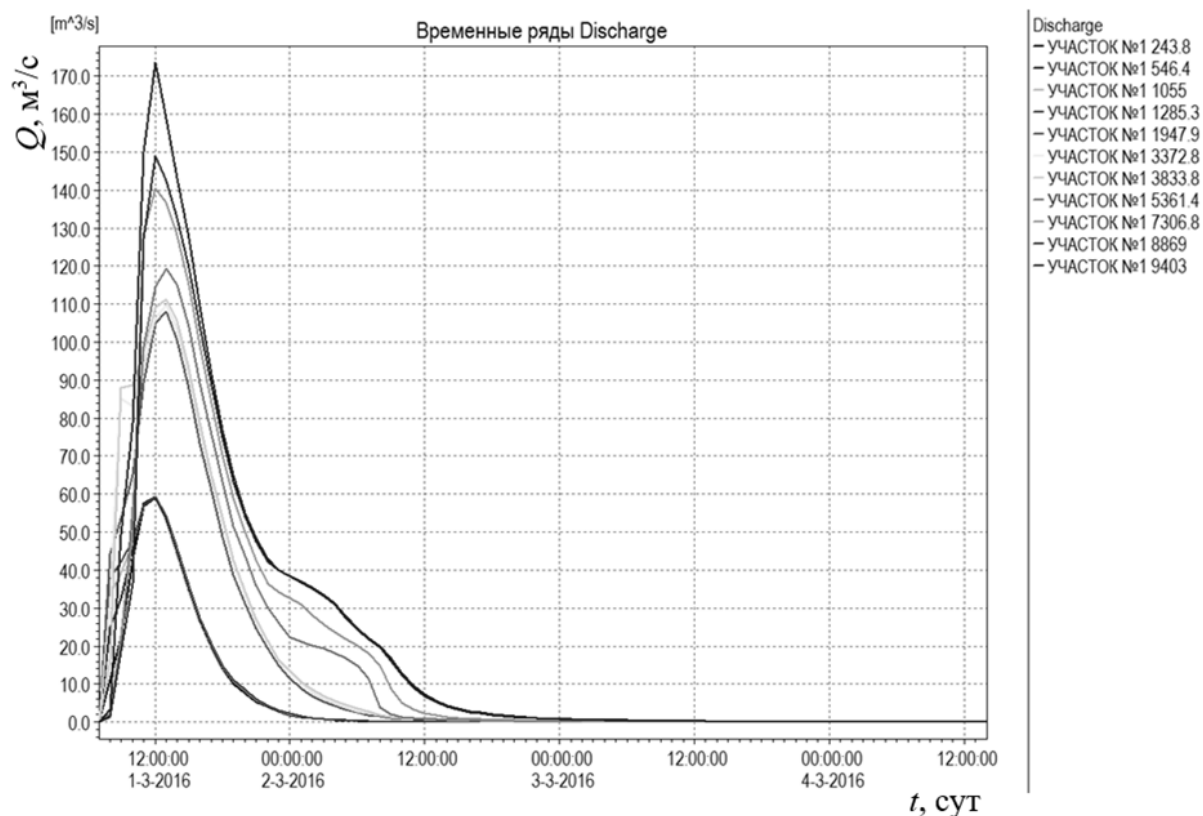


Рисунок 5 – Графики расходов в створах гидротехнических сооружений при прохождении дождевого паводка (б. Темерник)

Продольные профили с изображением скорости течения в русле б. Темерник и р. Темерник при прохождении дождевых паводков различных вероятностей превышения стока представлены на рисунках 6–7.

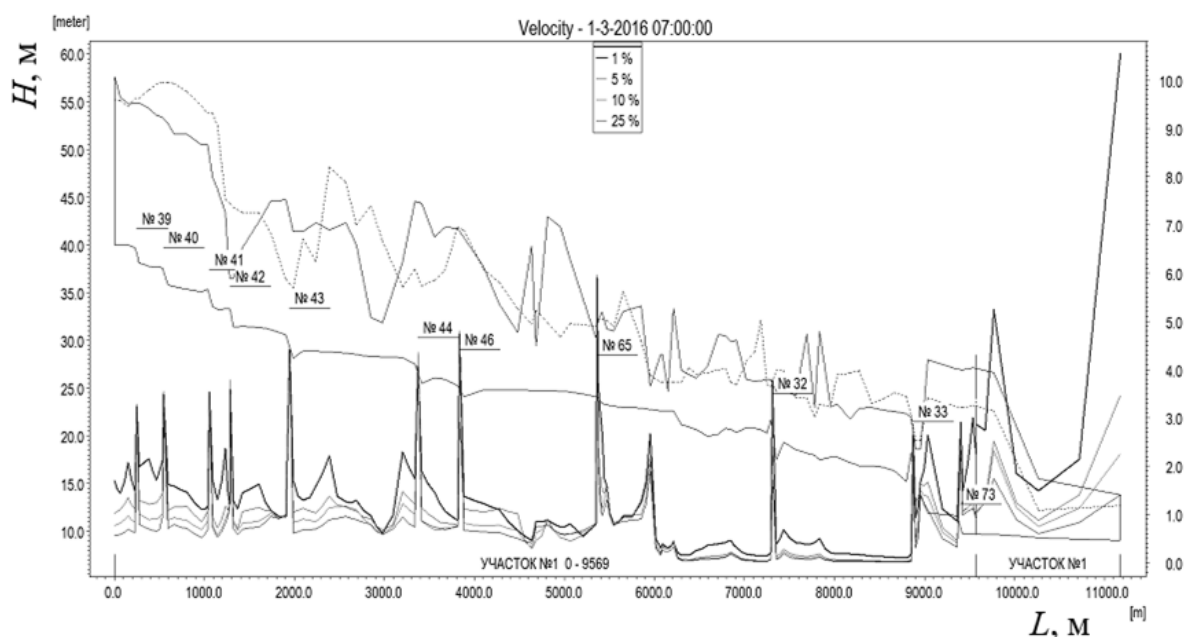


Рисунок 6 – Продольный профиль участка б. Темерник с изображением скорости течения при прохождении дождевого паводка различных вероятностей превышения стока

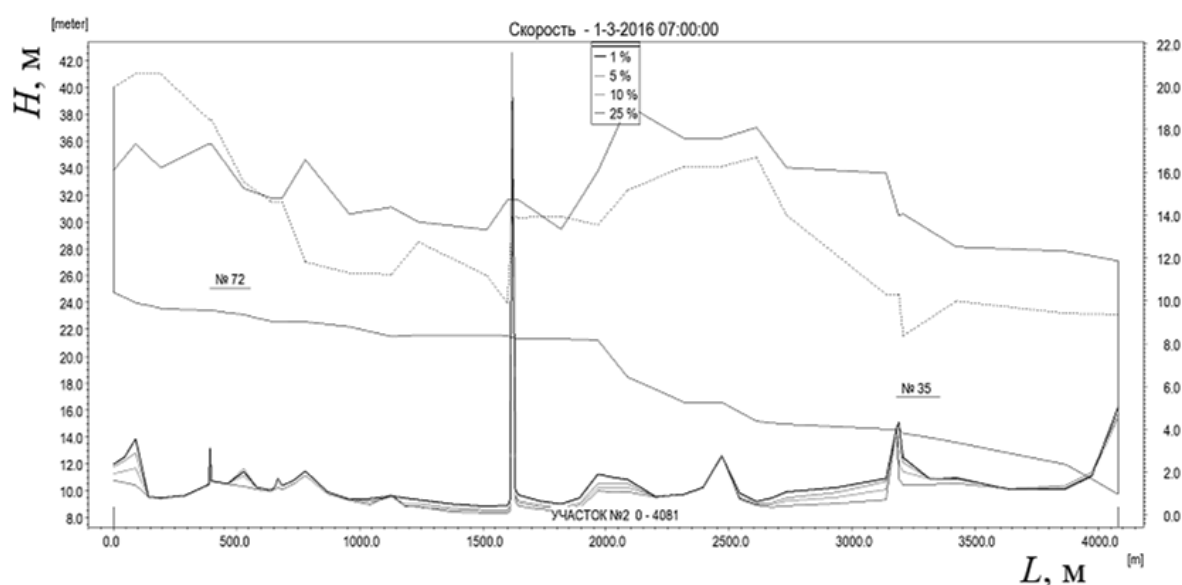


Рисунок 7 – Продольный профиль участка р. Темерник с изображением скорости течения при прохождении весеннего половодья различных вероятностей превышения стока

Как видно из представленных данных, пики максимальных значений скорости наблюдаются в местах расположения гидротехнических сооружений и переездов. Ввиду того что гидротехнические сооружения № 46, № 65, № 32 и № 73 не обладают достаточной пропускной способностью, наибольшие значения пиков расположены в створах именно данных сооружений и колеблются в интервале от 3,5–5,5 м/с. Увеличение скорости до 22 м/с на участке р. Темерник в створе ПК 1621 связано с наличием в русле данного пикета трубчатого переезда с низкой пропускной способностью.

Выполненные исследования позволили выявить сооружения, оказывающие наиболее негативное влияние при пропуске высоких значений расходов, а также уста-

новить уровни воды, графики расходов и проанализировать скорости течения в створах данных сооружений.

Список использованных источников

1 Технический отчет о работах по разработке гидродинамических цифровых компьютерных моделей русла реки и ГТС и сценарных исследованиях разработанных моделей: ГК № 23 от 19.09.2016 / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2015. – 68 с.

УДК 628.165:66.081.6:626.81

Н. М. Иванютин

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

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЛАБОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ХОЗЯЙСТВЕННО- ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОРОШЕНИЯ В КРЫМУ

После перекрытия Северо-Крымского канала на полуострове сформировались водodefицитные условия. По последним данным, в Крыму около 44 тыс. человек для питьевых нужд используют привозную или минерализованную подземную воду. В связи со сложившейся ситуацией в водохозяйственном комплексе появилась необходимость изыскания новых резервов для обеспечения населения, а также сельскохозяйственной отрасли чистой питьевой и технической водой. В настоящее время началось увеличение добычи подземных вод, так как во многих частях полуострова это единственный источник питьевой воды. Однако бесконтрольный отбор подземных вод может привести к ухудшению качественных и количественных характеристик особо ценных в экономической и социальной сфере, а главным образом, в питьевом и хозяйственно-бытовом водоснабжении населения Республики Крым ресурсов. В Крыму часть водозаборных участков по-прежнему находится в сложных условиях эксплуатации. Повышенная минерализация воды и загрязнение наблюдается на 186 водозаборах. Использовать такую воду для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения без дополнительной подготовки нельзя. С целью возможности использования данной категории вод прорабатывается вопрос выбора метода опреснения, который был бы наиболее экономически, технически и экологически эффективным и позволил бы частично решить проблему водообеспечения Республики Крым чистой водой.

Ключевые слова: водообеспечение, слабоминерализованные воды, химическое и бактериологическое загрязнение, опреснение, обратный осмос.

N. M. Ivanyutin

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

FEASIBILITY OF USING SUBSALINE SURFACE AND UNDERGROUND WATERS FOR UTILITY AND DRINKING WATER SUPPLY AND IRRIGATION IN CRIMEA

After the shutdown of the North-Crimean canal water-deficit conditions on the peninsula were formed. According to the latest data, about 44 thousand people in Crimea use transported or mineralized underground water for drinking needs. In connection with the current situation in water industry complex, it became necessary to find new reserves to provide population as well as agricultural sector with clean drinking and technical water. At present groundwater abstraction has increased, since in many parts of the peninsula it is the only source of drinking water. However, uncontrolled withdrawal of groundwater can lead to deterioration of qualitative and quantitative resources characteristics especially valuable in the

economic and social sphere, and mainly in public water supply for population of the Republic of Crimea. In Crimea, part of the water intake structures are still under severe operating conditions. Increased water salination and pollution is observed at 186 water intakes. To use such water for public water supply without additional treatment is impossible. For the purpose of application this category of water, the question of choosing a method of demineralization that would be the most economically, technically and ecologically efficient, and would partially solve the problem of water delivery with clean water in the Republic of Crimea is being worked out.

Key words: water supply, subsaline waters, chemical and bacteriological pollution, demineralization, reverse osmosis (hyperfiltration).

Введение. Резервами пополнения запасов пресной воды, с прогнозируемым ее резким дефицитом к 2050 г., наряду с подземными пресными водами, будут запасы подземных и поверхностных вод с различной минерализацией, а также морская и океаническая вода.

Крым обладает значительными запасами слабоминерализованных поверхностных и подземных вод, а также практически неисчерпаемыми запасами морских вод, главной особенностью которых является более низкая, по сравнению с мировым океаном, соленость, так, в Черном море она составляет 18 ‰, в Азовском – 10–12 ‰.

Часть подземных водозаборов Крыма, особенно в его северной и западной областях, находится в сложных условиях эксплуатации [1]. Это, прежде всего, повышенная минерализация воды, которая в отдельных районах достигает 5 г/дм³ и более. На рисунке 1 представлены участки, на которых фиксируется загрязнение подземных вод.

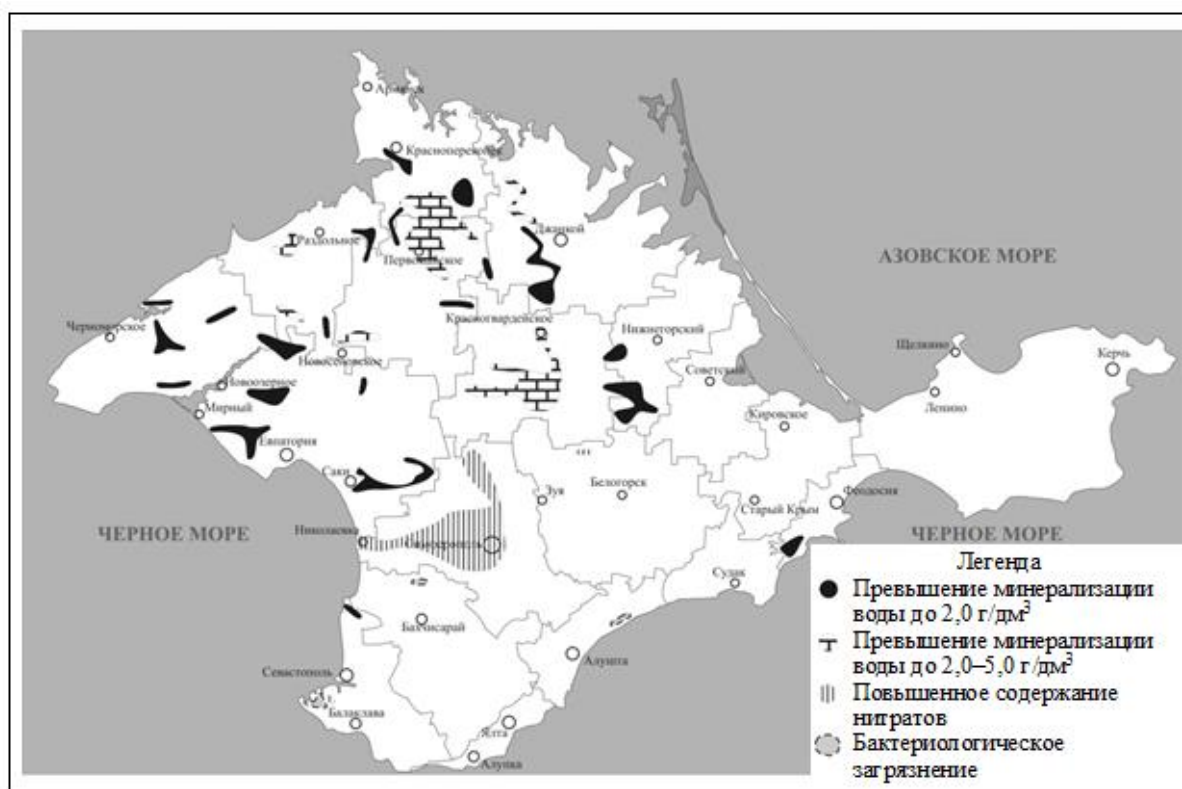


Рисунок 1 – Карта-схема загрязнения подземных вод Крыма

При норме содержания солей 1–1,5 г/дм³, в районе гг. Саки, Евпатория, Черноморское, в Нижнегорском, Краснопереконском и Джанкойском районах, фиксируются очаги превышения минерализации до 2 г/дм³, а в центральной, северной и северо-восточной частях полуострова минерализация достигает 5 г/дм³. В окрестностях Сим-

ферополя фиксируется мощное нитратное загрязнение подземных водоносных горизонтов, а в районе Севастополя и ЮБК – бактериологическое. Использовать такую воду для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения без дополнительной подготовки нельзя, т. к. она нанесет вред не только экологии полуострова, но и здоровью населения.

С целью возможности использования данной категории вод исследуется вопрос выбора метода опреснения, который был бы наиболее экономически, технически и экологически выгодным и эффективным и позволил бы частично решить проблему водоснабжения Республики Крым чистой водой.

Результаты и обсуждение. Опреснение воды может осуществляться различными способами: химическими (химическое осаждение, ионный обмен), физическими (дистилляция, обратный осмос или гиперфильтрация, электродиализ, вымораживание), биологическими методами с использованием способности некоторых фотосинтезирующих водорослей избирательно поглощать NaCl из морской воды, а также с помощью альтернативных установок (за счет воздействия ультразвуком, акустическими, ударными волнами, электромагнитными полями и др.).

Многообразие существующих методов получения пресной воды объясняется тем, что ни один из них не может считаться универсальным и подходить для всех случаев без исключения. Выбор технологий по очистке солоноватых подземных и поверхностных вод основан на изучении санитарно-физико-химического анализа исходной воды, а также на требованиях заказчика (производительность установки, технико-экономические показатели, требуемая степень очистки и т. д.). Поэтому для каждого конкретного источника воды (скважины, реки, моря, озера) необходимо разрабатывать индивидуальный, наиболее выгодный проект очистки.

Самыми передовыми и перспективными для использования в Крыму являются два мембранных способа опреснения: электродиализ и обратный осмос, а также гелио-опреснение. Мы рассмотрим возможность использования установок обратного осмоса, так как данные устройства имеют ряд преимуществ и представлены в большом ассортименте на рынке.

Схема очистки воды методом обратного осмоса представлена на рисунке 2 и заключается в следующем: вода под высоким давлением продавливается через полупроницаемую мембрану, так как молекулы соли имеют больший размер, чем молекулы воды, мембрана их не пропускает, и в итоге получают деминерализованную воду по одну сторону мембраны (пермеат) и высококонцентрированный солевой раствор воды (концентрат) по другую.



Рисунок 2 – Схема очистки воды методом обратного осмоса

Преимущества установок обратного осмоса:

- высокая степень очистки исходной воды (в ходе фильтрации отсеиваются все высокомолекулярные загрязнители – нитраты, пестициды, сульфаты, вирусы, микроорганизмы и др. химические примеси);
- в отличие от классических методов фильтрования, мембраны исключают про-

скоки загрязнений на завершающем этапе фильтроцикла и обеспечивают неизменное качество очищенной воды независимо от колебаний ее состава и температуры в источнике;

- локальные установки небольшой производительности позволяют существенно сократить расходы на строительство инженерных коммуникаций;

- блочно-модульный принцип построения установок, представлен на рисунке 3, дает возможность варьировать производительность, а также доставлять их к любой точке и использовать в любой точке. Современное и надежное оборудование дает возможность полной автоматизации процесса очистки.

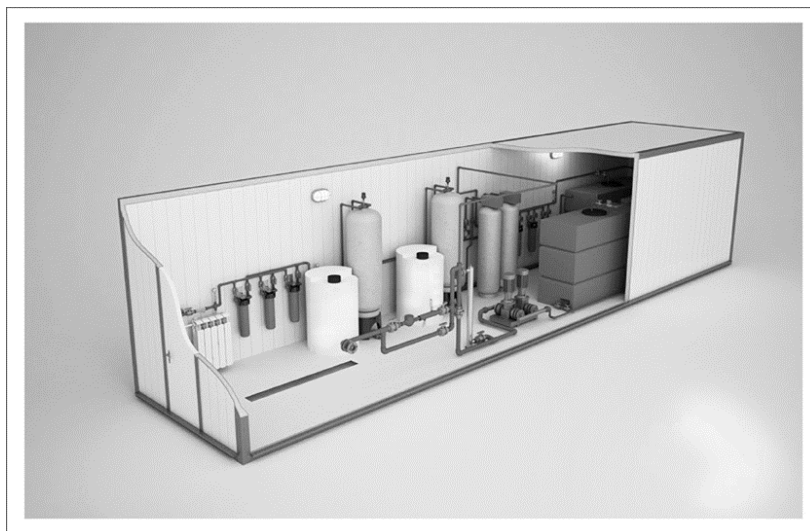


Рисунок 3 – Установка очистки воды в передвижном исполнении

Недостатки установок обратного осмоса:

1 Стоимость установки и полученной опресненной воды.

По данным одной из крымских компаний [2], производящей и реализующей данное оборудование, обслуживание установки мощностью 35 м³/сут обойдется приблизительно в 32 тыс. руб. в месяц, следовательно, стоимость воды будет около 30 руб./м³, а обслуживание установки производительностью 450 м³/сут обойдется в 280 тыс. руб. в месяц, следовательно, стоимость опресненной воды будет около 20 руб./м³. Цена полученной воды небольшая, однако к ней необходимо прибавить стоимость самой установки 500–1000 тыс. руб. – установка производительностью 20,0 м³/сут, стоимость исходной воды и ее подачи на установку, а также затраты на утилизацию полученного в процессе водоочистки высококонцентрированного рассола.

2 Затраты электроэнергии на очистку воды.

Следующим фактором, снижающим активное внедрение установок обратного осмоса и электродиализа по деминерализации воды в Крыму, является высокое потребление энергии в ходе процесса. В таблице 1 приведены данные по проектному энергопотреблению установок обратного осмоса различной производительности и их стоимости.

Как видно из приведенных характеристик установок, чем выше производительность, тем ниже затраты электроэнергии на очистку 1 м³ воды, но в целом это порядка 1 кВт энергии. Немаловажно и то, что при увеличении солесодержания в исходной воде энергопотребление установок также будет увеличиваться. Так, например, на удаление 1 кг соли необходимо около 2 кВт/ч электроэнергии.

3 Степень извлечения воды.

Последним, и одним из наиболее существенных, на наш взгляд, недостатком данных установок является степень извлечения воды. Так, в обратноосмотических установках она составляет 50–75 %, в электродиализных – 80–90 %.

Таблица 1 – Стоимость и затраты электроэнергии установок обратного осмоса на очистку 1 м³ воды [3, с дополнениями]

Производительность установки, м³/ч	Потребляемая мощность, кВт	Расход электроэнергии на 1 м³ воды	Стоимость установки в зависимости от содержания солей в воде, руб.	
			до 3 г/дм³	3–32 г/дм³
			при очистке воды с соленостью до 1,5 дм³	
0,6	1,3	2,20	384 000	810 000
1,0	1,6	1,60	487 000	1 047 000
2,0	3,2	1,60	769 000	1 698 000
5,0	5,6	1,10	1 060 000	2 550 000
10,0	8,0	0,80	1 861 300	4 470 000
20,0	15,0	0,75	3 740 000	9 345 000
50,0	34,0	0,68	8 900 000	21 360 000

То есть, при получении 1 м³ чистой воды мы будем иметь приблизительно от 0,3 до 1,0 м³ сильноконцентрированного рассола. Как его утилизировать? В приморской зоне можно сбрасывать рассол в море, в канализованных районах полуострова сливать в канализацию. А если нет ни моря, ни канализации, как в большей части регионов полуострова, которая и испытывает наибольший дефицит водных ресурсов, что с ним делать? Вопрос открытый. Есть проекты по использованию рассола для производства косметических средств, пищевой соли и т. д. Однако это влечет за собой необходимость создания всей инфраструктуры от сбора, хранения, транспортировки до производства готового продукта.

Эта проблема требует всестороннего исследования с целью нахождения наиболее экологически и экономически выгодного способа утилизации рассола без вреда для экологии полуострова.

Исходя из вышесказанного, использовать данные установки в настоящее время можно в приморской полосе для водообеспечения небольших населенных пунктов, гостиничных комплексов и пансионатов, промышленных объектов или в канализованных районах полуострова. Наиболее перспективными могут быть проблемный Феодосийско-Судакский регион, Керченский полуостров, а также Западный и Северо-Западный Крым, а вот использование данной технологии в центральном и северном Крыму в населенных пунктах, где отсутствует канализация, будет проблематично ввиду вышеперечисленных недостатков.

Выводы.

1 Проведенный анализ позволяет сделать вывод о возможности использования способов очистки воды на основе технологий обратного осмоса и электродиализа для деминерализации подземных, поверхностных и морских вод до нормативных показателей с дальнейшим ее использованием для хозяйственно-бытового водоснабжения населения. Однако такие недостатки, как высокая стоимость установок, необходимость большого количества электроэнергии на процесс водоподготовки, делают получаемую воду дорогой, а большое количество получаемой сбросной высокоминерализованной воды делает данный способ получения воды малопригодным для использования в центральных неканализованных районах Крыма.

2 Использовать для целей орошения воду, полученную данным способом, возможно только при выращивании в тепличных комплексах высокорентабельных сельскохозяйственных культур.

3 Необходимо проведение всесторонних исследований с целью изучения возможностей утилизации больших количеств высококонцентрированного рассола, получаемого в процессе водоподготовки, без вреда для экологии.

Список использованных источников

1 Иванютин, Н. М. Влияние антропогенной деятельности на подземные воды Крыма / Н. М. Иванютин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 3(63). – С. 25–31.

2 Себестоимость опресненной воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aqua-just.com/stati/sebestoimost-opresnennoy-vodi.html>, 2017.

3 Установки обратного осмоса АМАК RO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://amak-llc.ru/content/ustanovki-obratnogo-osmosa-amak-ro>, 2017.

УДК 631.675.2:633.49

В. Иг. Ольгаренко

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

БИОКЛИМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ЭВАПОТРАНСПИРАЦИИ КАРТОФЕЛЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЮГА РОССИИ

Целью исследований являлось определение биоклиматических коэффициентов картофеля летнего срока посадки в условиях юга России. При расчете биоклиматических коэффициентов использовалась модель С. М. Алпат'ева и А. М. Алпат'ева. На основании проведенных исследований установлено, что величина эвапотранспирации (ET), сумма активных температур ($\sum t$) и сумма дефицитов влажности воздуха ($\sum d_{\phi}$) составили соответственно: от 370 до 382 мм, от 1721 до 1889 °C и от 1036,2 до 1756,6 мм за 2012–2016 гг. Биоклиматические коэффициенты (K_t и K_d) составили соответственно 0,209 и 0,282. Динамика изменения биоклиматических коэффициентов (K_t и K_d) в зависимости от суммы накопленных активных температур воздуха ($\sum t$) и суммы дефицитов влажности воздуха ($\sum d_{\phi}$) за вегетационный период описываются эмпирическими уравнениями полиномиального вида второй степени с коэффициентами аппроксимации $R^2 = 0,81$, с максимальными значениями в фазу «цветение», которые составили соответственно: 0,278 и 0,392.

Ключевые слова: эвапотранспирация, сумма активных температур воздуха, сумма дефицитов влажности воздуха, биоклиматические коэффициенты, картофель.

V. Ig. Olgarenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

BIOCLIMATIC CALCULATION METHOD FOR THE POTATO EVAPOTRANSPIRATION FOR THE SOUTHERN RUSSIA CONDITIONS

The aim of research was to determine the bioclimatic coefficients of the summer planted potato under the conditions of southern Russia. When calculating bioclimatic coefficients, the model of S. M. Alpat'ev and A. M. Alpat'ev was used. On the basis of conducted studies it was found out that the amount of evapotranspiration (ET), the sum of active temperatures ($\sum t$) and the sum of air humidity deficiencies ($\sum d_{\phi}$) were respectively: from 370 to 382 mm, from 1721 to 1889 °C and from 1036.2 to 1756.6 mm for 2012–2016. The bioclimatic coefficients (K_t and K_d) were 0.209 and 0.282, respectively. Dynamics of bioclimatic coefficients (K_t and K_d) changes depending on the sum of the accumulated active air temperatures ($\sum t$)

and the sum of air humidity deficiencies ($\sum d_{\phi}$) over the vegetation period are described by empirical equations of the polynomial form of the second degree with the approximation coefficients $R^2 = 0.81$, with the maximum values in the “blooming” phase, which were respectively: 0.278 and 0.392.

Key words: evapotranspiration, sum of active air temperatures, sum of air humidity deficiencies, bioclimatic coefficients, potatoes.

Введение. Важным значением в развитии агропромышленного комплекса юга России является повышение эффективности использования земель, прежде всего на орошении [1, 2]. В этих условиях производство картофеля летнего срока посадки – одним из приоритетных направлений развития сельского хозяйства [3–5]. Возделывание картофеля в условиях дефицита водных ресурсов должно базироваться на обосновании и реализации модели прогноза эвапотранспирации, которая, в свою очередь, обеспечит повышение надежности процесса управления орошением; увеличит урожайность при экономном использовании водных и других ресурсов, улучшит экологическое состояние мелиорируемого фонда [6, 7].

Использование биоклиматического метода является обоснованным и общепринятым, однако он напрямую зависит от точных гидрометеорологических условий конкретного агроландшафта, так как потребление воды растениями в условиях оптимальной влагообеспеченности изменяется под влиянием биологических особенностей и климатических факторов [8, 9].

Материалы и методы. Исследования, на основании которых получены зависимости биоклиматических коэффициентов, проводились в течение пятилетнего периода в Октябрьском районе Ростовской области. Почвенный покров изучаемого агроландшафта представлен лугово-черноземными почвами с содержанием гумуса в пахотном (25 см) слое и подпахотном (25–60 см) 4,75 и 3,30 %; нитраты, фосфор и калий для слоя 0–60 см составили 17,4, 16,4 и 268 мг/кг сухой почвы соответственно в среднем за рассматриваемые годы исследований. Влагообеспеченность орошаемого массива за вегетационный период характеризовалась гидротермическим коэффициентом Г. Т. Селянинова: 0,91, 0,66, 0,34, 0,24 и 0,69; в период вегетации выпало 162,8, 122,1, 65,2, 42,5 и 121,7 мм осадков; относительная влажность воздуха, в среднем, составила 51, 53, 50, 48 и 56 % соответственно за 2012–2016 гг. Вегетационные периоды, по дефициту естественного увлажнения, характеризовались, как: 2012 г. – «средневлажный», 2013 г. – «средний», 2014 г. – «среднесухой», 2015 г. – «среднесухой», 2016 г. – «средний».

Расчет биоклиматических коэффициентов проводился на основании учета экспериментальных данных величин эвапотранспирации (ET , мм) для каждой фазы роста и развития картофеля летнего срока посадки, фактической суммы накопленной температуры воздуха ($\sum t$, °C) и суммы дефицитов влажности воздуха ($\sum d_{\phi}$, мб) за рассматриваемый временной период (зависимости (1), (2) [10]:

$$K_t = ET / \sum t, \quad (1)$$

$$K_d = ET / \sum d_{\phi}, \quad (2)$$

где K_t , K_d – биоклиматические коэффициенты;

ET – эвапотранспирация, мм;

$\sum t$ – сумма активных температур воздуха, °C;

$\sum d_{\phi}$ – сумма дефицитов влажности воздуха, мб.

Сумма активных температур воздуха определялась по фактическим данным метеостанции. Дефицит влажности воздуха определялся по зависимости (3):

$$d_{\phi} = l_A \cdot (1 - 0,01 \cdot r), \quad (3)$$

где d_{ϕ} – дефицит влажности воздуха, мб;

l_A – максимальная упругость водяного пара, соответствующая температуре воздуха, определяемая по психометрическим таблицам метеостанции, мб;

r – относительная влажность воздуха, %.

Результаты и обсуждение. Величина эвапотранспирации (ET) определялась водобалансовым методом. Данные накопленной активной температуры, суммы дефицитов влажности воздуха и величины эвапотранспирации представлены в таблице 1 по основным фазам развития картофеля летнего срока посадки.

Таблица 1 – Данные температуры, дефицита влажности воздуха и эвапотранспирации по основным фазам развития картофеля летнего срока посадки в среднем за рассматриваемые годы исследований

Характеристика	Фаза роста и развития						За вегетационный период
	Всходы	Бутонизация	Цветение	Прекращение прироста ботвы	Увядание ботвы	Техническая спелость	
Эвапотранспирация (ET), мм	41,4	109,8	49,6	78,0	61,2	36,2	376,2
Сумма активных температур ($\sum t$), °C	254,6	448,6	178,6	357,6	347,0	213,8	1800,2
Сумма дефицитов влажности воздуха ($\sum d_{\phi}$), мб	161,1	330,6	130,9	267,0	247,8	164,6	1335,6

Анализ данных показывает, что сумма активных температур ($\sum t$) в среднем за рассматриваемые годы исследований составила соответственно: за вегетационный период от 1721 до 1889 °C; в фазу «всходы» от 227 до 271,6 °C, в фазу «бутонизация» от 421 до 448 °C, в фазу «цветение» от 165 до 192 °C, в фазу «прекращение прироста ботвы» от 345 до 371 °C, в фазу «увядание ботвы» от 301 до 372 °C, в фазу «техническая спелость» от 198 до 224 °C. Сумма дефицитов влажности воздуха ($\sum d_{\phi}$): за вегетационный период от 1116,8 до 1756,6 мб; в фазу «всходы» от 88,3 до 225,0 мб, в фазу «бутонизация» от 222,9 до 330,6 мб, в фазу «цветение» от 92 до 160,3 мб, в фазу «прекращение прироста ботвы» от 239,2 до 386,0 мб, в фазу «увядание ботвы» от 201,6 до 313,8 мб, в фазу «техническая спелость» от 119,2 до 196,7 мм. Эвапотранспирация (ET): за вегетационный период от 370,0 до 382,0 мм; в фазу «всходы» от 40,5 до 42,0 мм, в фазу «бутонизация» от 107,0 до 111,6 мм, в фазу «цветение» от 48,1 до 50,8 мм, в фазу «прекращение прироста ботвы» от 77,2 до 78,7 мм, в фазу «увядание ботвы» от 60,5 до 62,1 мм, в фазу «техническая спелость» от 35,4 до 36,8 мм.

Количественные значения биоклиматических коэффициентов картофеля по фазам его вегетации представлены в таблице 2.

Анализ данных показывает, что значения биоклиматических коэффициентов (K_t и K_d) составили соответственно: в фазу «всходы» 0,163 и 0,284; в фазу «бутонизация» 0,245 и 0,361; в фазу «цветение» 0,278 и 0,392; в фазу «прекращение прироста ботвы» 0,218 и 0,291; в фазу «увядание ботвы» 0,177 и 0,254; в «фазу техническая спелость» 0,169 и 0,227.

Эмпирические зависимости динамики изменения биоклиматических коэффициентов (K_t и K_d) в зависимости от суммы накопленных активных температур воздуха ($\sum t$) и суммы дефицитов влажности воздуха ($\sum d_{\phi}$) за вегетационный период представлены на рисунках 1 и 2, которые описываются уравнениями полиномиального вида второй степени (формулы (4), (5):

$$K_t = -151,2 \cdot 10^{-9} \cdot \sum t + 29,7 \cdot 10^{-5} \cdot \sum t + 0,1, R^2 = 0,81; \quad (4)$$

$$K_d = -3,0 \cdot 10^{-7} \cdot \sum d_\phi + 36,35 \cdot 10^{-5} \cdot \sum d_\phi + 0,24, R^2 = 0,81, \quad (5)$$

где K_t , K_d – биоклиматические коэффициенты;

$\sum t$ – сумма активных температур воздуха, °С;

$\sum d_\phi$ – сумма дефицитов влажности воздуха, мб.

Таблица 2 – Биоклиматические коэффициенты по фазам развития картофеля, в среднем за 2012–2016 гг.

Характеристика	Фаза роста и развития						За вегетационный период
	Всходы	Бутонизация	Цветение	Прекращение прироста ботвы	Увяядание ботвы	Техническая спелость	
Биоклиматический коэффициент K_t	0,163	0,245	0,278	0,218	0,177	0,169	0,209
Биоклиматический коэффициент K_d	0,284	0,361	0,392	0,291	0,254	0,227	0,282

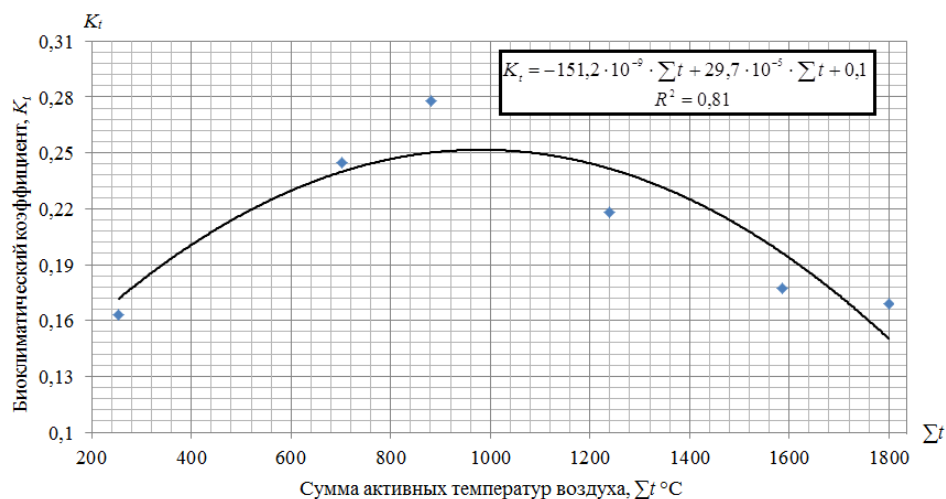


Рисунок 1 – Динамика изменения биоклиматических коэффициентов в зависимости от суммы накопленных активных температур воздуха

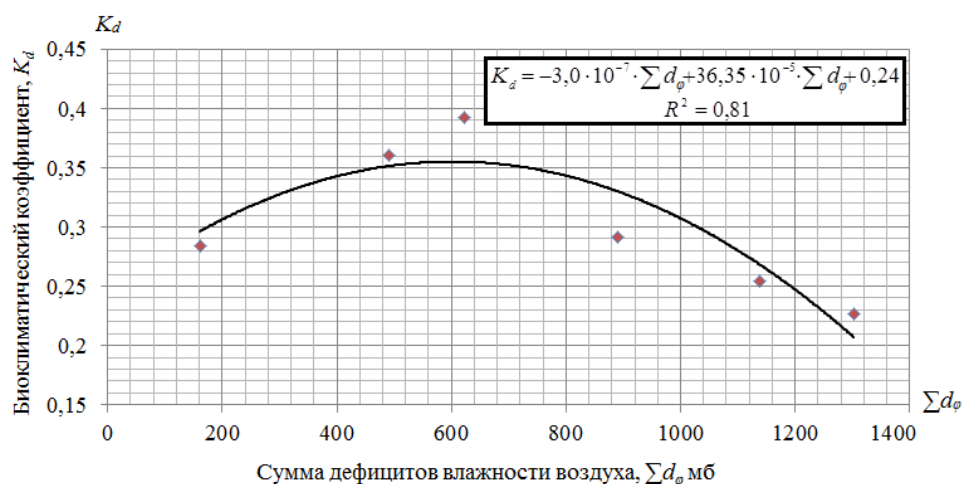


Рисунок 2 – Динамика изменения биоклиматических коэффициентов в зависимости от суммы дефицитов влажности воздуха

Выводы. В результате многолетних исследований установлены: количественные значения биоклиматических коэффициентов, максимальные величины которых были отмечены в фазу «цветение» и составили соответственно: $K_t = 0,278$ и $K_d = 0,392$; динамика изменения биоклиматических коэффициентов по основным фазам роста и развития картофеля летнего срока посадки, эмпирические зависимости которых описываются полиномиальными уравнениями второго порядка с соответствующими коэффициентами аппроксимации: $R^2 = 0,81$.

Список использованных источников

1 Ольгаренко, Г. В. Повышение точности расчетов суммарного испарения / Г. В. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко // Кадры и научно-технический процесс в мелиорации: материалы Всероссийской науч.-техн. конф., г. Новочеркасск, 25 сентября 1996 г. – 27 сентября 1997 г. – Новочеркасск: НГМА, 1997. – С. 101–103.

2 Щедрин, В. Н. Современное состояние и пути дальнейшего развития мелиорации в России / В. Н. Щедрин // Проблемы рационального использования природохозяйственных комплексов засушливых территорий: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., с. Солёное Займище, 22–23 мая 2015 г. / под науч. ред. В. П. Зволинского / ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. – С. 340–352.

3 Бабичев, А. Н. Технологические подходы к нормированию режимов орошения и аппарат прогнозирования водопотребления картофеля в условиях поймы Нижнего Дона / А. Н. Бабичев, В. Иг. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 2(22). – С. 148–165. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=406&id=416>.

4 Монастырский, В. А. Возможность использования сидератов на орошаемых землях Ростовской области / В. А. Монастырский // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2011. – Вып. 45. – С. 66–69.

5 Щедрин, В. Н. Концептуальное обоснование разработки научно-технического обеспечения развития мелиорации земель в России / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 4(24). – С. 1–21. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec441-field6.pdf.

6 Щедрин, В. Н. Влияние регулярного и циклического видов орошения на почвенное плодородие и продуктивность чернозема обыкновенного Азовской оросительной системы / В. Н. Щедрин // Почвоведение. – 2016. – № 2. – С. 249–256.

7 Щедрин, В. Н. Оптимизация состава приборного обеспечения контроля агрометеопараметров как этап разработки технологии прецизионного орошения / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, А. А. Чураев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 3(23). – С. 1–18. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec425-field6.pdf.

8 Кулыгин, В. А. Биоклиматические коэффициенты картофеля и овощных культур в Ростовской области / В. А. Кулыгин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2013. – № 4(12). – С. 81–92. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=205&id=212>.

9 Григоров, С. М. Биоклиматические коэффициенты водопотребления сладкого перца при капельном орошении / С. М. Григоров, Д. Ю. Богомолов, С. В. Федотова // Теоретическое и практическое развитие науки в современных социально-экономических условиях: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, с. Солёное Займище Астраханской области, 15–16 мая 2013 г. – М.: Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2013. – С. 110–113.

10 Алпатов, А. М. Влагообороты в природе и их преобразования / А. М. Алпатов. – СПб: Гидрометеиздат, 1969. – С. 283–287.

УДК 635.64:631.527.5:631.674.6(477.7)

Е. В. Сидякина, А. С. Шангарь, П. П. Забара

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ ТОМАТА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ НА ЮГЕ УКРАИНЫ

Целью исследований являлось изучение продуктивности гибридов томата в условиях капельного орошения на черноземах южных тяжелосуглинистых. Изучены гибриды Heinz 1015 F1, Heinz 2206 F1, Адванс F1 и СХД 277 F1. Результатами исследований было установлено, что минимальную урожайность плодов томата в 2014–2015 гг. сформировал гибрид СХД 277 F1 73,4 т/га. Максимальной урожайностью во все годы исследований выделялся гибрид Адванс F1. В 2014 г. его урожайность превысила урожайность гибрида СХД 277 F1 на 7,04 т/га или 8,6 %, в 2015 г. – на 42,22 т/га или в 1,7 раза, в 2016 г. – на 23,55 т/га или 28,9 %. Биохимический анализ показал, что содержание сухого вещества в плодах томата гибрида Адванс F1 в 2015–2016 гг. было на уровне – 4,71–4,88 °Вх. Максимальное количество сухого вещества накапливали плоды гибрида Heinz 2206 F1 в среднем за 2014–2016 гг. – 5,46 °Вх.

Ключевые слова: капельное орошение, томат, гибрид, урожайность, сухое вещество.

Ye. V. Sidiyakina, A. S. Shangar, P. P. Zabara

Kherson State Agrarian University, Kherson, Ukraine

PRODUCTIVITY OF TOMATO HYBRIDS BY DRIP IRRIGATION IN THE SOUTH OF UKRAINE

The aim of research was the study of tomato hybrids productivity under conditions of drip irrigation on southern heavy loams chernozems. Hybrids Heinz 1015 F1, Heinz 2206 F1, Advance F1 and SKHD 277 F1 have been studied. The results of research showed that hybrid SKHD 277 F1 gave the maximum yield during all the years of research. In 2014, its yield exceeded the yield of a hybrid SLHD 277 F1 by 7.04 t per ha or 8.6 %, in 2015 – by 42.22 t per ha or 1.7 times, in 2016 – by 23.55 t per ha or 28.9 %. Biochemical analysis showed that the content of dry matter in tomato hybrid Advance F1 in 2015–2016 was at the level of 4.71–4.88 °Bx. Tomato hybrid Heinz 2206 F1 accumulated the maximum amount of dry matter hybrid – 5.46 °Bx on average for 2014–2016.

Key words: drip irrigation, tomato, hybrid, yield, dry matter.

Введение. Пищевая ценность томатов обусловлена большим содержанием в них очень важных для организма человека веществ: сахаров, витаминов, органических кислот, аминокислот, белков, ферментов, минеральных солей, клетчатки, пектинов, жиров, фитонцидов и других биологически активных элементов. Плоды томатов обладают высокими вкусовыми качествами, улучшают аппетит и способствуют хорошему пищеварению. Их можно употреблять в сыром, вареном, жареном и консервированном виде, кроме того длительное время плоды сохраняются замороженными. Из томата готовят большое количество разной продукции, без которой невозможно представить современную кухню любой страны мира: пасты, соусы, соки, закуски, кетчупы, аджики, коктейли, лечо, заправки для борща и многое другое [1].

Южные области Украины (Херсонская, Николаевская, Одесская) являются основным регионом возделывания культуры томата, чему способствуют благоприятные почвенно-климатические условия, достаточное количества солнечного света и тепла. Посевные площади, занятые томатом в южном регионе Украины, составляют примерно

2/3 в структуре посевных площадей культуры. Вместе с этим следует отметить, что начиная с 2012 г. площади посевов томата сокращаются, причем это касается всех категорий хозяйств. К 2015 г. это снижение составило 14 %. По урожайности культура на сельскохозяйственных предприятиях значительно выше, чем в хозяйствах населения: в 2012 г. – в 2,5 раза, в 2013 г. – в 2,7, в 2014 г. и в 2015 г. – в 2,9 раза. Это связано с современными технологиями возделывания, которые включают полную механизацию всех агротехнических приемов, высококачественные семена и рассаду, использование высокоэффективных средств защиты растений, внесение органических и минеральных удобрений в расчетных нормах, а для засушливых условий юга Украины – использование современных систем капельного орошения [2].

В настоящее время создано огромное (около 2 тыс.) количество сортов и гибридов томата с красными, малиновыми, оранжевыми, желтыми и даже черными плодами. Для получения высокой урожайности плодов большое значение имеет правильный подбор генетического материала. По длительности вегетационного периода все районированные в Украине сорта и гибриды разделяют на ультраранние (от появления полных всходов до созревания плодов 85–90 дней), раннеспелые (91–105 дней), среднеранние (106–110 дней), среднеспелые (111–115 дней), среднепоздние (116–120 дней), позднеспелые (121–160 дней). Но такая классификация сугубо относительна и в значительной мере зависит от почвенно-климатических условий и способов возделывания культуры. Например, на юге Украины вегетационный период определенного сорта или гибрида томата может составлять 100 дней, а в северной части страны – 120 и более [3–5].

Такое разнообразие сортов и гибридов обуславливает универсальность использования культуры. Некоторые сорта пригодны для употребления в свежем виде, другие лучше использовать для консервирования, переработки на томатные продукты и соления. В настоящее время перед овощеводами открыт широкий выбор линейки сортов и гибридов для открытого и закрытого грунтов. Некоторые из них универсальны, и их можно с успехом возделывать как в полевых, так и тепличных условиях. При выборе посевного или посадочного материала следует учитывать оригинатора сорта, рекомендуемые зону и условия возделывания, также необходимо изучить основные морфобиологические свойства данного генотипа. Для каждой почвенно-климатической зоны выведены сорта и гибриды, максимально приспособленные к конкретным условиям окружающей среды [6].

Для обеспечения конвейерного поступления томатной продукции в условиях конкретного хозяйства, как правило, выращивают сорта и гибриды разных групп спелости: ультраранние, скороспелые, среднеранние, среднеспелые, среднепоздние. Поэтому изучение продуктивности различных сортов и гибридов томата в разрезе отдельных хозяйств, бесспорно, является актуальной проблемой современного агропромышленного сектора Украины.

Материал и методы. Возделыванием томата занимаются многие сельскохозяйственные предприятия юга Украины, среди которых в качестве одного из лидеров следует выделить ЧСП АФ «Родничок». Данное предприятие специализируется не только на выращивании, но и на переработке плодов томата. Важная роль на предприятии отводится научно-исследовательской работе, основной задачей которой является увеличение продуктивности культуры томата. Так, в 2014–2016 гг. на опытных полях Ингулецкого отделения ЧСП АФ «Родничок» в Снигиревском районе Николаевской области изучали продуктивность гибридов томата Heinz 1015 F1, Heinz 2206 F1, Адванс F1 и СХД 277 F1. Почва опытных участков представлена черноземом южным тяжелосуглинистым. Площадь, отведенная под каждый гибрид, составила 50 га. Агротехника возделывания томата была общепринятой для условий капельного орошения юга Украины. Предшественник – озимая пшеница.

Результаты и обсуждение. Результаты экспериментальных исследований бы-

ло установлено, что минимальную урожайность плодов томата в 2014–2015 гг. и в среднем за 3 года исследований сформировал гибрид СХД 277 F1 (таблица 1). В 2014 и 2016 гг. немного больший уровень урожайности обеспечили гибриды Heinz 1015 F1 и Heinz 2206 F1. Последний положительно зарекомендовал себя в 2015 г. Урожайность этого гибрида, по сравнению с Heinz 1015 F1 и СХД 277 F1, была выше на 11,66 и 12,89 т/га.

Таблица 1 – Урожайность томата в ЧСП АФ «Родничок» (Ингулецкое отделение Снигиревского района Николаевской области, Украина)

Гибрид томата	Год исследований		
	2014	2015	2016
Heinz 1015 F1	83,63	58,64	78,22
Heinz 2206 F1	82,08	70,30	70,28
Адванс F1	88,57	99,63	105,04
СХД 277 F1	81,53	57,41	81,49

В т/га

Максимальной урожайностью во все годы исследований выделялся гибрид Адванс F1. В 2014 г. его урожайность превысила урожайность гибрида СХД 277 F1 на 7,04 т/га или 8,6 %, в 2015 г. – на 42,22 т/га или в 1,7 раза, в 2016 г. – на 23,55 т/га или 28,9 %. Данные по урожайности за 3 года исследований показывают значительное превосходство гибрида Адванс F1 (рисунок 1).

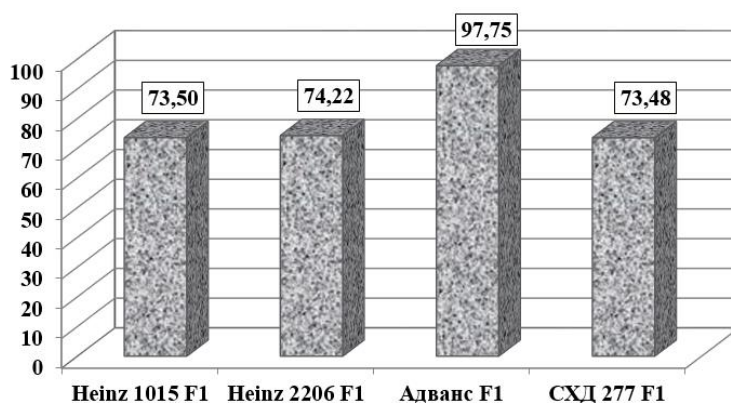


Рисунок 1 – Урожайность томата в ЧСП АФ «Родничок» (2014–2016 гг.), т/га

Плоды томата в зависимости от фазы спелости содержат 2,5–8,7 % растворимого сухого вещества. По мере созревания плодов их количество увеличивается. В продуктах, изготовленных из томатов, содержание растворимых веществ представляет следующую картину: в соках не меньше 4,5 %, в пюре – 20 %, в томатной пасте – до 40 %, в соусе – не менее 28 %, в маринованных томатах – 4 %. В состав сухого вещества входят сахара, органические кислоты, азотистые вещества, жиры, минеральные соли и др. [7].

Плоды томата, предназначенные для переработки, должны соответствовать целому ряду требований, среди которых следует выделить дружное созревание, пригодность к механизированной уборке, транспортабельность, высокое содержание сухого вещества по шкале Брикса ($^{\circ}\text{Bx}$). Для производства высококачественной томатной пасты плоды томата должны содержать не менее 5 $^{\circ}\text{Bx}$ сухого вещества. Достичь такого уровня при масштабном возделывании культуры достаточно сложно, так как он зависит от многих факторов, в том числе от генетических особенностей выращиваемых сортов или гибридов, погодных условий вегетационного периода, степени зрелости и поврежденности плодов, условий хранения до момента поступления сырья на технологические линии [8].

Биохимический анализ показал, что содержание сухого вещества в плодах томата гибрида Адванс F1 в 2015–2016 гг. и в среднем за три года исследований было ми-

нимальным и находилось практически на одном уровне – 4,71–4,88 °Вх (таблица 2). Максимальное количество сухого вещества накапливали плоды гибрида Heinz 2206 F1: в 2015 г. – 5,10 °Вх, в 2016 г. – 5,92 °Вх, в среднем за 2014–2016 гг. – 5,46 °Вх.

Таблица 2 – Содержание сухого вещества в плодах томата

В °Вх

Гибрид томата	Год исследований			
	2014	2015	2016	Среднее
Heinz 1015 F1	5,65	5,07	5,38	5,37
Heinz 2206 F1	5,37	5,10	5,92	5,46
Адванс F1	5,16	4,78	4,71	4,88
СХД 277 F1	4,97	5,04	5,36	5,12

Совершенно другую закономерность между вариантами опыта наблюдали в 2014 г.: минимальным содержанием сухого вещества характеризовался гибрид СХД 277 F1, а максимальным – гибрид Heinz 1015 F1.

В 2014 г. эти же гибриды обеспечили минимальный и максимальный условный выход сухого вещества с гектара посевов томата (таблица 3).

Таблица 3 – Условный выход сухого вещества с гектара посевов томата

В т/га

Гибрид томата	Год исследований			
	2014	2015	2016	Среднее
Heinz 1015 F1	4,73	2,97	4,21	3,97
Heinz 2206 F1	4,41	3,59	4,16	4,05
Адванс F1	4,57	4,76	4,95	4,76
СХД 277 F1	4,05	2,89	4,37	3,77

В два последующих года исследований лучшим гибридом по этому показателю был Адванс F1. В среднем за 2014–2016 гг. условный выход сухого вещества с гектара его посевов превысил гибрид СХД 277 F1 (минимальное значение в исследованиях) на 0,99 т/га или на 26,2 %.

Выводы. В условиях капельного орошения юга Украины на черноземах южных тяжелосуглинистых высокую урожайность плодов томата (97,75 т/га в среднем за три года исследований) с высоким условным выходом сухого вещества (4,76 т/га) обеспечивает гибрид Адванс F₁ селекции компании Nunhems.

Список использованных источников

1 Ивашкина, Е. Помидоры. С чем их едят?: исследовательская работа [Электронный ресурс] / Е. Ивашкина, Е. Иванова. – Мурлат, 2014. – 12 с. – Режим доступа: <http://l.120-bal.ru/literatura/38000/index.html>.

2 Пасечник, В. Производство овощей в Украине – 2015 / В. Пасечник // Овощеводство. – 2016. – № 2. – С. 56–58.

3 Беленький, А. «Рийк Цваан» собирает друзей / А. Беленький // Овощеводство. – 2011. – № 8(80). – С. 12–14.

4 Лютая, Ю. А. Технология получения семян новых сортов томатов промышленного типа для юга Украины / Ю. А. Лютая // Проблемы инновационно-инвестиционного развития. – Херсон, 2012. – № 4. – С. 190–193.

5 Касьяненко, О. Томатные лидеры / О. Касьяненко // Вестник Уманского национального университета овощеводства. – 2014. – № 2. – С. 31–35.

6 Касьяненко, О. Томатные лидеры / О. Касьяненко // Овощеводство. – 2011. – № 2(74). – С. 34–35.

7 Помидор-целитель подарит и красоту, и здоровье, и хорошее настроение // Ваше здоровье: медицинская газета Украины. – 2010. – № 34(1059) от 07.09–13.09.2010.

8 Выбираем гибрид томата для открытой почвы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://syngenta.ua/news/tomati/obiraemo-gibrid-tomatu-dlya-vidkritogo-gruntu>, 2017.

УДК 630*161

М. В. Власенко

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

О. С. Миненко

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Российская Федерация

ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПЕСЧАНЫХ ЗЕМЕЛЬ СРЕДНЕГО ДОНА КАК ОБЪЕКТОВ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

Целью исследований являлось изучение гидрологических, геоморфологических, почвенно-климатических условий Казанско-Вешенского песчаного массива, а также приемов выращивания сосновых насаждений в зависимости от типа почв, характера растительности и рельефа. Объект исследования – посадки сосны обыкновенной. Установлено, что в условиях региона при рядовом способе посадки культур сосны в борозды без предварительной подготовки почвы основное преимущество заключается в том, что первые 2–3 месяца после посадки поверхность борозд свободна от сорняков, и культуры сосны не требуют ухода. Рядовой способ по полосной паровой подготовке почвы применяется на территориях, где преобладают корневищные злаки и крупнобурьянистая растительность для создания зон отдыха. Способ посадки сеянцев сосновых культур в площадки или лунки используется на кварцевых и олигоминеральных песках на территориях, где почвенно-гидрологические условия или рельеф не позволяют выращивать массивные, кулисные леса, либо они экономически неэффективны. При закладке насаждений на песках необходимое условие – обеспечение культур сосны влагой и защита их от выдувания, засыпания и засекания песком. На подвижных песках это возможно осуществить с помощью биологических и механических защит, химпрепаратов, глубокой посадкой крупных саженцев; на заросших песках – ленточной или полосной подготовкой почвы с использованием защитных функций естественного травостоя.

Ключевые слова: пески, рельеф, грунтовые воды, технология посадки, культуры сосны.

M. V. Vlasenko

Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

O. S. Minenko

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

NATURAL AND ECONOMICAL POTENTIAL OF SANDY SOILS OF MIDDLE DON AS OBJECTS OF AFFORESTATION

The aim of research was to study the hydrological, geomorphological, soil-climatic conditions of the Kazan-Veshensky sand massif, as well as methods of growing pine plantations, depending on the type of soils, nature of vegetation and the relief. The object of investigation is the planting of Scots pine. It has been found out that under the region's conditions, the main advantage of pine planting in lines, into furrows without preliminary soil preparation lies in absence of weeds in the first 2–3 months after planting, so pine stands do not require care. Planting in lines method for steam stripping soil preparation is used on territories where rhizomatous grasses and wildgrass vegetation predominate to create recreation zones. The method of planting pine seedlings in patches or holes is used on quartz and oligomineral

sands in areas where soil-hydrological conditions or relief do not allow cultivating massive, strip forests, or they are economically inefficient. The necessary condition of planting on sands is to provide the pine stands with moisture and to protect them from being blown out, filled and sand abraded. On mobile sands it can be carried out with the help of biological and mechanical protections, chemical preparations, deep planting of large seedlings; on fixed sands – band or strip soil preparation with the use of protective functions of natural grass stand.

Key words: sands, relief, ground water, planting technology, pine plantation.

Введение. Казанско-Вешенский песчаный массив (около 100 тыс. га) приурочен к долине Среднего Дона и расположен в границах Ростовской и Волгоградской областей. Основной лесобразующей породой массива является сосна, т. к. создание сосновых культур на легко развеваемых песчаных землях оказалось наиболее эффективным способом их мелиоративного освоения [1, 2]. Выращивание сосновых насаждений на песках производится на территориях, не пригодных к эффективному использованию в полеводстве, плодоводстве, кормопроизводстве, худших по плодородию, рельефу, неустойчивых к дефляции при выпасе скота. Такие насаждения способствуют формированию нового ландшафта; под их влиянием повышается эффективность всех агрономических мероприятий, улучшаются условия жизни человека и животных [3, 4]. Полезащитные сосновые насаждения выполняют важнейшие противоэрозионные, почвозащитные и водоохранные функции [5].

Благодаря водному и солевому режимам пески засушливых областей обладают лучшими лесорастительными свойствами по сравнению с тяжелыми зональными почвами, которые при отсутствии дополнительного к атмосферному водного питания практически повсеместно нецелесообразны [6–8].

Материалы и методы. Работа основана на современных методах ландшафтно-экологических исследований, с учетом методических рекомендаций, указаний и патентов [9–13]. Объектом исследования явились посадки сосны обыкновенной – культуры наименее требовательной к минеральному богатству почвы, экономно потребляющей грунтовую воду, но чувствительной к ее минерализации (до 3–4 г/л). Ее значение определяется такими биологическими особенностями, как светолюбие, ксерофитность, быстрота роста. Чистые культуры создают на массивах кварцевых песков, на влагообеспеченных участках с хорошо развитыми супесчаными почвами вводят кустарниковый подлесок.

Лесомелиоративные изыскания осуществлялись на основе планово-картографических, гидрологических, геоморфологических, почвенно-климатических материалов. Использовались архивные материалы, литературные источники.

Результаты обсуждения. Казанско-Вешенские пески в основном расположены на II террасе Дона и тянутся прерывистой полосой 12–15 км от ст. Казанской до р. Хопер 90 км, концентрируясь по левобережью р. Песчанка и Елань. Первая терраса нечетко выражена, переходит в пойму. Третья терраса суглинистая и покрыта песчаным 1,0–1,5 м плащом. Территория имеет на глубине 4–6 м водоупорный глинистый горизонт, вследствие чего под песчаным наносом сформировались пресные грунтовые воды. Высоты террас составляют: I надпойменная терраса – 8–15 м; II надпойменная терраса – 25–30 м; III надпойменная терраса – 45–55 м; IV надпойменная терраса – 70–90 м; V надпойменная терраса – 90–120 м. Лесные насаждения песчаного массива приурочены в основном ко II и III песчаным террасам р. Дон.

Поверхность песчаных террас имеет сложный рельеф. Выделяют следующие генетико-морфологические типы мезорельефа:

1 *Озерно-аллювиальные равнины:* формировались в плейстоцене в местах замедленного течения, иногда застоя вод, где осаждались суглинистые и супесчаные наносы.

2 *Конусы выносов балок и мелких рек:* мезорельеф долин мелких рек и конусов выноса, неоднородный по формам и по происхождению, имеются карстовые воронки.

3 *Увалистые грависто-ложбинные аккумулятивно-эрозионные равнины:* приурочены к надпойменным террасам р. Дон и его притоков. Часто пески, слагающие

гивы, имеют примесь крупного песка. Глубина расчленения гив 3–7 м, ширина ложбин между ними 50 м.

4 *Увалисто-гивисто- и бугристо-котловинные древнеэоловые пески*: участки увалисто-гивистых песков чередуются местами с крупными участками древнеэоловых грядовых песков, имея те же направления и размеры. Здесь господствуют дерново-степные связнопесчаные мощные почвы. Участки сильно разбитых бугристо-котловинных песков приурочены к склонам III террасы и прорезающим ее долинам небольших рек.

5 *Грядово-котловинные развеваемые пески*: почти лишенные растительности гряды, вытянутые с запада на восток длиной 200–400 м, высотой 5–10 м, некоторые гряды разветвляются. Массивы расположены в суженной части долин рек, обрамленных высокими берегами из коренных пород. Ветры формируют здесь грядовые формы рельефа. Полного зарастания растительностью не происходит из-за развеваемых песков.

Классификация легких автоморфных почв на надпойменных террасах Среднего Дона представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация автоморфных почв Казанско-Вешенского массива

Тип почвы	Механический состав	Мощность гумусового горизонта (A + B), см	Почвообразующие породы	Фазы дефляции и возраст	Подстиление суглинком
Черноземовидные мощные	тяжело- и среднесупесчаные	100–80	Древнеаллювиальные глинистые пески, не подвергшиеся древнеэоловой переработке		На высоких террасах с глубиной 2–7 м
	легкосупесчаные	90–70	Древнеаллювиальные пески,	Афитогенная фаза дефляции в конце плейстоцена	Редко
Дерновостепные мощные	связнопесчаные	90–70	подвергшиеся эоловой переработке в верхнем 1–3 м слое	Антропогенные фазы дефляции: эпоха ранних кочевников	Редко (на высоких террасах)
Дерновостепные среднемощные	связнопесчаные	60–40		Антропогенные фазы дефляции: эпоха поздних кочевников	Обычно отсутствует
Дерновостепные маломощные	связнопесчаные и песчаные	25–18		Антропогенные фазы дефляции: современная (150–100 лет)	Обычно отсутствует
Дерновостепные примитивные	песчаные	10–3			Обычно отсутствует
Дерновостепные инициальные	песчаные	3–1			Обычно отсутствует

На Казанско-Вешенском песчаном массиве преобладают дерновостепные мощные и среднемощные связнопесчаные почвы (38 %). В антропогенные фазы дефляции до 56 % площади этих почв сильно разбито выпасом скота и развеяно вплоть до образования бугристых песков. Черноземовидные тяжело- и среднесупесчаные почвы эродированы в основном в результате сплошной распашки, 26 % площади этих почв сильно эродировано, с превращением территории в мелко- и среднебугристые пески.

На Казанско-Вешенских песках от поймы Дона к водоразделу полосы с разной глубиной грунтовых вод сменяют друг друга.

Ближайшая к пойме самая широкая (до 11 км) глубоководная полоса с уровнем грунтовых вод более 15 м занимает 33 % площади массива. Дальше на север идет полоса (1–3 км) с уровнем грунтовых вод 15–5 м (9 %). Затем полоса 1–7 км шириной, занимающая 22 % площади массива, где грунтовые воды залегают на глубине до 1–5 м, иногда выходят на поверхность и образуют озерки, окруженные лесными колками. Возможно, что эта полоса является древней долиной речки Песковатка. Опесчаненный склон к водоразделу, составляющий 36 % площади массива, характеризуется залеганием пластовых грунтовых вод (более 15–25 м) в третичных меловых породах, но неглубоким залеганием верховодки на подстилающем суглинке. Пойма Дона и мелких рек характеризуется преобладающей глубиной залегания грунтовых вод 5–3 м.

Регион характеризуется суровым климатом с недостаточным увлажнением, жарким летом и холодной малоснежной зимой. Общее число дней с суховеями в теплый период года составляет 40–50. Бывают пыльные бури. Наибольшее повторение пыльных бурь – в сентябре, апреле и августе, наиболее продолжительны по времени пыльные бури в апреле, мае, феврале. Средняя температура воздуха в январе составляет минус 8,5 °С, абсолютный минимум минус 40 °С. Средняя температура воздуха в июле плюс 22,1 °С, абсолютный максимум плюс 45 °С. Безморозный период длится в среднем 155 дней. Весенний период короткий и сухой. Среднегодовая относительная влажность воздуха 68 %, зимой – 80 %, летом – около 50 %, что близко к предельной норме для существования лесных насаждений. При низкой влажности воздуха растения нуждаются в большом расходе влаги на транспирацию, запасы же почвенной влаги уже в июне часто израсходованы на глубину 1 м и более.

Разнообразие почвенно-грунтовых и климатических условий предполагает неодинаковую эффективность насаждений различного целевого назначения. На почвах, богатых по минеральному питанию, как правило, более тяжелых по гранулометрическому составу и более влагоемких насаждения сосны в первые годы жизни быстро растут и накапливают значительную ассимиляционную массу. Но в дальнейшем такие насаждения, имея высокую потребность во влаге, оказываются более чувствительными к недостатку атмосферных осадков. И в период их острого дефицита они резко снижают прирост, часто погибают. На почвах более легкого гранулометрического состава (песчаных), с бедным минеральным питанием, сосновые насаждения растут медленно и равномерно, но и значительно менее подвергаются стрессам во время засухи, т. к. меньше реагируют на динамику атмосферных осадков. Такие насаждения более устойчивы, поскольку из-за малой влагоемкости песчаные почвы не накапливают большого количества влаги даже во влажные годы, а весенний запас ее более стабилен.

При закладке сосновых насаждений на песках важным условием успеха является обеспечение культур сосны влагой и защита их от выдувания, засыпания и засекания песком. На подвижных песках это достигается с помощью биологических и механических защит, химпрепаратов, глубокой посадкой крупных саженцев, способных противостоять дефляции. На заросших песках в основе агротехники лежит ленточная или полосная подготовка почвы с использованием защитных функций естественного травостоя [14].

Технология закладки сосновых насаждений зависит от типа почв, характера растительности и рельефа. Применяют: 1) *рядовой способ в борозды без предварительной подготовки почвы*; 2) *рядовой способ по полосной паровой подготовке почвы*; 3) *способ посадки семян в площадки или лунки*.

1 *Рядовой способ посадки культур сосны в борозды без предварительной подготовки почвы* наиболее эффективен в регионе. Он основан на использовании лесопосадочных машин типа МПП-1 (МЛУ-1, оборудованная дерноснами МПП-1) и культиватора КЛП-2,5. Этот способ применяется на массивах увалистых, холмистых и бугристых заросших песков с эродированными рыхло- и связнопесчаными и слаборазвитыми

почвами. Естественный травянисто-кустарниковый покров не препятствует нормальной работе лесопосадочных машин. Посадку сеянцев осуществляют ранней весной сразу после оттаивания почвы до наступления сухой теплой погоды с соблюдением требований по сохранению жизнеспособности сеянцев. МПП-1, МЛУ-1 в процессе работы снимает дернину двумя лентами и опрокидывает их по обе стороны образующейся борозды глубиной 7–15 см и шириной 90 см. Сеянцы высаживают в дно борозды. Схема посадки $3 \times (0,50-0,75)$ м. Выдерживается параллельность рядов, уменьшение ширины междурядий не допустимо, чтобы обеспечить проход агрегата при уходах за почвой.

При снятии дернины растительный покров полностью уничтожается и удаляется весь запас семян травостоя. В результате чего первые 2–3 месяца после посадки поверхность борозд свободна от сорняков и культуры сосны не требуют ухода. Это основное преимущество способа посадки, т. к. в период приживания и начала роста саженцы достаточно обеспечены почвенной влагой и не нуждаются в уходе, поэтому не повреждаются культиваторами.

В первый год сосны устойчивы к засухе благодаря слабому зарастанию сорняками и поверхностному стоку летних осадков по склонам борозды к ряду сосны.

При уходе за почвой используется культиватор КЛП-2,5, работающий методом седлания. В первые 2 года проводят по 1–2 ухода с сокращением ширины защитных лент из травостоя в середине междурядий со 120–130 до 40–50 см. При буйно развивающемся травостое (в случае повышенного количества осадков и подъема грунтовых вод) в следующем за посадкой году седлание рядов заменяют сплошной обработкой почвы в каждом втором междурядье. С третьего года ухода проводят только в междурядьях сплошной культивацией. Ручная прополка и химическая обработка в рядах сосны при данном способе посадки сосновых культур на указанных категориях песчаных земель не требуется.

2 Рядовой способ по полосной паровой подготовке почвы применяется на территориях с черноземовидными супесчаными почвами, на площадях, где преобладают корневищные злаки и крупнобурьянистая растительность. Насаждения выращивают для создания зон отдыха. Облесение выполняют в два приема полосами 20–30 м с подготовкой почвы по системе черного пара и осенним безотвальным рыхлением на глубину 40–50 см. Посадка весной лесопосадочными машинами СЛН-1, ССН-1, расстояние между саженцами в ряду 0,5–0,6 м, ширина междурядий 3–4 м. Сеянцы сосны заглубляют до половины охвоенной части. Прополку сорняков в рядах ведут культиваторами КРЛ-1, КЛП-2,5 первые 2 года после посадки сеянцев. В междурядьях уход ведут пропашными культиваторами до смыкания крон. В насаждениях первой очереди через 3–4 года межполосные пространства занимают насаждениями второй очереди. С целью повышения зоологической ценности и противопожарной устойчивости массива 30–50 % межполосных пространств может оставаться не занятой лесом.

3 Способ посадки сеянцев сосновых культур в площадки или лунки используется на кварцевых и олигоминеральных песках на территориях, где почвенно-гидрологические условия или рельеф не позволяют выращивать массивные, кулисные леса, либо они экономически неэффективны. Облесение в этом случае преследует природоохранные и рекреационные цели, направлено на повышение экологической емкости, устойчивости и эстетической привлекательности ландшафтов песчаных земель. В высокобугристых песках колки и куртины размещают в межбугровых понижениях и на пологих склонах с глубиной залегания грунтовых вод до 3,5 м. Насаждения (0,02–1,50 га) создают посадкой сеянцев, саженцев навесными машинами МПП-1, с шириной захвата дерноснимов 0,9–1,0 м, сочетая с посадкой на площадки, в лунки, подготовленные ямокопателем со снятыми лопастями (без выброса грунта) или другим орудием за пределами участков, доступных лесопосадочному агрегату. Расстояние между рядками 2,5–3,0 м, шаг посадки 0,5–0,75 м. Механизированные ухода за почвой и повторная машинная посадка на участках неприжившихся культур первые 2–3 года после посадки исключаются из-за опасности развития дефляции.

Между крупными (400–1600 га) массивами сосновых насаждений используют естественные барьеры в виде рек, земель сельскохозяйственного пользования, участков слабозаросших высокобугристых песков. Массивы молодняков разделяют на блоки по 25 га свободными от леса или занятыми лиственными насаждениями полосами шириной 10 м. Во всех разделительных полосах и разрывах, а также по опушкам насаждений устраивают минерализованные ленты шириной не менее 2 м. Насаждения сдают в эксплуатацию, когда они начинают выполнять свои функции и не нуждаются в ежегодных уходах за почвой.

Заключение. Выбор технологии закладки насаждений сосны в почвенно-грунтовых и климатических условиях Казанско-Вешенского песчаного массива зависит от типа почв, характера растительности и рельефа. При рядовом способе посадки культур сосны в борозды без предварительной подготовки почвы основное преимущество заключается в том, что первые 2–3 месяца после посадки поверхность борозд свободна от сорняков и культуры сосны не требуют ухода. Рядовой способ по полосной паровой подготовке почвы применяется на территориях с черноземовидными супесчаными почвами, на площадях, где преобладают корневищные злаки и крупнобурьянистая растительность для создания зон отдыха. Способ посадки сеянцев сосновых культур в площадки или лунки используется на кварцевых и олигоминеральных песках на территориях, где почвенно-гидрологические условия или рельеф не позволяют выращивать массивные, кулисные леса, либо они экономически неэффективны.

Список использованных источников

1 Кулик, К. Н. О перспективах защитного лесоразведения в Волгоградской области / К. Н. Кулик, А. К. Кулик // Стратегическое развитие АПК и сельских территорий РФ в современных международных условиях: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг., г. Волгоград, 3–5 февраля 2015 г.; гл. ред. А. С. Овчинников. – Волгоград: Изд-во ВолГАУ. – 2015. – Т. 3. – С. 303–307.

2 Ходяков, Е. А. К проблемам лесоразведения на песчаных почвах Волгоградской области / Е. А. Ходяков, А. К. Кулик // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию образования ВолГАУ, г. Волгоград, 28–30 января 2014 г. – Волгоград: Изд-во ВолГАУ. – 2014. – Т. 3. – С. 267–270.

3 Власенко, М. В. Влияние защитных лесных насаждений и микрорельефа на продуктивность кормовых угодий Сарпинской низменности / М. В. Власенко // Аридные экосистемы. – 2014. – Т. 20. – № 4(61). – С. 99–104.

4 Власенко, М. В. Продуктивность и сезонная динамика накопления фитомассы на естественных и мелиорированных пастбищах Сарпинской низменности / М. В. Власенко, А. К. Кулик, В. П. Воронина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2(34). – С. 83–88.

5 Кулик, А. К. Особенности водного режима на Придонских песчаных массивах / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Формирование и развитие сельскохозяйственной науки в XXI веке: сб. науч. ст. – Солёное Займище: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2016. – С. 27–32.

6 Кулик, А. К. Водный режим и баланс влаги песчаных земель Нижнего Дона (на примере Усть-Кундрюченского песчаного массива): дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.04 / Кулик Алексей Константинович. – Волгоград: Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации РАСХН, 2005. – 143 с.

7 Кулик, К. Н. Водный баланс почв песчаных массивов (на примере Усть-Кундрюченского массива, Ростовская область) / К. Н. Кулик, Н. Ф. Кулик, А. К. Кулик // Почвоведение. – 2012. – № 8. – С. 846–854.

8 Кулик, А. К. Эколого-гидрологическая оценка воздействия сельского и лесно-

го хозяйства на песчаные земли Верхнего Дона / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1(57). – С. 89–94.

9 Кулик, А. К. Стационарные исследования на гидрологическом комплексе ФНЦ / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016 – № 4(64). – С. 6–12.

10 Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия / А. Н. Каштанов, И. П. Свинцов, Г. Н. Черкасов [и др.]. – Курск – Тверь, 2001. – 260 с.

11 Создание лесопастбищ на подвижных песках Юго-Востока Европейской части СССР: рекомендации / Н. С. Зюзь, В. И. Петров, А. С. Подгорнов [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986. – 24 с.

12 Методические указания по изысканиям и проектированию мероприятий комплексного освоения песков юга и юго-востока Европейской части СССР. – М.: ВАСХНИЛ, 1985. – 78 с.

13 Способ оконтуривания территорий защитных лесных насаждений по космическим снимкам: пат. 2211465 Рос. Федерация: МПК⁷ G 01V 9/00 A / Кравцов В. В., Кравцова А. В., Кулик А. К.; заявитель и патентообладатель Всероссийский науч.-исслед. ин-т агролесомелиорации. – № 2001107475/28; заявл. 20.03.01; опубл. 27.08.03, Бюл. № 14. – 6 с.

14 Руководство по лесовосстановлению и лесоразведению в лесостепной, степной, сухостепной и полупустынной зонах европейской части Российской Федерации. – М.: ВНИИЦ лесресурс, 1999. – 148 с.

УДК 627.81

Г. Т. Давранов, Г. Л. Фырлина

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ОТ ЗАИЛЕНИЯ И УЛУЧШЕНИЮ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

В данной статье рассмотрены вопросы, связанные с процессом заиления малых и средних русловых водохранилищ, и определено влияние этого явления на плодородность земель в зоне этих водохранилищ. Установлено: процесс заиления малых и средних русловых водохранилищ – весьма сложное явление, и оно в основном зависит от режима работы водохранилищ, гидрологических, геоморфологических и других факторов гидроузлов. На основе многолетних теоретических и практических исследований разработаны конструктивно-технологические мероприятия по сохранению регулирующих емкостей малых и средних русловых водохранилищ, которые обеспечивают сброс в нижний бьеф плотины взвешенных коллоидных наносов с размерами $d > 0,05$ мм в период вегетации.

Ключевые слова: русловое водохранилище, взвешенные и донные наносы, заиление, канал, отстойник, водосбросной туннель, мутный поток.

G. T. Davranov, G. L. Fyrlina

Tashkent Institute of Irrigation and Melioration, Tashkent, Republic of Uzbekistan

MEASURES FOR PROTECTING WATER RESERVOIRS FROM SILTING AND IMPROVING THE MELIORATIVE CONDITION OF IRRIGATED LANDS

The issues related to the process of small and medium-sized channel basins' silting are discussed, and the effect of this phenomenon on the fertility of land in the zone of these reservoirs is determined. The process of siltation of small and medium-sized channel basins was found to be a very complex phenomenon, and it mainly depends on the operation of water

reservoirs, hydrological, geomorphological and other factors of hydraulic works. On basis of long-term theoretical and practical research, design and technological measures on preservation of regulating capacities of small and medium-sized channel basins that ensure the discharge of suspended colloidal sediments with dimensions $d > 0.05$ mm during the vegetation period into the lower tail of the dam have been developed.

Key words: channel basin, suspended and bottom sediments, silting, canal, sediment settler, spill tunnel, turbidity stream.

Актуальность работы. В предгорных регионах Узбекистана из-за неравномерного внутригодового распределения водных ресурсов требовалось строительство большого количества малых и средних русловых водохранилищ, которые были возведены во второй половине прошлого века. Эти водохранилища, кроме целей ирригации, еще служат для трансформации паводковых и селевых потоков. Многолетний опыт эксплуатации таких объектов показывает, что процесс заиления верхних бьефов наносными отложениями является одним из важнейших факторов, определяющих эффективность их эксплуатации и экологическую обстановку на прилегающих территориях. В результате осаждения в малых и средних русловых водохранилищах речных наносов в нижний бьеф сбрасывается осветленная вода, что приводит к увеличению фильтрационных потерь из оросительных каналов и к постепенному ухудшению плодородия орошаемых земель. За последние годы из-за полива сельхозкультур осветленными водами в зоне действия малых и средних русловых водохранилищ урожайность снизилась примерно на 5–10 %.

Постановка вопроса, результаты исследования и обсуждения. Основной объем наносных отложений, уменьшающих регулирующие емкости русловых водохранилищ, составляют отложения твердого стока реки. Распределение наносных отложений в подпорных бьефах в основном зависит от гидрологических, геоморфологических и других факторов. К усилению образования этих явлений может приводить неправильная эксплуатация сооружений водохранилищного гидроузла, развитие эрозионных процессов, вызываемых сельскохозяйственной деятельностью человека в зоне водосбора реки, зарастание мелководий части стока реки. Параметры и продолжительность процесса заиления в основном зависят от характера водной поверхности верхнего бьефа, гидравлических условий трансформации и режима работы малых и средних русловых водохранилищ [1]. Во всех этих случаях своевременное принятие службой эксплуатации необходимых мер, направленных на ослабление возможных отрицательных последствий процессов заиления, существенно уменьшит интенсивность развития рассматриваемых процессов и повысит эффективность работы малых и средних русловых водохранилищ.

Процесс заиления малых и средних русловых водохранилищ – весьма сложное явление, которое зависит от многих природных факторов и организации эксплуатации объектов. Методы расчета процесса заиления в основном разработаны для схематизированных условий, часто существенно отличающихся от конкретных условий эксплуатируемых малых русловых водохранилищ. В настоящее время одним из эффективных методов расчета объема заиления являются повторные батиметрические съемки чаш эксплуатируемых водохранилищ, позволяющие получить конечные результаты заиления. К сожалению, достаточно эффективных мероприятий по борьбе с процессом заиления малых и средних русловых водохранилищ не существует. Предлагаемые специалистами и используемые на некоторых низконапорных гидроузлах методы удаления наносных отложений гидропромывом, механической очисткой и другими способами не применимы в условиях малых и средних русловых водохранилищ из-за недостатка расходов воды в реке для промыва и очень высокой стоимости производства работ по механизированной очистке [2].

Вопрос борьбы с процессом заиления должен решаться с учетом природных и эксплуатационных условий малых и средних русловых водохранилищ конкретного реги-

она, и разработанные мероприятия в этом плане должны входить в проекты в качестве обязательных операций, да и осуществлять их необходимо с началом эксплуатации таких гидроузлов. Результаты изучения режима работы малых и средних русловых водохранилищ и гидравлические явления, связанные с ними в условиях природы и модели, показали, что поддержание в верхних бьефах малых и средних русловых водохранилищ высоких уровней воды, обуславливаемых гидрологическими режимами водотоков во время прохождения паводковых и селевых потоков, исключает возможности сброса части поступающих наносов в нижний бьеф плотины гидравлическим способом. Характер протекания мутного паводкового и селевого потока в подпорном бьефе малых русловых водохранилищ приводит к быстрому осветлению этого потока в сторону плотины, так как это явление связано с достаточно большим извлечением мутного потока в русловой части водохранилищ. При этом за короткое время происходит выравнивание и приведение к нужному положению дна чаши водохранилища за счет наносных отложений от предыдущих паводков (особенно зона мертвого объема), что также ведет к уменьшению скорости мутного потока в сторону водосбросных отверстий и увеличению растекания его по ширине подпорного бьефа. Проведенные авторами натурные и лабораторные исследования показали, что значительная часть наносных отложений наблюдается в русловой части чаши малых и средних русловых водохранилищ и при сработке верхнего бьефа, в период вегетации, часть этих отложений с верхних створов чаши смывается с бытовыми расходами водотока и переносится в зону мертвого объема чаши.

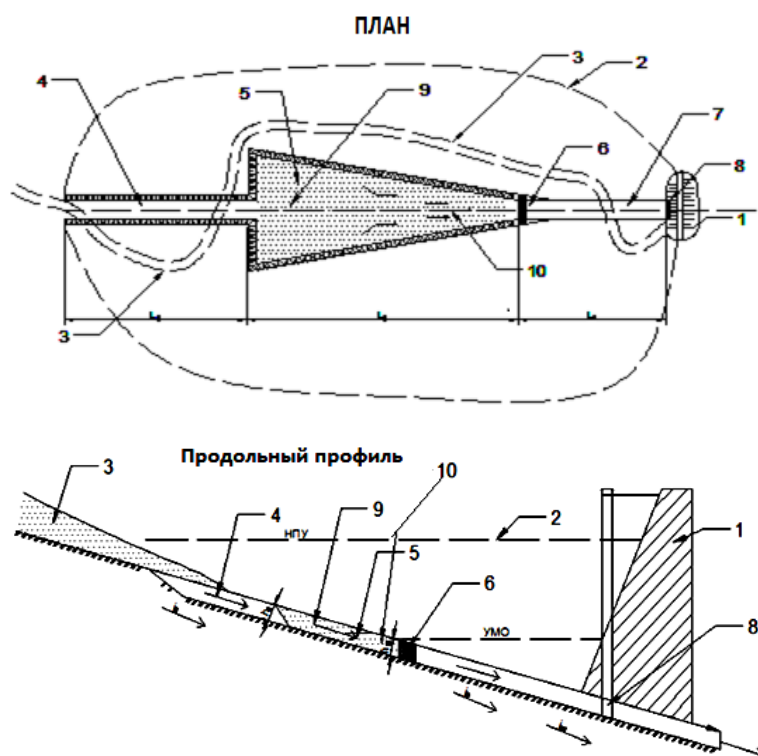
Исходя из вышеизложенного, в основу предлагаемых нами конструктивно-технологических мероприятий была заложена идея пропуска в нижний бьеф части твердого стока транзитом через участок подпорного бьефа и плотину гидроузла во время прохождения паводков и селевых потоков, с последующим транзитным пропуском твердого стока после опорожнения полезного объема малых и средних русловых водохранилищ. В последнем случае будет происходить промывка наносов, отложившихся в русловой части чаши вплоть до наступления периода наполнения малых и средних русловых водохранилищ. Для повышения эффективности способа в зоне полезного объема малых и средних русловых водохранилищ выполняется прямолинейный углубленный канал для направления поступающего в малые и средние русловые водохранилища взвешенного потока к водосбросным отверстиям и для сброса наиболее мутного потока из верхних створов подпорного бьефа.

Для удаления части наносных отложений (после опорожнения полезного объема малых и средних русловых водохранилищ) из зоны полезного объема по оси взвешеннонаправляющего канала устанавливается туннельный водосброс. Удаление наносов из верхних бьефов водохранилищных гидроузлов по данному способу осуществляются следующим образом. С момента поступления в чашу малых и средних русловых водохранилищ ливневого паводка мутный поток, насыщенный мельчайшими взвешенными наносами и обладающий большой плотностью, движется по прямолинейному каналу в сторону плотины. В это время открываются затворы, устроенные в теле плотины, и мутный поток попадает во фронт работы водосбросного туннеля и сбрасывается в нижний бьеф плотины. Расчетный уровень воды верхнего бьефа малых и средних русловых водохранилищ регулируется работой водовыпуска, т. е. с изменением расхода поступающего в водохранилище гидрографа ливневого паводка изменяется расход, пропускаемый через водосбросной туннель. В стадии подъема и пика ливневого паводка целесообразно через водосбросной туннель пропускать большие расходы, т. к. в этот период ливневый поток транспортирует огромное количество наносов. На стадии спада паводка насыщение потока наносами значительно уменьшается. Поэтому, если происходит снижение уровня воды в верхнем бьефе в период подъема и пика паводка, то в стадии спада паводка можно уменьшить сбросной расход и наполнять сработанный объем воды.

Таким же образом для каждого гидрографа ливневого паводка повторяется вы-

шеизложенная операция. В течение паводкового периода часть твердого стока отлагается вдоль взвесенаправляющего канала, и во время опорожнения малых и средних русловых водохранилищ в период вегетации эти наносные отложения постепенно смываются, а продукты такого смыва переносятся в сторону входного оголовка водовыпуска [3, 4]. В таких условиях, до начала периода наполнения водохранилища, в течение 2–3 месяцев бытовыми расходами водотока можно промывать значительную часть наносных отложений из канала. Что касается влекомых наносов, то они отлагаются во входной части малых русловых водохранилищ в начале канала. Для освобождения входной части канала от этих наносных отложений осенью перед началом наполнения водохранилища можно применять механизированный способ очистки, так как из-за малости объема этих наносов больших затрат на их удаление не требуется.

В основу предлагаемых более конкретных конструктивных мероприятий (рисунок 1) заложена идея управления движением взвесенесущего потока в верхнем бьефе малых и средних русловых водохранилищ, обеспечивающим возможности осаждения основной массы донных наносов в начальной расширенной части в специально предусмотренном треугольном отстойнике с продольным уклоном дна, равным уклону канала, который находится на расчетном расстоянии от входного створа, а также направлением движения взвешенных наносов в концевой части отстойника, где находится входной оголовок водосбросного туннеля, через который в нижний бьеф плотины сбрасывается мутный поток на орошаемые поля в качестве естественного удобрения.



- 1 – плотина; 2 – зона НПУ; 3 – естественное русло реки; 4 – прямолинейный взвесенаправляющий канал; 5 – треугольный отстойник в плане;
6 – входной оголовок; 7 – водосбросной туннель; 8 – затворы водовыпуска;
9 – донные наносы; 10 – взвешенные наносы

Рисунок 1 – Конструктивное мероприятие для управления процессом заиления верхних бьефов русловых водохранилищ

Выполнение канала длиной 500–700 м обеспечивает прямолинейное движение основной массы донных и взвешенных наносов по каналу и попадание их в отстойник, устроенный по оси движения мутного потока. Глубина 3–4 м и ширина 6–8 м канала

обеспечивает равномерное движение мутного потока по оси канала в сторону отстойника, предотвращая при этом растекание наносов по ширине чаши русловых водохранилищ в зоне его полезного объема, вследствие чего полезный объем чаши русловых водохранилищ защищается от наносных отложений. Все это приводит к увеличению срока службы малых и средних русловых водохранилищ и повышению надежности гидротехнических сооружений в период урегулирования паводковых и селевых потоков в них.

Выполнение отстойника треугольной формы позволяет разделить наносы по размерам. Отстойник по оси движения потока, выполненный с продольным уклоном не менее уклона естественного русла реки, принимает равномерно движущийся мутный поток. Глубина отстойника принята равной глубине канала, а ширина начальной части в 3–4 раза превышает ширину канала, что обеспечивает равномерное растекание мутного потока по ширине и в 2–3 раза уменьшает скорость движения донных наносов. В результате чего, происходит интенсивное осаждение донных наносов по ширине отстойника и направлению мутного потока с взвешенными наносами в концевую часть отстойника. Длина отстойника экспериментально установлена и составляет 1/3 часть от длины канала, обеспечивает осаждение всех донных наносов в пределах отстойника. При этом мельчайшие наносы с размерами частиц $d < 0,05$ мм транспортируются преимущественно в концевую часть отстойника и попадают во входной оголовок водосбросного туннеля, сбрасываются в нижний бьеф.

Задачей предлагаемых конструктивно-технологических мероприятий является повышение надежности эксплуатации малых и средних русловых водохранилищных гидроузлов и урожайности сельскохозяйственных культур.

Данные конструктивные мероприятия для управления процессом заиления малых и средних русловых водохранилищ включают грунтовую плотину, построенную на русле реки. Грунтовая плотина образует емкость водохранилища с нормальным подпертым уровнем (НПУ). Для управления движением мутного потока, поступающим с паводками, в водохранилище выполнен прямолинейный канал длиной $L_1 = 500\text{--}700$ м, глубиной $h_k = 3\text{--}4$ м, шириной $b_k = 6\text{--}8$ м (где i_k – уклон, который равен или больше уклона естественного русла). Уклон естественного русла реки в рассматриваемом регионе в среднем составляет 0,011–0,013. В конце канала выполнен отстойник, треугольной формы в плане, продольный уклон которого равен уклону канала. Размеры канала и отстойника назначаются исходя из среднесуточного максимального расхода паводковых или селевых потоков реки, на которой построено водохранилище, при этом максимальные расходы в этом регионе колеблются в пределах 70–120 м³/с, и приносимый этими расходами в водохранилище объем твердого стока составляет 55–75 тыс. м³, из них 80 % – это взвешенные частицы с размерами $d < 0,05$ мм, а остальные – донные наносы с размерами $d > 0,05$ мм.

Учитывая многолетние наблюдения и проведенные лабораторные исследования, отстойник выполнен с продольным уклоном не менее уклона естественного русла, в частности, уклон отстойника может быть равным $i_{k5} = 0,012\text{--}0,015$. Глубина отстойника h_1 выполнена равной глубине канала h_k , начальная ширина $b_{от}$ в 3–4 раза превышает ширину канала b_k , а длина L_2 составляет 1/3 часть от длины канала L_1 .

В концевой части отстойника по оси движения потока размещен водосбросной туннель с входным оголовком, с уклоном, равным уклону канала, и с длиной, равной 1/2 части длины канала.

К примеру, для малых русловых водохранилищ с полезным объемом 8–12 млн м³ и уклоном естественного русла 0,012 реки прямолинейный канал имеет длину $L_1 = 500$ м, глубину $h_k = 4$ м, ширину $b_k = 6$ м, а продольный уклон его равен уклону естественного русла реки и составляет $i_k = i_p = 0,012$, при этом размеры отстойника следующие: глубина $h_1 = h_k = 4$ м, начальная ширина $b_{от} = 18$ м, а длина $L_2 = 425$ м.

В период паводка мутный поток, пройдя по каналу, поступает в отстойник, где

в 2–3 раза снижает скорость и равномерно растекается по ширине отстойника. Частицы наносов с размерами $d > 0,05$ мм оседают в отстойнике. Наносы с размерами частиц $d < 0,05$ мм с потоком поступают во входной оголовок и через водосбросной тоннель сбрасываются в нижний бьеф.

После сработки верхнего бьефа малых русловых водохранилищ в отстойнике находится определенный объем донных наносов с размерами $d > 0,05$ мм, которые промываются и сбрасываются в нижний бьеф бытовыми расходами реки до периода начала наполнения малых русловых водохранилищ.

Выводы. Для обеспечения надежной, безопасной и эффективной работы малых и средних русловых водохранилищ в первую очередь необходимо сохранить (защитить) их регулирующие емкости от заиления, и эта проблема должна решаться с учетом природных и эксплуатационных условий конкретного региона. Предложенные авторами конструктивные мероприятия не оказывают негативного влияния на установленный режим работы водохранилищного гидроузла, а производится успешное урегулирование паводковых и селевых потоков, и при этом обеспечиваются безопасные режимы работы всех сооружений гидроузла. С помощью предложенных мероприятий можно сбрасывать в нижний бьеф более 60–80 % наносов, поступающих в водохранилище, что приводит к существенному увеличению сроков службы таких гидроузлов. Сброс в нижней бьеф из отстойника мелких коллоидных наносов, имеющих свойства естественного удобрения, в период вегетации приводит к существенному улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель, расположенных в зоне водохранилища, что в свою очередь повышает урожайность сельхозкультур.

Список использованных источников

1 Давранов, Г. Т. Повышение эффективности эксплуатации селеводохранилищ: монография / Г. Т. Давранов. – Ташкент: ТИИМ, 2014. – 185 с.

2 Давранов, Г. Т. Режим работы малых водохранилищ адырных зон Ферганской долины и их заиление / Г. Т. Давранов // Вопросы русловой гидротехники с учетом усиливающейся роли антропогенной деятельности в речных бассейнах Средней Азии / САНИИРИ. – Ташкент, 1990. – С. 40–48.

3 Давранов, Г. Т. Некоторые результаты лабораторных исследований заиления селеводохранилищ / Г. Т. Давранов, А. А. Юсупов // Пути комплексного совершенствования мелиорации и водного хозяйства / САНИИРИ. – Ташкент, 1987. – С. 71–76.

4 Давранов, Г. Т. Влияние режима работы водопропускных отверстий на процесс заиления малых водохранилищ / Г. Т. Давранов, А. А. Юсупов // Пути повышения эффективности использования водных ресурсов в условиях их нарастающего дефицита: тезисы докл. всесоюзн. конф. молодых ученых. – Ташкент, 1988. – С. 35.

УДК 631.6:631

Е. В. Мелихова, А. Ф. Рогачев

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград,
Российская Федерация

В. В. Бородычев

Волгоградский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Волгоград, Российская Федерация

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КАПЕЛЬ ВОДЫ ПРИ СПРИНКЛЕРНОМ ОРОШЕНИИ

Целью работы являлось аналитическое исследование рабочих процессов спринклерного орошения, в частности, траектории движения капель поливной воды в воздухе под действием сил тяжести, сопротивления движению с учетом ветрового воздей-

ствия. Проведен анализ и обоснована схема системы спринклерного орошения (ССО), оборудованная среднеструйными (до 25 м) спринклерами, включающая распределительный трубопровод, боковые линии, дождевальные крылья, запорно-регулирующую арматуру и измерительную аппаратуру. Вращающиеся спринклерные аппараты размещают с шагом 9–50 м так, чтобы зоны орошения взаимно перекрывались. На выходе из спринклера поток воды разбивается на капли размером от 0,5 до 4 мм. Для обоснования параметров траектории движения капель получена математическая модель в виде систем дифференциальных уравнений, учитывающих режим взаимодействия капель с воздухом. Сопротивление движения капель в воздушной среде моделировалось нелинейной функцией, зависящей от критерия Рейнольдса. Приведены технические характеристики ирригационных комплексов для спринклерного орошения с расходами жидкости 5, 10, 15 л/с для орошения площадей 5, 10 и 15 га.

Ключевые слова: спринклерное орошение, математическое моделирование, траектория капель, дифференциальные уравнения, критерий Рейнольдса.

Ye. V. Melikhova, A. F. Rogachev

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

V. V. Borodychev

Volgograd Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, Volgograd, Russian Federation

MATHEMATICAL MODELING OF WATER DROPS MOTION BY SPRINKLING IRRIGATION

The aim of work was an analytical study of the working processes of sprinkling irrigation, in particular, the irrigation water drops motion trajectory in air under the influence of gravity forces, resistance to motion taking into account wind impact. The analysis was carried out and sprinkling irrigation system diagram (SSO) equipped with medium-range (up to 25 m) sprinklers, including a distributing pipeline, lateral lines, sprinkler laterals, shut-off valves and pumping and measuring instrumentation was justified. Rotating sprinkler devices are placed at intervals of 9–50 m to overlap irrigation zones likewise. At the sprinkler outlet the water flow is split into droplets with a size of 0.5 to 4 mm. To substantiate the droplet trajectory parameters, a mathematical model in the form of differential equations systems taking into account the mode of interaction of droplets with air is obtained. The resistance of droplet motion in the air was modeled by a nonlinear function depending on the Reynolds criterion. The technical characteristics of irrigation complexes for sprinkling irrigation with a flow rate of 5, 10, 15 litres per second for irrigation of areas of 5, 10 and 15 hectares are given.

Key words: sprinkling irrigation, mathematical modeling, drops trajectory, differential equations, Reynolds criterion.

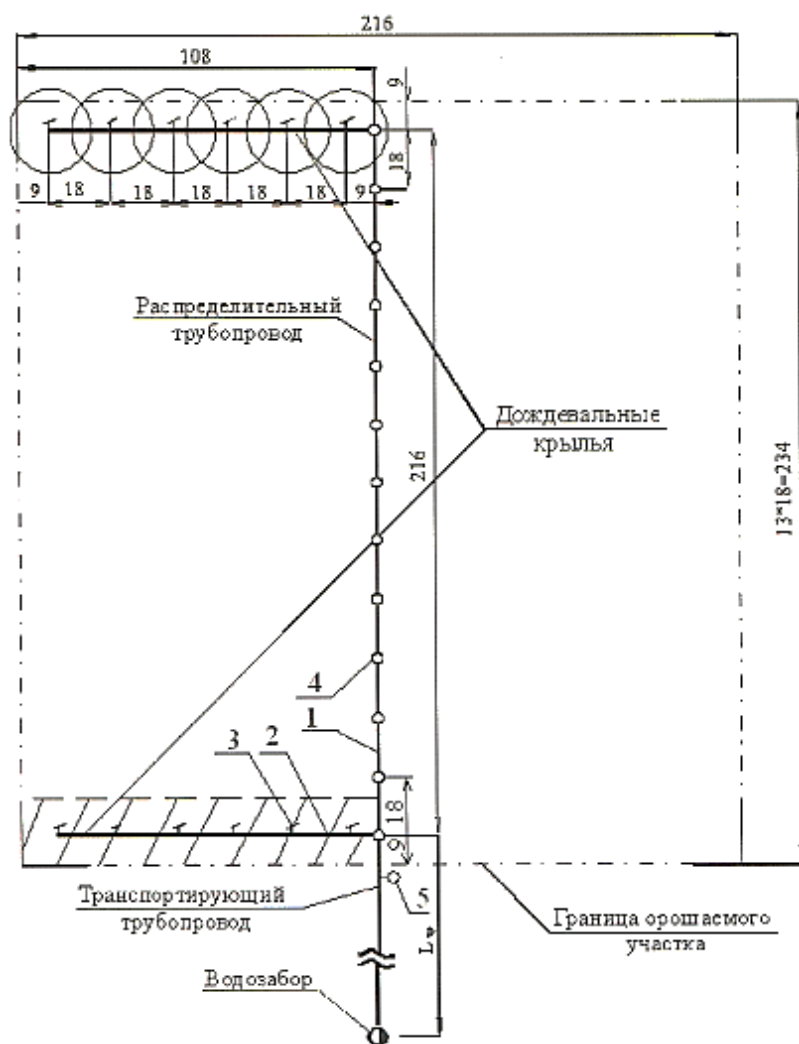
Спринклерное орошение представляет собой способ полива, обеспечивающий получение искусственного дождя, аналогичного естественному. Такое орошение можно использовать при возделывании различных сельскохозяйственных культур, таких, как пшеница, кукуруза, картофель, сахарная и столовая свекла, морковь, виноград, клубника, а также кормовых культур [1–3]. Наиболее эффективно спринклерное орошение на песчаных почвах, характеризующихся значительной степенью инфильтрации. Норма полива при этом должна задаваться ниже величины инфильтрации, с целью не допускать образования стоков (рисунок 1).

Спринклеры могут быть: малого (от 3 до 18 м), среднего (до 25 м), дальнего (до 70 м) радиуса действия. Спринклеры малого радиуса действия, как правило, обеспечивают мелкодисперсное дождевание. Для предотвращения засорения сопел спринклеров, в частности малого радиуса действия, желательно использовать чистую воду без взвесей и примесей [4, 5].



Рисунок 1 – Орошение картофеля среднеструйными спринклерами

Типичная система спринклерного орошения (ССО) изображена на рисунке 2. По распределительному трубопроводу 1 вода подается в дождевальные крылья 2 со спринклерами 3 на участки орошения (рисунок 2). Можно использовать стационарные трубопроводы, которые размещают на поверхности или под землей. В других случаях устанавливаются временные трубопроводы, которые можно перемещать от поля к полю. Вода по участковым трубопроводам поступает в спринклеры [6].



1 – распределительный трубопровод; 2 – дождевальные крылья; 3 – среднеструйные спринклеры; 4 – запорно-регулирующая арматура; 5 – манометр

Рисунок 2 – Схема мобильной ССО с двумя боковыми линиями

С помощью насоса вода, как правило, подается через систему труб. Затем при помощи спринклеров водяной поток разбивается на капли, распыляется по воздуху и опускается на землю. Насосный агрегат подает воду из источника в гидросистему под необходимым давлением для обеспечения равномерного распределения воды по всему орошаемому участку. Вращающиеся спринклерные аппараты размещают с шагом 9–50 м так, чтобы зоны орошения взаимно перекрывались. Для орошения значительных площадей используют несколько боковых линий. Ветровое воздействие негативно сказывается на степени равномерности полива, поэтому необходимо рационально размещать спринклерные аппараты по поверхности поля.

На выходе из спринклера поток воды разбивается на маленькие капли размером от 0,5 до 4 мм. Во избежание повреждения растений и почв следует использовать сопла меньшего размера и повышенное, по сравнению с рекомендуемым, давление оросительной воды.

Для обоснования конструктивных параметров ССО построим математическую модель движения капли воды с учетом ветрового воздействия в координатной плоскости XOY (рисунок 3).

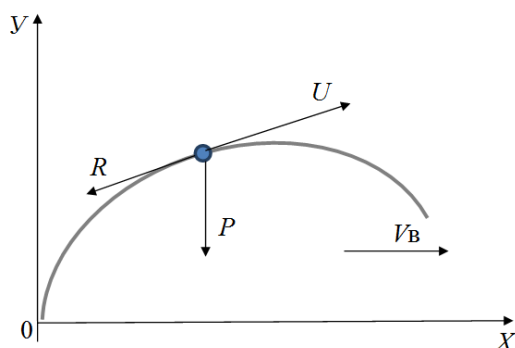


Рисунок 3 – Схема сил, действующих на каплю воды после вылета из сопла спринклера

С учетом сопротивления воздуха и ветрового воздействия дифференциальное уравнение движения капли сферической формы в проекциях на оси координат принимает вид [7, 8].

$$\begin{cases} m\dot{U}_x = -R_x \\ m\dot{U}_y = -mg \pm R_y \end{cases} \quad (1)$$

$$R = CS \rho_v \frac{U^2}{2}, \quad (2)$$

где m – масса капли, кг;

U – скорость относительного движения капель в воздушном потоке, м/с;

R – сила сопротивления воздуха, Н;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

C – коэффициент лобового сопротивления;

S – площадь поперечного сечения капли, м²;

ρ_v – плотность воздуха, кг/м³.

Поскольку горизонтальная составляющая относительной скорости капль U_x зависит от направления ветра V_B , то

$$U_x = \dot{X} \pm V_B. \quad (3)$$

Принимая допущение, что вертикальная составляющая скорости ветра равна нулю, имеем $U_y = \dot{Y}$.

Поскольку коэффициент лобового сопротивления C зависит от значения критерия Рейнольдса Re , получаем $C = f(Re)$ [2, 7].

При всех режимах обтекания можно использовать формулу И. А. Вахрушева [7].

$$C = \left(\frac{28,47}{Re \lg \left(\frac{15,38}{\varphi_k} \right)} + \frac{4,565\varphi_k}{\sqrt[3]{Re}} - \frac{0,491\varphi_k}{\sqrt{Re}} \right) (1 - th(0,01282Re(\varphi_k - 0,9805))) + \\ + 2,86(\varphi_k - 0,8531)th(0,0182Re(\varphi_k - 0,9805)) + \left(7,76 - 2,86\varphi_k - \frac{4,88}{\varphi_k} \right) \times \\ \times th(0,00104Re(\varphi_k - 0,9805)), \quad (4)$$

где φ_k – коэффициент несферичности частицы.

Формула (3) справедлива для диапазона чисел Re : $0 < Re < 5 \cdot 10^5$. В общем случае значение критерия Рейнольдса определяют из зависимости (5).

$$Re = \frac{U d_k}{\nu}, \quad (5)$$

где d_k – диаметр капли, м;

ν – кинематическая вязкость воздуха, m^2/c .

Тогда дифференциальные уравнения (1), (2) движения капель принимают вид:

$$\begin{cases} \dot{U}_x = -AC_x U_x^2 \\ \dot{U}_y = -g \pm AC_y U_y^2 \end{cases}, \quad (6)$$

где A – коэффициент, который определяется по формуле:

$$A = \frac{S \rho_v}{2m}, \quad (7)$$

m – масса капли, кг.

Для сферической капли:

$$m = \rho_\phi \frac{4\pi d_k^3}{3}, \quad (8)$$

где ρ_ϕ – плотность раствора при фертигации, kg/m^3 .

Расчетные значения критерия Рейнольдса получаем из выражений (9), (10).

$$Re_x = \frac{U_x d_k}{\nu}, \quad (9)$$

$$Re_y = \frac{U_y d_k}{\nu}. \quad (10)$$

С учетом формул (7)–(10) получаем систему дифференциальных уравнений траектории капель:

$$\begin{cases} \dot{U}_x = -AC_x (\dot{X} - V_v)^2 \\ \dot{U}_y = -g \pm AC_y U_y^2 \end{cases}. \quad (11)$$

Интегрирование дифференциальных уравнений системы (11) приводит к интегралам, не выражаемым через элементарные функции, поскольку коэффициенты $C_x = f(\dot{X} - V_v)$ и $C_y = f(U_y)$ в свою очередь являются функционалами. Поэтому для получения параметров траектории движения капель необходима схема численного решения системы (11) с использованием специализированной программы для ЭВМ.

В таблице 1 представлены характеристики ССО для семейства комплектов фирмы МК-ГИДРО (г. Коломна) [9].

Таблица 1 – Сравнительные характеристики систем спринклерного орошения

Техническая характеристика	КИ-5	КИ-10	КИ-15
Расход воды, л/с	5,00–7,00	10,00–11,00	14,64
Орошаемая площадь, га	5,05	10,40	15,67
Напор, м	до 60	до 60	до 60
Количество обслуживающего персонала, чел.	1–2	1–2	2
Количество одновременно работающих спринклеров	6	6	8
Продолжительность полива с одной позиции при поливной норме 300 м ³ /га, ч	3,1–2,4	2,9–2,6	2,6
Площадь одновременного полива, га	0,195	0,345	0,460
Средняя интенсивность дождя с учетом перекрытия, мм/ч	9,20–12,80	10,40–11,40	11,44
Производительность за 1 ч эксплуатационного времени, га	0,067–0,080	0,124	–

Таким образом, рассмотренные модели функционирования спринклерной системы орошения позволяют численно оценивать параметры траектории движения капель различных размеров с учетом ветрового воздействия, а также их физико-химических характеристик, зависящих от технологий фертигации. Численное решение полученных дифференциальных уравнений на ЭВМ позволяет исследовать работу ССО в широком диапазоне изменения параметров и обосновать их оптимальные значения для повышения эффективности орошения.

Список использованных источников

1 Бондаренко, А. И. Возделывание картофеля при совместном капельном и спринклерном орошении – перспективная инновация для крестьянско-фермерских хозяйств аридной зоны / А. И. Бондаренко, Т. В. Мухортова, Е. Г. Мягкова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 4(44). – С. 97–105.

2 Дубенок, Н. Н. Водопотребление и продуктивность раннего картофеля при спринклерном орошении / Н. Н. Дубенок, А. Ф. Дружкин, Р. А. Чечко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 15–18.

3 Переносная дождевальная установка позиционного действия: пат. 37589 Рос. Федерация: МПК⁷ A01G 25/09.2004 / Ольгаренко Г. В., Алдошкин А. А., Петренко Л. В., Янин А.Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга». – № 2004100396/20; заявл. 15.01.04; опубл. 10.05.04, Бюл. № 13.

4 Установка для электрохимической активации оросительной воды, преимущественно для систем капельного орошения: пат. 2224722 Рос. Федерация: МПК С 02 F 1/46 / Абезин В. Г., Карпунин В. В., Лагутин А. Н., Рогачев А. Ф., Салдаев А. М., Карпунин В. В.; заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий. – № 2003105525/15; заявл. 25.02.03; опубл. 27.02.04, Бюл. № 6. – 5 с.

5 Rogachev, A. Economic and mathematical modeling of food security level in view of import substitution / A. Rogachev // Asian Social Science. – 2015. – Т. 11. – № 20. – С. 178–184.

6 Техника и технологии фертигации при возделывании сельскохозяйственных

культур / Е. В. Мелихова, А. Ф. Рогачев, В. В. Бородычев, В. М. Гуренко // Научная жизнь. – 2017. – № 5. – С. 30–41.

7 Вахрушев, И. А. Общее уравнение для коэффициента лобового сопротивления частиц различной изотермической формы при относительном движении в безграничной среде / И. А. Вахрушев // Химическая промышленность. – 1965. – № 8. – С. 54–57.

8 Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Е. Идельчик; под ред. М. О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

9 Особенности орошения и фертигации овощных культур [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yug-poliv.ru/ovoschi/> (дата обращения: 09.05.2017).

УДК 631/635:631.6

В. Э. Завалюев, Л. Н. Медведева

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

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СЛЕД И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В ЮЖНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

Целью исследования является рассмотрение вопросов соотношения экологического следа и биоемкости в Южном федеральном округе в связи с расширением производства АПК. Представлены формулы, по которым можно произвести расчеты экологического следа потребления при определенном типе землепользования, при определенных объемах производства; биоемкости определенных типов землепользования; исчисления коэффициента урожайности земель в соотношении со среднемировыми значениями. Показано соотношение экологического следа и биоемкости в Южном федеральном округе, обосновано расширение орошаемых земель на основе применения ресурсосберегающих и природоподобных технологий. При сегодняшнем условии, когда экологический след России превышает среднемировые показатели, необходимо постоянно проводить исследования, направленные на сохранение уникальных экосистем страны, на повышение плодородия почв и на снижение экологического следа.

Ключевые слова: экологический след, биоемкость природы, глобальный гектар, Южный федеральный округ, мелиорация земель, продуктивность земель

V. E. Zavalyuev, L. N. Medvedeva

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

ENVIRONMENTAL FOOTPRINT AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF LAND RECLAMATION IN THE SOUTHERN FEDERAL DISTRICT

The aim of the study is to examine the relationship between the ecological footprint and bio-capacity in the Southern Federal District in connection with the expansion of AIC production. The formulas are presented, according to which it is possible to calculate the ecological footprint of consumption under a certain type of land use, with certain volumes of production; bio-capacity of certain types of land use; calculating the coefficient of land productivity in relation to the worldwide average. The correlation of the ecological footprint and bio-capacity in the Southern Federal District is shown, the expansion of irrigated lands based on the application of resource-saving and nature-friendly technologies is justified. Under today's condition, when the ecological footprint of Russia exceeds the worldwide average, it is necessary to carry out constant research aimed at preserving the unique ecosystems of the country, increasing soil fertility and reducing the ecological footprint.

Key words: *ecological footprint, biocapacity of nature, global hectare, Southern Federal District, land reclamation, land productivity.*

Забота об экологии и экологическая безопасность с каждым годом становятся все более актуальными, 2017 год объявлен в России Годом экологии. Существует достаточно много концепций, объясняющих уровень воздействия человечества на природные ресурсы, и одна из них – концепция экологического следа, которая появилась в 80-х годах XX века (разработчики – Wackernagel и William Rees из University of British Columbia). В последующем созданная Международная организация Global Footprint Network продолжила исследования по оценке воздействия человека на природную среду.

Экологический след (англ. *ecological footprint*) – это мера воздействия человека на среду обитания, позволяющая сопоставлять потребление ресурсов биосферы с ее способностью к воспроизводству и ассимиляции отработанных человечеством ресурсов (отходов). В глобальном масштабе экологический след указывает, насколько быстро человечество потребляет природный капитал.

По данным Global Footprint Network, потребление человечеством природных ресурсов превзошло способности Земли к воспроизводству, что уже сейчас приводит к дефициту биоемкости (прим. биоемкость – это способность экосистем производить ценные биологические ресурсы и поглощать отходы).

Расчет экологического следа сводится к определению потоков ресурсов и отходов, которые переводятся в единицы площади земель, а затем в единицы глобальных гектаров, последние суммируются и показывают общий спрос на площади земли [1, 2].

Если экологический след превышает биоемкость региона или государства, возникает дефицит биоемкости, т. е. идет перерасход экологического капитала. В расчетах экологического следа присутствует показатель *n*-е количество используемой для агропроизводства земли [1]. Схема прямого и косвенного спроса на биоемкость показана на рисунке 1.

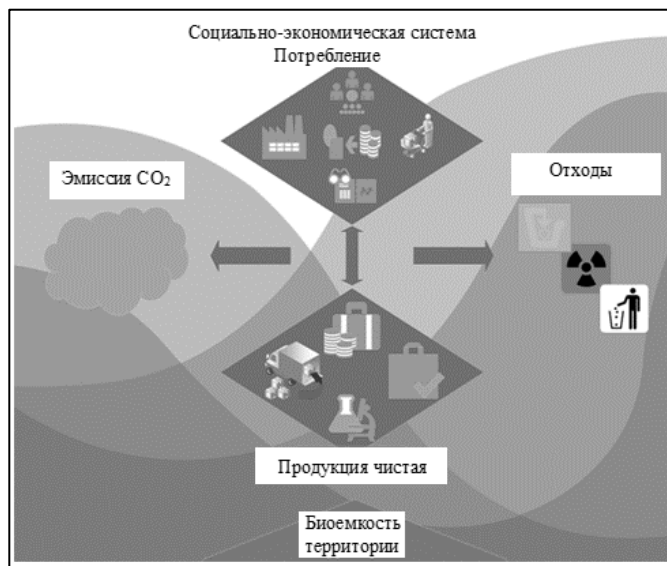


Рисунок 1 – Схема прямого и косвенного спроса на биоемкость

Для каждого типа землепользования экологический след потребления (EF_c) можно рассчитать по формуле:

$$EF_c = EF_p + EF_1 - EF_E, \quad (1)$$

где EF_p – экологический след производства, Гга/чел.;

EF_1 и EF_E – экологический след материализованных импортируемых и экспортируемых потоков товаров, в глобальных га/чел.

Экологический след производства (EF_p) представляет собой первичный спрос на биоемкость и вычисляется по формуле:

$$EF_p = \frac{P}{Y_N} \cdot YF \cdot EQF, \quad (2)$$

где P – объем годовой продукции (объем выброса) CO_2 , произведенной в стране N по данному типу землепользования;

Y_N – среднегодовая урожайность продукции P в стране N , т/га;

YF – коэффициент урожайности;

EQF – коэффициент эквивалентности.

Биоемкость для каждого из типов землепользования рассчитывается по формуле:

$$BC_i = A_i \cdot YF_i \cdot EQF_i, \quad (3)$$

где A_i – площадь, доступная для i -го типа землепользования, га;

YF_i – коэффициент урожайности i -го типа землепользования;

EQF – коэффициент эквивалентности для i -го типа землепользования.

Чтобы привести урожайность земель на данной территории к среднемировым значениям, необходимо воспользоваться коэффициентом урожайности (YF_L), который рассчитывается по формуле:

$$YF_L = \frac{\sum_{i \in U} A_{W,i}}{\sum_{i \in U} A_{N,i}}, \quad (4)$$

где U – множество всех используемых первичных продуктов, получаемых при определенном типе землепользования;

$A_{W,i}$ и $A_{N,i}$ – площади, необходимые для воспроизводства годового объема i -го первичного продукта с учетом урожайности в среднем в мире (W) и в стране (N), га.

Расчет значений $A_{W,i}$ и $A_{N,i}$ производится по формулам:

$$A_{W,i} = \frac{P_i}{Y_N}, \quad (5)$$

$$A_{N,i} = \frac{P_i}{Y_W}, \quad (6)$$

где P_i – годовой сбор i -продукции в стране N ;

Y_N и Y_W – национальные и среднемировые урожайности соответственно.

Коэффициент урожайности – соотношение национальной и среднемировой урожайностей:

$$YF_L = \frac{Y_N}{Y_W}. \quad (7)$$

Экологический след можно рассматривать как индикатор устойчивого развития цивилизации, как подход в использовании окружающей среды, позволяющий нынешнему поколению обеспечить соответствующий уровень жизни и защитить ключевые экологические системы планеты, которые являются важными для выживания будущих поколений. На основании показателей экологического следа и биологического потенциала можно судить о том, как регион расходует свои природные запасы. Например, если биопотенциал превышает экослед, то регион выступает в качестве «экологического донора», но зачастую бывает наоборот. В 2012 году экологический след составлял – 2,2 Га/чел. По оценке экологов, для воспроизводства всех ресурсов, которые потребляет человечество ежегодно, нужно примерно полторы планеты Земля [1]. Одна из составляющих экологического следа – пашни.

В настоящее время структура земельных ресурсов планеты (без Антарктиды и Гренландии) представлена следующими показателями: 1450 млн га (11 %) – обрабатываемые земли; 3100 млн га (23 %) – естественные луга и пастбища; 4000 млн га (30 %) – леса и кустарники; 450 млн га (2 %) – населенные пункты, промышленные и др. объекты; 4400 млн га (34 %) – малопригодные и непродуктивные земли [3]. Предельные площади пашни составляют 1500 млн га, а это означает, что все доступные резервы пахотных земель практически уже использованы и дальнейшая распашка приведет к усилению негативных процессов, таких, как засоление, опустынивание. Уменьшение пахотных земель происходит вследствие урбанизации – города, расширяясь, захватывают пахотные земли [4, 5]. Сельское хозяйство, в т. ч. мелиорация являются, с одной стороны, основой решения продовольственной проблемы, с другой – одним из основных факторов, определяющих состояние окружающей среды. И в том, и в другом качестве сельское хозяйство определяет социально-экономическое и экологическое развитие территорий [4, 5]. Непродуманное применение мелиорации может привести к истощению и загрязнению водных ресурсов, засолению и подтоплению земель. В настоящее время из 278 млн га орошаемых земель 100–120 млн га (35–40 %) подвержены вторичному засолению и подтоплению. Ежегодно в мире из сельскохозяйственного оборота выбывает около 10 млн га орошаемых земель. Намечилось и снижение объема продукции, получаемой с орошаемых земель, с 1960 по 2000 г. снижение с 50 до 40 % [3]. Характеризуя общую направленность современных путей развития мелиорации можно отметить, что происходит смена концепций: от охраны природных ресурсов к устойчивому управлению биогеохимическими процессами. При этом увеличение производства продуктов питания должно обеспечиваться через снижение нагрузки на природную среду. Задача чрезвычайно сложная и без совершенствования мелиоративных мероприятий не выполнимая. Поскольку, по прогнозам ФАО, к 2030 году необходимо удвоить производство продовольствия, то в связи с этим нужно увеличить площадь орошаемых земель в мире до 350 млн га [3]. Южный федеральный округ России занимает площадь 420,9 тыс. км²; численность населения составляет 14044,6 тыс. чел. По величине подушевого экологического следа – 4,75 Га округ занимает предпоследнее место в стране [6]. Хотя в экологическом следе категории «продовольствие» выше, чем в среднем по России, в других категориях он значительно ниже, чем в среднем по стране. Экологический след и биоемкость ЮФО представлены на рисунке 2 и таблице 1 [6].

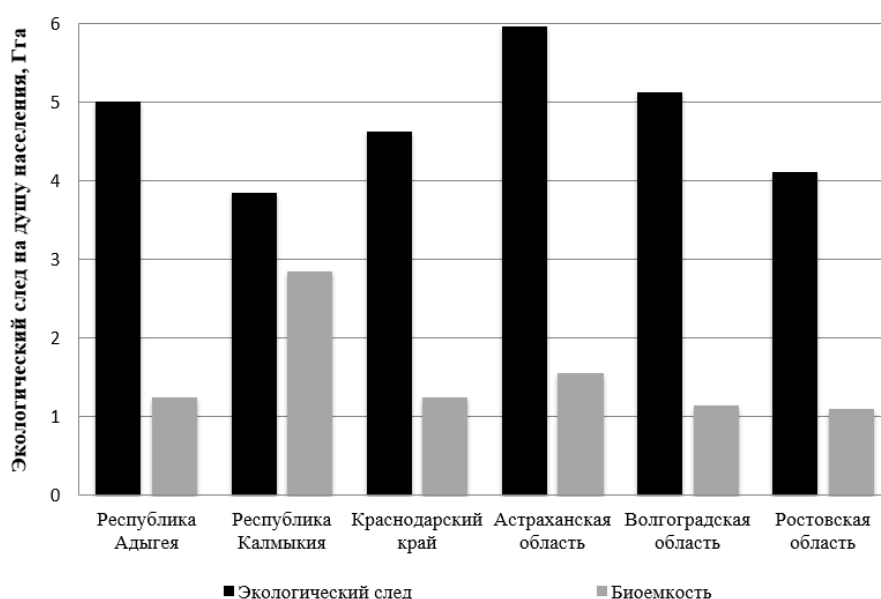


**Рисунок 2 – Экологический след и биоемкость
Южного федерального округа, 2012 г.**

Таблица 1 – Подушевой экологический след ЮФО в категориях Классификатора индивидуального потребления по целям ООН (КИНЦ), 2012 г.

Регион	В глобальных га/чел.														
	Продукты питания и безалкогольные напитки	Алкогoльные напитки и табачные изделия	Одежда и обувь	Жилье, вода, электроэнергия, газоснабжение и другие виды используемого топлива	Домашняя обстановка и бытовая техника	Здравоохранение	Транспорт	Связь	Культура и спорт	Образование	Рестораны и отели	Прочие товары и услуги	Правительство	Валовые накопления основного капитала	Всего
Южный федеральный округ	1,18	0,10	0,11	1,05	0,04	0,06	0,58	0,05	0,14	0,01	0,01	0,09	0,54	0,82	4,78
Республика Адыгея	1,17	0,06	0,12	0,96	0,06	0,06	0,87	0,05	0,15	0,01	0,01	0,10	0,56	0,85	5,01
Республика Калмыкия	1,09	0,08	0,12	0,69	0,03	0,02	0,52	0,03	0,10	0,01	0,01	0,07	0,43	0,66	3,85
Краснодарский край	1,2	0,10	0,12	1,10	0,05	0,05	0,41	0,05	0,12	0,01	0,01	0,10	0,52	0,79	4,62
Астраханская область	1,4	0,16	0,14	1,23	0,05	0,05	0,86	0,05	0,19	0,01	0,03	0,12	0,67	1,02	5,96
Волгоградская область	1,00	0,10	0,08	0,92	0,06	0,06	1,17	0,04	0,15	0,02	0,01	0,09	0,57	0,87	5,13
Ростовская область	1,10	0,11	0,09	0,97	0,06	0,06	0,29	0,04	0,15	0,01	0,02	0,07	0,46	0,7	4,11

Агропромышленный комплекс ЮФО занимает важное место в экономике страны, здесь производится: 44 % семян подсолнечника, 21 % зерновых, 20 % плодов и ягод, 19 % овощей, 13 % скота и птицы на убой, 10 % молока. Для ведения сельского хозяйства в округе используется 15,2 % сельскохозяйственных угодий (таблица 2) [7].

Таблица 2 – Наличие земельных ресурсов по субъектам ЮФО (без Крыма и Севастополя) на 01.01.2013

Субъект ЮФО	Общая земельная площадь, тыс. га	Площадь пашни, тыс. га	Площадь сельскохозяйственных угодий, тыс. га	Площадь орошаемых земель, тыс. га
Республика Адыгея	361,6	327,5	256,3	39,3
Республика Калмыкия	6069,8	5333,9	726,8	57,7
Краснодарский край	4974,1	4439,5	3930,9	477,6
Астраханская область	3327,2	2762,1	246,0	231,9
Волгоградская область	8995,4	8450,4	5831,1	352,2
Ростовская область	8849,2	8254,8	5808,9	419,7
Итого по ЮФО	32577,3	29568,2	16800,0	1578,4

Согласно стратегии развития ЮФО к 2030 году, орошаемые земли должны составить до 2 млн га. Эффективное использование инновационных технологий позволит поднять продуктивностью орошаемого гектара до 12 т/га к. е.

По отчетным данным Росстата и экспертным оценкам ученых, структура посевных площадей на орошаемых землях в 2012 году сложилась следующая: 55–60 % площадей занимают зерновые культуры, 20–25 % – кормовые, 5–7 % – овощи, 4–5 % – рис и до 20–22 % – технические культуры, и это не отвечает научно обоснованной структуре посевных площадей [8]. Если следовать рекомендации ученых ФГБНУ «РосНИИПМ» и добиться, чтобы в структуре посевных площадей кормовые и зерновые культуры занимали 80 %, то в пересчете на мясо и молоко (при использовании кормов в соотношении 50 % на мясо и 50 % на молоко) можно получать дополнительно около 460 тыс. т говядины и 4,6 млн т молока [8, 9].

Приоритетами государственной политики в сфере развития АПК и сохранения окружающей среды должны стать: использование мелиоративной техники нового поколения; создание малоэнергозатратных мелиоративных систем, в т. ч. деривационных ОС; создание высокоэффективных технологий ведения сельскохозяйственного производства на мелиорируемых земельных и водных угодьях. Мелиорация земель на юге России позволит обеспечить гарантированное производство зерна, риса, овощей и плодово-ягодной продукции в объемах, достаточных для обеспечения продовольственной безопасности страны, а также довести биопродуктивность земель близкой к естественной. Россия обладает исключительными запасами биоемкости и является глобальным донором природного капитала, однако такое богатство вовсе не означает, что его можно расточительно использовать [9–11]. Экологический след России превышает среднемировые показатели, и необходимо многое сделать для сохранения уникальных экосистем нашей страны.

Список использованных источников

- 1 Глобальная сеть экологического следа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wwf.footprintnetwork.org>, 2017.
- 2 Сайт Всемирного фонда дикой природы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wwf.ru/resources/footprint/about>, 2017.
- 3 Мелиорация земель / А. И. Голованов, И. П. Айдаров, М. С. Григоров [и др.]. – М.: Колос, 2011. – 824 с.

4 Медведева, Л. Н. Концепт-стратегия «зеленых городов» на базе промышленно развитых средних: монография / Л. Н. Медведева, К. Ю. Козенко, О. П. Комарова; ФГБНУ ВНИИОЗ. – Волгоград: Изд-во «Крутон», 2015. – 256 с.

5 Сизов Ю. И. Зеленые сельские поселения – курс на новое качество жизни / Ю. И. Сизов, Л. Н. Медведева, А. С. Плотников // Труды вольного экономического общества России. – М., 2016. – № 199. – С. 445–464.

6 Экологический след субъектов Российской Федерации – 2016 / науч. ред. П. А. Боев и Д. Л. Буренко / Всемирный фонд дикой природы (WWF). – М.: WWF России, 2016. – 112 с.

7 О федеральной целевой программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы»: постановление Правительства РФ от 12 октября 2013 года № 922 (с изменениями на 25 января 2017 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499051291>.

8 Балакай, Г. Т. Развитие мелиорации – основа стабилизации производства сельскохозяйственной продукции в России / Г. Т. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2011. – № 2. – 9 с. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec22-field6.pdf.

9 Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России / А. В. Колганов, Н. В. Сухой, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин; под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 222 с.

10 Щедрин, В. Н. Состояние и перспективы развития мелиорации земель на юге России / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2014. – № 3(15). – С. 1–15. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=273&id=274>.

11 Теория и практика альтернативных видов орошения черноземов юга Европейской территории России: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 435 с.

УДК 631.67

В. Д. Гостищев, А. А. Кузьмичев

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНОГО СТОКА В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ

В статье рассмотрен вопрос дефицита водных ресурсов в Республике Крым и представлена возможность решения данной проблемы путем дополнительного аккумуляирования вод местного стока в период весеннего половодья. Приведены показатели по забору воды из рек в Бахчисарайском, Симферопольском, Белогорском, Кировском и Севастопольском районах.

Ключевые слова: водные ресурсы, Республика Крым, местный сток, схема комплексного использования, объем забранной воды.

V. D. Gostishchev, A. A. Kuzmichev

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

PROSPECTS OF USING LOCAL RUNOFF IN THE REPUBLIC OF CRIMEA

The issue of water scarcity in the Republic of Crimea is considered; the possibility of solving this problem by additional storage of water from local runoff during spring flood is

presented. Indicators for run-of-stream diversion in Bakhchisaray, Simferopol, Belogorsk, Kirov and Sevastopol districts are given.

Key words: water resources, Republic of Crimea, local runoff, multipurpose scheme, volume of drawn water.

Полуостров Крым является регионом Российской Федерации, наименее обеспеченным собственными водными и энергетическими ресурсами. С ростом численности населения в послевоенные годы, развитием курортной индустрии и промышленности, а также из-за относительно небольшого количества осадков и неразвитой речной сети в северных и восточных районах Крыма обострилась проблема снабжения полуострова пресной водой. Обеспечение водными ресурсами было осуществлено за счет подачи днепровской воды по Северо-Крымскому каналу (СКК), первый пуск которого был осуществлен в 1963 году [1].

Прекращение подачи днепровской воды в 2014 году привело к значительному дефициту водных ресурсов. В отраслевом разрезе, согласно данным федерального статистического наблюдения, наибольшее сокращение объемов потребляемой воды произошло в сельском хозяйстве с 1305,5 млн м³ в 2013 г. до 14,1 млн м³ в 2015 г. (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели забора воды по Республике Крым в отраслевом разрезе за 2013–2015 гг.

Наименование отрасли	Забор воды, млн м ³		
	2013 г.	2014 г. без СКК	2015 г. без СКК
Коммунальное хозяйство	183,6	191,08	202,66
Сельское хозяйство	1305,8	81,80	14,10
Промышленность	61,9	35,15	26,52
Другие отрасли	2,5	2,29	10,15
Всего по Республике Крым	1553,8	310,32	253,46

В настоящее время важным является поиск решений, которые позволят ускорить процесс адаптации сельскохозяйственной отрасли к новым водоограниченным условиям и минимизировать потери, нанесенные за счет сокращения орошаемых площадей и связанного с этим недобора урожая по основным группам культур.

Перспективной альтернативой для развития орошаемого земледелия является использование водных ресурсов местного стока, аккумулируемых в период весеннего половодья.

В Крыму протекают 1657 рек разной величины с постоянным и временным водотоком, также на полуострове расположено 315 озер и 1045 оросительных прудов, кроме этого есть подземные водоносные слои [2].

Ресурсы пресной воды располагаются по территории Крыма неравномерно из-за особенностей ландшафта. Самыми сухими районами являются северо-западная и восточная территории полуострова. Наиболее обеспеченными пресной водой являются районы, расположенные у подножия северных склонов центра главной гряды Крымских гор. Это Бахчисарайский, Симферопольский, Белогорский, Кировский и Севастопольский районы. Объем забранной воды, в том числе для целей орошения, в данных районах за 2015 год представлен в таблице 2.

Общий объем забранной воды составляет 185,57 млн м³, в том числе для целей орошения 11,3 млн м³. Основными реками, из которых осуществляется отбор воды, являются: Бюк-Карасу, Салгир, Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная. Эти реки имеют выраженный паводковый режим. На зимне-весенний период (ноябрь – апрель) приходится 70–90 % их годового стока, что обуславливает необходимость строительства водохранилищ [3].

Таблица 2 – Объем забранной воды по районам

В млн м³				
Источник забора воды	Забрано воды	Использовано		Потери
		всего	в т. ч. на орошение	
Бахчисарайский район				
р. Альма	28,36	25,53	0,40	2,83
р. Кача	3,15	3,15	1,0	0
р. Бельбек	15,82	14,12	0,17	1,70
р. Коккозка	0,10	0,10	0	0
р. Чурук-Су	0,25	0,25	0	0
Всего по району	47,68	43,15	1,57	4,53
Симферопольский район				
р. Салгир	28,82	28,49	1,97	0,33
р. Западный Булганак	1,17	1,17	1,12	0
р. Бештерек	0,22	0,22	0	0
р. Галатчик-Кая	0,23	0,23	0	0
р. Малый Салгир	0,18	0,18	0	0
р. Аян	5,25	5,24	0	0,1
Всего по району	35,87	35,53	3,09	0,34
Белогорский район				
р. Биюк-Карасу	40,81	32,69	5,54	8,12
р. Кучук-Карасу	0,20	0,20	0	0
р. Зуя	1,19	1,19	0,04	0
р. Бурульча	0,10	0,05	0,01	0,05
р. Сарысу	0,08	0,07	0	0,01
Всего по району	42,38	34,20	5,59	8,18
Кировский район				
р. Восточный Булганак	0,15	0,15	0	0
р. Чорох-Су	0,48	0,18	0	0,30
р. Мокрый Индол	0,19	0,07	0	0,12
р. Сухой Индол	0,10	0,10	0	0
р. Субаш	0,50	0,50	0	0
Всего по району	1,42	1,00	0	0,42
Севастополь (с/х зона)				
р. Черная	39,98	20,96	0,09	19,02
р. Бельбек	0,63	0,35	0,03	0,28
р. Балаклавка	0,22	0,22	0	0
р. Кача	0,60	0,56	0,36	0,04
Подземная вода	2,55	2,31	0,57	0,24
Морская вода	14,24	10,08	0	4,06
Всего по району	58,22	34,58	1,05	23,64
Всего	185,57	148,46	11,30	37,11

Для регулирования стока на рассматриваемых реках построены крупные водохранилища (таблица 3).

Таблица 3 – Основные характеристики и местоположение водохранилищ

Название водохранилища	Местоположение	Источник питания	Полный объем, м ³
1	2	3	4
Белогорское	г. Белогорск	р. Биюк-Карасу	23,30
Тайганское	Белогорский р-н	р. Биюк-Карасу	13,80

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Аянское	с. Заречное Симферопольский р-н	р. Аян	3,90
Симферопольское	г. Симферополь	р. Салгир	36,00
Партизанское	с. Партизанское Симферопольский р-н	р. Альма	34,40
Альминское	с. Почтовое, Бахчисарайский р-н	р. Альма	6,20
Загорское	с. Синапное Бахчисарайский р-н	р. Кача	27,85
Бахчисарайское	г. Бахчисарай	р. Кача	6,89
Счастливенское	Бахчисарайский р-н	р. Бельбек	11,80
Чернореченское	Севастопольский р-н	р. Черная	64,20
Общий объем			228,34

Между тем, по данным профессора А. Н. Олиферова, река Черная зарегулирована на 61 %, река Бельбек зарегулирована на 5,9 %, сток реки Биюк-Карасу зарегулирован на 43,4 %. Реки Кучук-Карасу, Мокрый Индол и Восточный Булганак практически не зарегулированы [4].

Повысить зарегулированность стока возможно при устройстве дополнительных регулирующих емкостей (деривационных водохранилищ), в которые будет аккумулироваться избыточный сток в паводковый период, и затем эта вода может использоваться на орошение в вегетационный период.

Таким образом, в условиях прекращения работы СКК возникает необходимость поиска решений проблемы дефицита водных ресурсов. Особенно актуально данный вопрос стоит в области сельского хозяйства, так как на орошение земель тратится в среднем около 70 % пресных вод.

Одним из возможных решений проблемы водообеспеченности Республики Крым является использование водных ресурсов местного стока, аккумулируемых в период весеннего половодья, за счет строительства дополнительных водохранилищ на реках, стекающих с северных склонов центра главной гряды Крымских гор.

Для разработки схемы и проектов строительства водохранилищ в Крыму необходимы тщательное изучение поверхностного стока в годы различной обеспеченности и оценка состояния гидротехнических сооружений, используемых для аккумуляции поверхностных вод.

Проведенные исследования позволят подготовить схему комплексного использования водных ресурсов всеми отраслями Республики Крым.

Список использованных источников

1 Научно-популярная энциклопедия «Вода России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://water-rf.ru>, 2017.

2 Устойчивый Крым. Водные ресурсы / В. С. Тарасенко [и др.]; под ред. В. С. Тарасенко. – Симферополь: Таврида, 2003. – 413 с.

3 Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий: монография // Е. А. Позаченюк [и др.]. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. – 672 с

4 Олиферов, А. Н. Водная проблема в Крыму / А. Н. Олиферов // География и регион: материалы междунар. науч.-практ. конф. (23–25 сентября 2015 г.): в 6 т. / ФГБОУ ВПО «ПГНИУ». – Пермь: ПГНИУ, 2015. – Т. IV. Гидрометеорология. Картография и геоинформатика. – С. 100–103.

УДК 631.67:631.434:631.46

Л. А. Воеводина

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СТРУКТУРЫ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ

В статье предложены направления использования микроорганизмов для улучшения структуры почвы и повышения устойчивости растений к неблагоприятным почвенным условиям.

Ключевые слова: чернозем обыкновенный, орошение, структура почвы, арбускулярные микоризные (АМ) грибы, PGPB-бактерии, ризобактерии.

L. A. Voyevodina

Russian Scientific Research Institute of Melioration Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

PROSPECTS OF USING MICROORGANISMS FOR IMPROVING THE STRUCTURE OF IRRIGATED SOILS

The directions of using microorganisms for improving soil structure and increasing the resistance of plants to unfavorable soil conditions are suggested.

Key words: ordinary chernozem, irrigation, soil structure, arbuscular mycorrhizal (AM) fungi, PGPB bacteria, rhizobacteria.

Цель – проанализировать структурное состояние черноземов обыкновенных Ростовской области и выявить перспективные направления использования микроорганизмов для его улучшения.

Агрономически ценная структура почвы очень важна для сельскохозяйственного производства, особенно для орошаемого земледелия. В начале XX-го века было установлено, что наивысшие урожаи получали, если почва состояла из агрегатов размером 2–3 мм. Слой агрегатов такого размера на поверхности способствует меньшему испарению по сравнению с распыленной почвой [1].

Почва, состоящая из агрегатов меньше 0,25 мм, имеет некоторые свойства бесструктурной: она медленно пропускает воду и быстро высыхает, т. е. плохо запасает воду, неэффективно использует выпадающие осадки, подвержена водной и ветровой эрозии. Будучи увлажненной, она содержит мало воздуха. Температурные колебания в такой почве более резкие, чем в структурной [1–5].

Структурной почве присуще сбалансированное содержание воздуха и воды. Так, при влажности на уровне наименьшей влагоемкости, соотношение воды и воздуха в процентах составляет 60 : 40, что соответствует оптимальным условиям для развития корневых систем растений, почвообитающих животных, аэробных микроорганизмов в межагрегатной среде и на поверхности агрегатов и анаэробных форм в массе самих агрегатов [2].

Водопрочность агрегатов особенно важна в орошаемом земледелии, ввиду того что любой способ орошения имеет определенное отрицательное влияние на структуру почвы, которое проявляется в химическом и физическом воздействии воды, поступающей в почву [6, 7].

По современным представлениям макроагрегат имеет примерно такую структуру, как изображена на рисунке 1.

По изображению на рисунке 1, соединение микроагрегатов происходит под дей-

ствием различных органических связующих, которые являются продуктами жизнедеятельности грибов и бактерий.

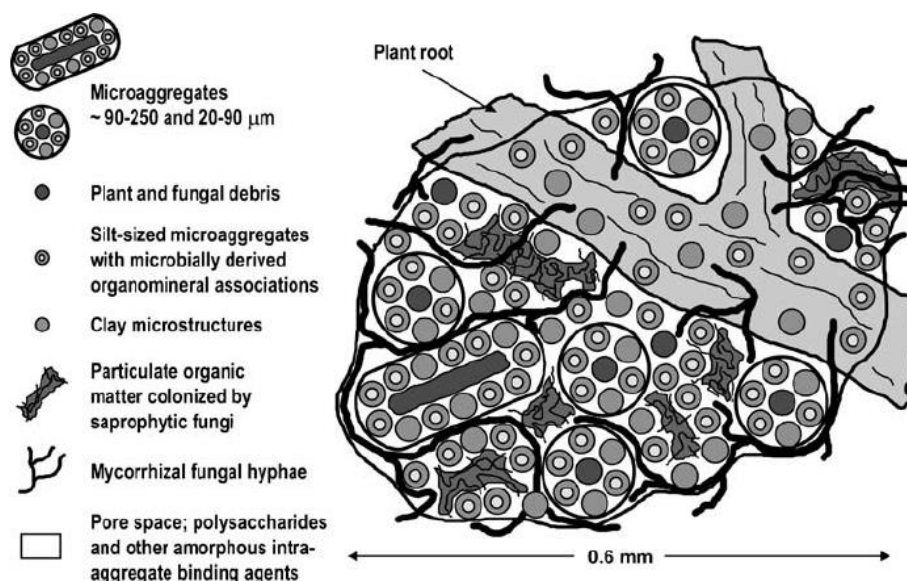


Рисунок 1 – Строение макроагрегата [8]

Проведенные нами исследования показали, что обыкновенный чернозем обладает высокой микроагрегированностью, о чем свидетельствует величина фактора дисперсности (по Качинскому), которая составляла 5,4 % для почвы, орошаемой дождеванием, 6,8 % для необрабатываемых участков и 2,6 % для богарных условий. Однако, агрономически ценная структура не водопрочна, особенно в орошаемых почвах, почвенные макроагрегаты подвержены распаду, в результате чего почва заплывает, образуется корка, что особенно неблагоприятно при прорастании сельскохозяйственных культур. Так, средневзвешенный диаметр агрегатов при мокром просеивании для орошаемой дождеванием почвы (0,28 мм) стремится к критическому размеру 0,25 мм, при котором почва приобретает свойства бесструктурной (таблицы 1–2).

Таблица 1 – Показатели агрегатного состояния слоя 0–30 см чернозема обыкновенного

Показатель	Целина	Богара	Дождевание
Количество АЦА при СП, %	73	72	63
Оценка структурного состояния при СП	Хорошая	Хорошая	Хорошая
СВД при СП, мм	4,36	4,38	5,72
Количество АЦА при МП, %	68	46	33
Оценка структурного состояния при МП	Хорошая	Хорошая	Удовлетворительная
Оценка водопрочности	Отличная	Хорошая	Удовлетворительная
СВД при МП, мм	0,75	0,28	0,26

Таблица 2 – Содержание агрегатов различных фракций при сухом и мокром просеивании

Место отбора		% -ное содержание фракций при сухом и мокром просеивании							
		> 10 мм	10–7 мм	7–5 мм	5–3 мм	3–2 мм	2–1 мм	1–0,25 мм	0,5–0,25 мм
1		2	3	4	5	6	7	8	9
Целина	СП	23,0	5,0	5,0	13,0	18,0	16,0	10,0	6,0
	МП	0,0	0,0	0,8	2,9	4,8	11,7	19,1	28,3
									10
									32,4

Продолжение таблицы 2

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Богара	СП	25,3	6,9	5,4	7,6	9,1	14,1	20,0	8,9	2,6
	МП	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	4,6	39,5	53,8
Дождевание	СП	35,4	9,4	7,9	10,8	7,0	14,8	6,6	6,8	1,2
	МП	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,1	3,7	27,7	66,9
Примечание – СП – сухое просеивание; МП – мокрое просеивание.										

В орошаемых почвах отмечается также снижение содержания углерода органического вещества. Данный показатель имеет прямую линейную зависимость с содержанием агрономически ценных агрегатов [9].

Такое сочетание факторов указывает на недостаточное поступление продуктов жизнедеятельности микроорганизмов в почву для создания макроструктуры.

В то же время количество сообщений, в которых отмечается положительная роль микроорганизмов для улучшения функционирования растений, в том числе за счет механизмов создания благоприятной структуры почвы, увеличивается.

Данное направление исследований рассматривает воздействия грибов и бактерий. Микроорганизмы, поселяясь на/в корнях растения, улучшают его рост и развитие, а отдельные виды микроорганизмов повышают устойчивость растений к стрессовым условиям, что делает возможным выращивание растений при уменьшенном количестве поливной воды, а для некоторых видов возможен полный отказ от орошения, что особенно актуально при разработке технологий циклического орошения.

Из грибов для этих целей чаще всего используют арбускулярные микоризные (АМ) грибы рода *Glomus*. Симбиоз между растением и микоризными грибами оказывает на растение благоприятное воздействие: за счет развития мицелия увеличивается поглощающая поверхность корня и усиливается поступление в растение воды [10–12].

Кроме грибов используют также полезные свойства бактерий. Ризосферные бактерии, обладающие совокупностью полезных для растений свойств, получили название PGPR (PGPB) (от Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (Bacteria) – ризобактерии (бактерии), способствующие росту растений [13, 14]. Такие полезные микроорганизмы колонизируют ризосферу/эндоризосферу растений и улучшают рост растений с помощью различных прямых и опосредованных механизмов [15, 16]. Положительные свойства таких бактерий основаны на комплексе взаимосвязанных свойств: азотфиксации, выделении физиологически активных веществ – стимуляторов роста, антагонизме по отношению к фитопатогенным грибам и бактериям. Использование PGPR, по сообщениям многих исследователей, становится перспективной альтернативой для уменьшения биотических и абиотических стрессов [17–19].

Сложные динамические взаимодействия между микроорганизмами, корнями, почвой и водой в ризосфере индуцируют изменения в физико-химических и структурных свойствах почвы [20]. Микробиологические полисахариды могут соединять почвенные частицы и формировать микроагрегаты и макроагрегаты. Корни растений и грибные гифы проникают в поры между микроагрегатами и таким образом стабилизируют макроагрегаты. Растения, обработанные экзополисахаридами, продуцируемыми бактериями, показывают увеличенную сопротивляемость к водному и солевому стрессу вследствие улучшения почвенной структуры [21]. Экзопалисахариды также могут связывать катионы, в том числе и натрия, таким образом делая его недоступным для растений при засолении.

Вывод. Следовательно, применение таких полезных микроорганизмов, как АМ-грибы и PGPR-бактерии, может положительно влиять на структурообразование в почве и способствовать лучшему росту и развитию растений. В связи с этим актуальными являются направления исследований по поиску таких полезных микроорганиз-

мов, проверке их положительного влияния на структурообразование и жизнедеятельность растений, созданию препаратов, содержащих такие полезные микроорганизмы, и разработке мероприятий, способствующих функционированию этих полезных микроорганизмов в почве.

Список использованных источников

- 1 Вершинин, П. В. Почвенная структура и условия ее формирования / П. В. Вершинин. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1958. – 188 с.
- 2 Плодородие почв и сельскохозяйственные растения: экологические аспекты / В. Ф. Вальков, Т. В. Денисова, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, Р. В. Кузнецов. – Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2008. – 416 с.
- 3 Теории и методы физики почв: коллектив. моногр. [Электронный ресурс] / под ред. Е. В. Шеина, Л. О. Карпачевского. – М.: Гриф и К, 2007. – 616 с. – Режим доступа: <http://pochva.com>.
- 4 Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
- 5 Murray, R. S. The Impact of Irrigation on Soil Structure [Electronic resource] / R. S. Murray, C. D. Grant; University of Adelaide. – 2007. – 31 p. – Mode of access: <http://lwa.gov.au/products/pn20619>.
- 6 Воеводина, Л. А. Структура почвы и факторы, изменяющие ее при орошении / Л. А. Воеводина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 1(21). – С. 134–154. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=388&id=398>.
- 7 Неблагоприятное влияние орошения на почву и возможности и перспективы применения внутрипочвенной импульсной континуально-дискретной парадигмы ирригации / В. П. Калиниченко, О. С. Безуглова, Н. Г. Солнцева, А. Н. Сковпень, В. В. Черненко, Л. П. Ильина, А. А. Болдырев, Д. В. Шевченко, Д. А. Скворцов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2012. – № 2(06). – С. 38–49. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec104-field6.pdf.
- 8 Jastrow, J. D. Soil aggregate stabilization and carbon sequestration: feedbacks through organomineral associations / J. D. Jastrow, R. M. Miller // In: Lal R, Kimble JM, Follett RF, Stewart BA (eds) Soil processes and the carbon cycle. CRC, Boca Raton, Florida, 1998. – P. 207–223.
- 9 Воеводина, Л. А. Структурное состояние черноземов обыкновенных в орошаемых и неорошаемых условиях / Л. А. Воеводина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 2(22). – С. 41–55. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=406&id=410>.
- 10 Amaranthus, M. Corn Grower's Fungus That Pays Big Dividends [Электронный ресурс] / M. Amaranthus. – Режим доступа: <http://mycorrhizae.com/wpcontent/uploads/Corn-Growers-Fungus.pdf>, 2016.
- 11 Plant genes involved in arbuscular mycorrhizal formation and functioning / A. Golotte, L. Bechenmacher, S. Wiedmann, P. Franken, V. Gianinazzi-Pearson // Mycorrhizal Technology in Agriculture. From Genes to Bioproducts. – Birkhäuser Basel, 2002. – P. 87–102.
- 12 Юрков, А. П. Создание растительно-микробных систем для повышения экологической эффективности арбускулярной микоризы / А. П. Юрков, А. А. Куренков, Л. М. Якоби // Таврический вестник аграрной науки. – 2015. – № 1(3). – С. 12–17.
- 13 Dimkpa, C. Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions / C. Dimkpa, T. Weinand, F. Ash // Plant, Cell and Environment. – 2009. – № 32 – P. 1682–1694.
- 14 Ризосферные бактерии / Н. В. Феоктистова, А. М. Марданова, Г. Ф. Хадиева, М. Р. Шарипова // Ученые записки Казанского университета. Серия естественные науки. – 2016. – Т. 158. – Кн. 2. – С. 207–224.

15 Yield and yield components of wheat as affected by salinity and inoculation with *Azospirillum* strains from saline or non-saline soil / S. H. Nia, M. J. Zarea, F. Rejali, A. Varma // J. Saudi Soc. Agric. Sci. – 2012. – № 11. – P. 113–121.

16 Mitigation of salt stress in wheat seedlings by halotolerant bacteria isolated from saline habitats / D. Ramadoss, V. K. Lakkineni, P. Bose, S. Ali, K. Annapurna. – Springer Plus. – 2013. – № 2(6). – P. 1–7.

17 Dodd, I. C. Microbial amelioration of crop salinity stress / I. C. Dodd, F. Perez-Alfocea // J. Exp. Bot. – 2012. – Vol. 63(9). – P. 3415–3428.

18 Yang, J. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress / J. Yang, J. W. Kloepper, C. M. Ryu // Trends Plant Sci. – 2009. – Vol. 14. – P. 1–4.

19 Growth promotion and protection against salt stress by *Pseudomonas putida* Rs-198 on cotton / L. Yao, Z. Wu, Y. Zheng, I. Kaleem, C. Li // Eur. J. Soil Biol. – 2010. – Vol. 46. – P. 49–54.

20 Haynes, R. J. Stability of soil aggregates in relation to organic constituents and soil water content / R. J. Haynes, R. S. Swift // J. Soil Sci. – 1990. – Vol. 41. – P. 73–83.

21 Alleviation of drought stress effects in sunflower seedlings by exopolysaccharides producing *Pseudomonas putida* strain P45 / V. Sandhya, Sk. Z. Ali, M. Grover, G. Reddy, B. Venkateswarlu // Biol. Fertility Soil. – 2009. – Vol. 46. – P. 17–26.

УДК 338.43:349.422:631.6

С. А. Манжина, С. В. Куприянова

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ КООПЕРАЦИИ В РАЗВИТИИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

В работе анализируются перспективы и возможности использования механизмов государственного софинансирования в целях организации мелиоративных систем муниципального уровня через производственно-хозяйственные кооперативные объединения в сфере АПК и механизм государственно-частного партнерства. Сделана краткая характеристика Федеральных целевых программ, которые дают возможность рассчитывать на получение средств из государственного бюджета как на становление кооперации в сельской местности, так и на осуществление возведения, восстановления, модернизации и реконструкции имеющихся мелиоративных систем в интересах мелких и средних сельхозпроизводителей.

Ключевые слова: кооперация в сельском хозяйстве, крестьянско-фермерские хозяйства, мелиорация земель, мелиоративные системы, государственно-частное партнерство.

S. A. Manzhina, S. V. Kupriyanova

Russian Scientific Research Institute of Melioration Problems, Novocherkassk, Russian Federation

PROSPECTS OF USING AGRICULTURAL COOPERATION IN LAND RECLAMATION DEVELOPMENT

The paper analyzes the prospects and opportunities for using state co-financing mechanisms for meliorative systems organization at the municipal level through production cooperative associations in agro-industrial complex and the mechanism of public-private partnership. A short description of the Federal target programs has been made, which makes it possible to count on receiving funds from the state budget for establishing cooperation in rural

areas, as well as on the construction, restoration, modernization and reconstruction of existing melioration systems in the interests of small and medium agricultural producers.

Key words: cooperation in agriculture, peasant farming enterprises, land reclamation, meliorative systems, public-private partnership.

Кооперация в сельском хозяйстве признана одним из наилучших способов обеспечения высоких производственных показателей. Так Экономический и социальный совет, который занимается вопросами кооперации в составе ООН, в первых же своих резолюциях, таких, как: «Земельная реформа» (1951 г.) и «Экономическое развитие менее развитых стран» (1954 г.) – признал особо важную роль кооперации в развитии именно сельского хозяйства регионов.

По мнению ряда отечественных и зарубежных экономистов, кооперация является наиболее приемлемым, если не единственным механизмом, способным повысить эффективность труда в аграрном секторе экономики [1–3]. В большинстве развитых стран кооперативы стали самой массовой организацией фермеров [1, 4–6].

В рамках межгосударственных объединений еще с XIX века действует одна из крупнейших международных неправительственных организаций Международный кооперативный альянс (МКА) – высший всемирный кооперативный орган. В настоящее время МКА объединяет кооперативы более 90 стран мира, 200 его кооперативных организаций объединяют 750 млн кооператоров. В мае 1992 г. в состав МКА был принят Центросоюз России.

Особую заинтересованность в создании и развитии кооперативного движения испытывают малые и средние крестьянско-фермерские хозяйства. В силу различных организационно-экономических причин, такие крестьянские хозяйства с большей степенью вероятности могут испытывать затруднения в том, чтобы обеспечить себя необходимыми средствами производства, например: комбайнами, тракторами, сеялками, поливальной техникой, удобрениями, мелиорантами, семенным материалом, кормами. Затруднения есть и в организации сбыта своей продукции, организации логистики, получении ссуд, займов, страховок по более выгодным для себя условиям, осуществлении капитального строительства и т. д. Решать такие проблемы гораздо легче «сообща». Именно с этой целью и организуются кооперативы в сельскохозяйственном секторе. В рамках кооператива возможно создание транспортного парка, привлечение специалистов в области финансов, логистики, менеджмента, мелиорации и т. д. [7].

В мировой практике сельскохозяйственная кооперация реализуется в простых и сложных формах. Простые товарищества создаются фермерами с целью объединения усилий в какой-то одной сфере производства: сбыте, снабжении, финансовом обеспечении, использовании средств производства или капитальном строительстве оросительных и осушительных систем. Сложные формы объединений товаропроизводителей встречаются значительно реже простых, они обобществляют все или большую часть составляющих производственного процесса. Более того, в современных условиях появилась тенденция к диверсификации деятельности кооперативов различных видов, к углублению связей между ними, совмещению в рамках одной кооперативной организации нескольких функций по экономическому обслуживанию фермерских хозяйств. Например, в Германии около 60 % кооперативов одновременно занимаются кредитованием сельскохозяйственных производителей, сбытовыми и снабженческими операциями. В Швеции несколько десятков тысяч фермеров, объединив свои средства через кооперацию, скупают контрольные пакеты акций комбикормовых и перерабатывающих предприятий, машиностроительных фирм и даже нефтеперегонных заводов и становятся мощными кооперативно-корпоративными структурами, работающими в интересах фермерства. К примеру, итальянский винодельческий кооператив «Понтасиево», не только возделывая виноградники, изготавливает высокосортное вино, но и за счет общественных фондов обеспечивает кооператоров жильем в кредит, услугами воспита-

тельных учреждений, таких, как: детские сады, колледжи – осуществляет комплекс здравоохранительных мероприятий и т. д. [7, 8].

В силу своей высокой эффективности кооперация за рубежом стала одной из самых массовых форм организации производства и сбыта в сельском хозяйстве (рисунок 1). К примеру, в Единой Европе на долю закупочно-снабженческих кооперативов приходится примерно 50 % объема поставок товаропроизводителям необходимых им средств производства. Что касается широты вовлечения фермеров и других сельхозпроизводителей в кооперативы, то здесь наблюдается региональная неоднородность. Так, например, в США, Франции, Германии и Нидерландах в кооперативные объединения вовлечено 50–80 % сельхозпроизводителей [1, 5–7]. Кооперативное движение в Швеции, Дании, Норвегии, Финляндии, Нидерландах и Японии характеризуется практически стопроцентным охватом сельскохозяйственного населения [2].



Рисунок 1 – Доля кооперативов на рынке сельскохозяйственной продукции в отдельных странах мира, %

Опираясь на мировой опыт, можно отметить, что развитие кооперации в аграрном секторе России в настоящее время может способствовать не только созданию благоприятных кредитно-финансовых механизмов для крестьянско-фермерских хозяйств, удобных товарно-сбытовых и производственно-хозяйственных механизмов, но и развитию капитального строительства оросительных и осушительных систем либо модернизации и реконструкции из числа уже имеющихся в интересах группы хозяйств, а также проведению химических мелиораций почв, восстановлению и сохранению их плодородия и многому другому. Все это можно осуществить в рамках имеющихся на сегодняшний день в РФ механизмов и Федеральных целевых программ (ФЦП), направленных на развитие и модернизацию агропромышленного комплекса (АПК) страны (таблица 1).

В Российской Федерации деятельность сельскохозяйственных кооперативов регламентируется Федеральным законом от 08.12.1995 № 193-ФЗ «О сельскохозяйственной кооперации». Особая роль в качестве инструмента интенсификации развития сельскохозяйственного производства им отводится и в Постановлении Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы», так как ФЗ «О сельскохозяйственной кооперации» отнесен к одному из основополагающих документов РФ, отражающему приоритеты и цели государственной политики в сфере функционирования и развития АПК [9].

Проведенный анализ имеющейся законодательной базы позволил выделить ряд ФЦП (и конкретно их подпрограмм – ПП), в рамках которых можно осуществлять продвижение освоения кооперативным сектором АПК мелиорации и рекультивации земель сельскохозяйственного назначения [10, 11].

Остановимся подробнее на тех ФЦП, которые обеспечивают сферу деятельности для кооперации и возможности внедрения и продвижения мелиорации в данный механизм функционирования крестьянско-фермерских хозяйств.

Таблица 1 – Бюджетные ассигнования на обеспечение реализации мероприятий по государственным программам, направленным на развитие АПК

Программы и подпрограммы	Год								Всего 2013– 2020 гг.
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Всего по ФЦП «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы»	158,748	170,149	182,864	237,000	215,852	197,957	194,056	194,060	1550,687
в том числе									
ПП «Поддержка малых форм хозяйствования»	8,6	8,2	9,8	15,8	17,9	17,2	18,2	18,6	114,3
ПП «Техническая и технологическая модернизация и инновационное развитие»	2,300	1,900	3,144	2,062	0,094	0,091	0,089	0,089	9,770
ПП «Управление реализацией государственной программы»	21,608	37,206	43,641	25,878	25,210	23,326	22,780	22,780	222,430
ПП «Стимулирование инвестиционной деятельности в агропромышленном комплексе»	41,949	44,012	46,633	71,401	91,669	85,659	83,566	83,568	548,459
ФЦП «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014–2017 годы и на период до 2020 года»	–	11,292	13,992	15,958	20,044	23,097	25,876	28,945	139,206
ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы»	–	8,009	8,090	7,695	11,276	12,433	12,950	13,274	73,730

В млрд руб.

В рамках ПП «Поддержка малых форм хозяйствования» в ряд обеспечивающих ее выполнение мероприятий внесена ВЦП «О развитии сельскохозяйственной кооперации на 2014–2017 годы и на период до 2020 года». Для реализации ПП «Техническая и технологическая модернизация и инновационное развитие» предполагается выполнение следующих мероприятий: 1) обновление парка сельскохозяйственной техники; 2) реализация перспективных инновационных проектов в АПК; 3) развитие биотехнологии; 4) развитие рынка лизинга сельскохозяйственной техники и оборудования. В ПП «Управление реализацией государственной программы» указывается на выделение средств господдержки по ряду направлений, в числе которых совершенствование механизма финансового оздоровления сельскохозяйственных товаропроизводителей, формирование государственных информационных ресурсов в сферах обеспечения продовольственной безопасности и управления агропромышленным комплексом России, обеспечение государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» предполагает вовлечение в оборот выбывших мелиорированных сельскохозяйственных угодий, строительство и реконструкцию оросительных и осушительных систем, а также отдельно стоящих гидротехнических сооружений.

В соответствии с нормативно-правовыми актами и сложившейся отечественной и мировой практикой формирования кооперативных взаимодействий в АПК, социальной базой кооперации в сельской местности являются не только сельские жители, но и 40 тыс. действующих сельскохозяйственных организаций, а также около 300 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств (включая индивидуальных предпринимателей).

Несмотря на явный положительный опыт кооперации в сельском хозяйстве, к сожалению, в Российской Федерации становление этого механизма осуществляется очень трудно. Так, большинство кооперативов, организованных в сфере АПК, либо не функционируют вовсе (таблица 2), либо не достигают необходимой хозяйственно-экономической эффективности в своей деятельности [12].

Таблица 2 – Количество сельскохозяйственных кооперативов и потребительских обществ на селе (по состоянию на 1 января 2013 г.)

Форма кооперации	Зарегистрировано кооперативов, ед.		Доля действующих кооперативов к общему их числу, %
	всего	в т. ч. работающих	
Производственные кооперативы	12190	7588	62
Потребительские кооперативы	7349	4583	62
из них кредитные	1875	1252	68
Организации потребителей кооперативов	3100	2852	92

В соответствии с нормативно-правовыми документами РФ, сельскохозяйственным производственным кооперативом признается организация, созданная гражданами в целях удовлетворения их материальных и иных потребностей для совместной деятельности по производству, переработке и сбыту сельскохозяйственной продукции, а также для выполнения иной, не запрещенной законом деятельности, основанной на объединении их имущественных паевых взносов и личном трудовом участии членов кооператива [12]. Имущество сельскохозяйственного производственного кооператива находится в собственности работников – членов данного кооператива, что характеризует его как трудовую и социально ориентированную форму ведения хозяйства.

Уходя от анализа проблем развития и функционирования кооперативного движения на селе, отметим, что базируясь на уже указанных ФЦП и законодательных ак-

тах, касающихся сельскохозяйственных кооперативов и мелиорации земель, есть все основания утверждать, что на базе производственных сельских кооперативов есть возможность осуществления развития муниципальной мелиорации земель, как составной части региональной и государственной.

Известно, что на большей части территории России в обеспечении коренного улучшения земель важнейшую роль играет эксплуатация мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений, выступающих, наряду с земельными участками и земельными массивами, в качестве объектов мелиорации земель. Они способствуют проведению гидромелиорации земель и направлены на выполнение таких функций, как осушение, орошение, обводнение, противоэрозионная, противоселевая, противопаводковая и другие виды защиты. Выделяют основные виды мелиоративных систем, такие, как: оросительные, осушительные, обводнительные и осушительно-увлажнительные системы. В соответствии с законодательством РФ большая часть таких систем имеет статус государственной собственности, т. к. мелиоративные системы, строительство которых массово осуществлялось в советский период, планировались как комплексная цельная система, состоящая из взаимосвязанных объектов. Мелиоративные системы проектировались либо как внутрихозяйственные, т. е. обслуживающие одно хозяйство, либо как межхозяйственные, т. е. подающие или отводящие воду у двух и более хозяйств. К настоящему времени, вследствие длительной эксплуатации названных систем и сооружений, а также неосуществления должного ухода за ними со стороны сельскохозяйственных товаропроизводителей, которым, как правило, не хватает на это денежных средств, большинство из них характеризуется неудовлетворительным состоянием, высокой степенью амортизации, которая порой достигает 70 и более процентов [13].

После ликвидации колхозов и совхозов и изменения границ и имущественной принадлежности земельных участков возникла необходимость в обеспечении их сетью дополнительных внутрихозяйственных мелиоративных систем, строительство которых не могут потянуть мелкие и средние крестьянско-фермерские хозяйства. В свою очередь кооперативы, объединяющие сельскохозяйственных товаропроизводителей на одном муниципальном образовании, имеют возможность осуществить такое строительство с привлечением государственного софинансирования в рамках рассмотренных ФЦП. Известно, что в состав кооперативов могут входить не только крестьянско-фермерские хозяйства, индивидуальные предприниматели, но и юридические лица. Само кооперативное объединение получает статус юридического лица при образовании. Это дает ему возможность участвовать в капитальном строительстве мелиоративных систем, заниматься их ремонтом и модернизацией [14]. В случае наличия у кооператива материальной базы, которую можно, при необходимости, предоставить в качестве залогового имущества, такое объединение может получить финансирование на капитальное строительство новых оросительных и осушительных систем за счет бюджетных средств через механизм государственно-частного партнерства (ГЧП) как юридическое лицо.

Список использованных источников

- 1 Егоров, В. Г. Мировой опыт развития кооперации в сельском хозяйстве / В. Г. Егоров // Лесной вестник. – 2012. – № 3. – С. 184–190.
- 2 Чупина, И. П. Мировой опыт развития сельскохозяйственной кооперации (современный взгляд) / И. П. Чупина // Проблемы современной экономики. – СПб.: Научно-производственная компания «РОСТ». – 2007. – № 1 – С. 267–269.
- 3 Светлаков, А. Г. Развитие сельскохозяйственной кооперации – важнейший фактор конкурентоспособности АПК / А. Г. Светлаков, А. Б. Хмельницкая // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 5(97). – С. 77–79.
- 4 Марамохина, Е. В. Кооперация в сельском хозяйстве, как инструмент повыше-

ния экономической эффективности отрасли / Е. В. Марамохина // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство [Электронный ресурс]. – 2015. – № 1(5). – Режим доступа: <http://aeconomy.ru/science/economy/kooperatsiya-v-selskom-khozyaystve/>.

5 Устиян, И. Кооперация в развитых странах [Электронный ресурс] / И. Устиян // Портал «Финансовая аналитика». – 2009. – Режим доступа: <http://finanal.ru>.

6 Ткач, А. В. Сельскохозяйственная кооперация (курс лекций): учеб. пособие для студ. высш. и сред. кооперативных учеб. заведений / А. В. Ткач. – М.: Маркетинг, МУПК, 2002. – 340 с.

7 Концепция развития сельскохозяйственных потребительских кооперативов: утв. Минсельхозом РФ 29.03.2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://fsspk.ru/wp-content/uploads/2014/03/konceptsiya_2006.pdf, 2017.

8 Егоров, В. Г. Место и роль кооперации в рыночной экономике (теоретический анализ): автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.01 / Егоров Владимир Георгиевич. – Ярославль, 2014. – 51 с.

9 Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/70210644/>, 2017

10 Госпрограмма развития сельского хозяйства на 2013–2020 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mcx.ru/activity/state-support/programs/program-2013-2020/>, 2017.

11 Федеральные целевые программы РФ по развитию села [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/FcpList/Full/2017>, 2017.

12 Концепция развития кооперации на селе на период до 2020 года (проект) [Электронный ресурс]. – СПб., 2013. – Режим доступа: http://fsspk.ru/wp-content/uploads/2014/03/proekt_konceptii_2013_01.pdf

13 Современное состояние и пути повышения надежности и экологической безопасности эксплуатации мелиоративных систем: информ. сб. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2013. – 89 с.

14 Методические рекомендации по созданию специализированных коммерческих организаций (малых предприятий) по ремонту и обслуживанию внутрихозяйственной мелиоративной сети и сооружений на основе частно-государственного партнерства: одобрены на заседании секции мелиорации 17 декабря 2014 г., утв. и введ. в действие приказом директора ФГБНУ «РосНИИПМ» № 16 от 3 апреля 2015 г. – Новочеркасск, 2015. – 168 с.

УДК 666.972.123:691.322

М. А. Ашрапова

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ БЕТОНОВ НА ЗАПОЛНИТЕЛЯХ ИЗ ДРОБЛЕННОГО БЕТОНА

Целью исследований являлось изучение особенности формирования и свойств гидротехнических бетонов на крупных заполнителях из дробленого бетона со строительных отходов, некондиционных бетонных изделий и отслуживших свой срок конструкций. Установлено, что значения прочности на сжатие и растяжение у бетонов на крупном заполнителе из дробленого бетона с гранитным щебнем не ниже, а на 6–10 % выше прочности бетона на природном гранитном щебне. У бетонов на крупном заполнителе из дробленого бетона с известняковым щебнем снижение прочности на сжатие и растяжение, по сравнению с бетонами на природном известняке, составляет всего

20–18 %. Щебень из дробленого бетона на гранитном заполнителе состоит из кусков гранита (60–70 %) и раствора (около 20 %) и их сростков. При дроблении бетона с известняковым заполнителем в составе щебня преобладают сростки известняка с цементным камнем и раствором, в виде отдельных зерен известняк встречается редко. Зерна цементного камня, присутствующие в щебне из бетона, обладая тонкопористым строением, оттягивают часть влаги из прилегающих слоев цементного вяжущего, что приводит к уплотнению их структуры за счет уменьшения пористости. Эффективность использования заполнителей из дробленого бетона прослеживается в положительном влиянии на формирование структуры и свойств гидротехнических бетонов.

Ключевые слова: гидротехнический бетон, крупные заполнители, дробленый бетон, цементный камень, структура бетона, свойства бетона, зерна цементного камня.

M. A. Ashrabova

Tashkent Institute of Irrigation and Melioration, Tashkent, Republic of Uzbekistan

PECULIARITIES OF FORMATION OF HYDRAULIC CONCRETE STRUCTURE AND PROPERTIES ON AGGREGATES OF CRUSHED CONCRETE

The purpose of research was to study the features of formation and properties of hydraulic concrete on coarse aggregates of crushed concrete from construction waste, failed concrete products and overage constructions. The compression strength and tensile breaking strength of concrete on a coarse aggregate of crushed concrete with granite crushed stone is found to be not lower, but 6–10 % higher than the concrete strength on natural granite crushed stone. There is a reduction of only 20–18 % in compressive and tensile strength of concrete on a coarse aggregate of crushed concrete with crushed limestone compared to concrete on natural limestone. Gravel from crushed concrete on a granite aggregate consists of pieces of granite (60–70 %) and a mortar (about 20 %) and their splices. When concrete with limestone aggregate is crushed, limestone splices with cement rock and mortar predominate in the crushed stone composition, while limestone in the form of individual grains is rare. Cement rock grains in crushed concrete, having a fine-porous structure, draw a part of moisture from adjacent layers of cement binder, which leads to their structure compaction due to a porosity reduction. The effectiveness of aggregates from crushed concrete is monitored in the positive effect on the formation of structure and properties of hydraulic concrete.

Key words: hydraulic concrete, coarse aggregates, crushed concrete, cement rock, concrete structure, concrete properties, cement stone grains.

Расширение сырьевой базы и удешевление стоимости бетонных изделий за счет использования различных отходов является одним из актуальных вопросов на современном этапе развития водохозяйственного строительства. В связи с этим большое значение приобретают работы по использованию заполнителей со строительных отходов в виде некондиционных бетонных изделий, материалов, оставшихся на строительной площадке, а также отслуживших свой срок конструкций.

Рациональное использование отходов строительных материалов в качестве заполнителей дает возможность получить железобетонные изделия, характеризующиеся достаточно высокими прочностными показателями и более низкой себестоимостью.

При проведении работ по использованию заполнителей из дробленого бетона, наряду с определением механических характеристик и физических свойств получаемых бетонов, большое внимание уделялось исследованию их структуры с помощью физико-механических методов.

Для осуществления экспериментальной части работы искусственные заполнители изготавливали на механической дробилке из бетонов. После фракционирования получали крупный заполнитель фракции 5–20 мм с плотностью соответственно 2320 и 2060 кг/м³ и

водопоглощением по массе – 6 и 7,8 %, а также мелкий заполнитель фракции менее 5 мм. Кроме искусственного заполнителя, использовали природный гранитный и известняковый щебень. Бетоны готовили на портландцементе марки 400 и с В/Ц + 0,4, при этом учитывалось различное водопоглощение заполнителей. Образцы твердения исследовались как в нормальных условиях, так и при термовлажностной обработке.

На основании проведенных испытаний было установлено, что при применении в качестве заполнителя дробленого бетона, он практически не снижает основных показателей физико-механических свойств бетонов по сравнению с обычными гидротехническими бетонами. Согласно полученным данным, значения прочности на сжатие и растяжение у бетонов на крупном заполнителе из дробленого бетона с гранитным щебнем не ниже, а в ранние сроки (от 3 до 28 сут) на 6–10 % выше прочности бетона на природном гранитном щебне. У бетонов, приготовленных на крупном заполнителе из дробленого бетона с известняковым щебнем, снижение прочности на сжатие и растяжение по сравнению с бетонами на природном известняке составляет всего 20–18 %. Наиболее существенное снижение (до 20–30 %) прочности исследуемых бетонов происходит при замене мелкого заполнителя – песка – мелким заполнителем из дробленого бетона.

Вместе с тем, наличие высоких прочностных показателей не всегда является достаточным условием для обеспечения долговечности гидротехнического бетона, нужно, чтобы структура бетона обладала необходимыми свойствами, такими, как прочность контактов между компонентами.

По данным И. М. Грушко, А. Г. Ильина и других ученых величина сжатия бетонов одной и той же марки тем меньше, чем однороднее структура бетона и прочнее связь заполнителя с цементным камнем. Бетоны с меньшей величиной показателя дефектности обладают более низкими величинами собственных напряжений и большей выносливостью при эксплуатации.

Наименьшее значение показателей дефектности отмечается у бетонов, при изготовлении которых использовался мелкий заполнитель из дробленого бетона с известняковым щебнем. Вместе с тем, именно у этих бетонов, наблюдалось снижение прочности по сравнению с контрольными образцами бетона на кварцевом песке и природном щебне [1]. Из этого следует, что применение заполнителей из дробленого бетона уменьшает дефектность их структуры, что в свою очередь способствует повышению стойкости и долговечности гидротехнических бетонов. По морозостойкости бетоны на крупном заполнителе из дробленого бетона имеют коэффициент морозостойкости на 5–8 % выше, чем бетоны на природном щебне.

Особенности структуры бетонов на искусственных заполнителях позволили изучение контактных зон цементного камня с используемыми заполнителями. Известно, что в обычных тяжелых бетонах контактная зона является наиболее слабым местом структуры [2]. Именно в контактных зонах появляются трещины и начинается разрушение бетона.

Прочность контактной зоны бетона зависит от многих факторов, среди которых физико-химические процессы. Активность протекания этих процессов определяется состоянием поверхности заполнителей, их минералогическим составом и структурой [3]. Щебень из дробленого бетона на гранитном заполнителе состоит из кусков гранита (60–70 %) и раствора (около 20 %) и их сростков. При дроблении бетона с известняковым заполнителем в составе щебня преобладают сростки известняка с цементным камнем и раствором, в виде отдельных зерен известняк встречается редко.

Микроскопические наблюдения показали, что не только поверхность известняковых зерен покрыта гидратными образованиями цементного камня, но и в визуально чистых зернах кварца и гранита, взятых из дробленого бетона, отмечается их присутствие. При этом на поверхности известняка характерно развитие крупнокристаллических сростков гидроокиси кальция, в то время как на кварце и граните преобладают

мелкочешуйчатые, волокнистые и игольчатые скопления гидросиликатов и гидросульфатов алюминатов кальция.

Контактная зона в исследуемых бетонах характеризуется более однородным кристаллическим строением и прочным сцеплением слоев цементного камня с заполнителями, что, в свою очередь, является причиной уменьшения дефектности структуры бетонов на заполнителях из дробленого бетона.

Положительным фактором является то обстоятельство, что зерна цементного камня и раствора, присутствующие в щебне из дробленого бетона, обладая тонкопористым строением, оттягивают часть влаги из прилегающих слоев цементного вяжущего, что приводит к уплотнению их структуры за счет уменьшения пористости. На основании данных по измерению микротвердости цементного камня, согласно которым ее значения на контакте с растворными и цементными зернами в 1,3–1,5 раза выше, чем в объеме.

Таким образом, эффективность использования заполнителей из дробленого бетона отражается в их положительном влиянии на формирование структуры и свойств гидротехнических бетонов.

Список использованных источников

1 Гордон, С. С. Структура и свойства тяжелых бетонов на различных заполнителях / С. С. Гордон. – М.: Стройиздат, 1969. – 151 с.

2 Ярушкина, С. Х. Особенности формирования структуры и свойств тяжелых бетонов на заполнителях из дробленого бетона: науч. изд-е / С. Х. Ярушкина, О. А. Липей // Технология и долговечность железобетонных конструкций / ВНИИЭСМ. – М., 1983. – С. 118–124.

3 Глужче, П. И. Заполнители из разрушенного бетона / П. И. Глужче // Труды научно-технических институтов. Гидротехническое строительство / ВНИИ гидротехники. – М., 1946. – № 4. – С. 27–28.

УДК 666.973.2:666.64

А. Р. Муратов

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ФОРМОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В настоящей статье рассмотрены подходы к определению интенсивности колебаний виброуплотнителей и формовочных машин на двух примерах: для виброплощадок простейшего типа и для виброплощадок с модулированными многопараметрическими колебаниями, с целью оценки технико-экономической эффективности параметров новой технологии, а также оценки практической осуществимости оптимальных значений конструктивных, технологических параметров предложенной технологии при производстве сборных конструкций мелиоративных объектов.

Ключевые слова: виброплощадка, многопараметрические колебания, виброуплотнители, виброформование, режим вибрирования.

A. R. Muratov

Tashkent Institute of Irrigation and Melioration, Tashkent, Republic of Uzbekistan

WAYS OF INCREASING VIBRATION INTENSITY WHILE FORMING MELIORATIVE PURPOSE PRODUCTS

In this paper, the approaches to determining the vibrations intensity of vibration compactors and molding machines using two examples are considered: for the simplest vibratory

pads and for vibratory pads with modulated multiparameter oscillations to evaluate the technical and economic efficiency of new technology parameters, and assessing the feasibility of optimal values of structural, technological parameters of the proposed technology in the production of built-up frames of reclamation structures.

Key words: vibratory pad, multiparameter oscillations, vibratory compactors, vibroforming, vibration mode.

Исходя из результатов анализа лабораторных исследований, устанавливаются границы области устойчивых периодических колебаний, составляются математические модели процесса для нахождения их интенсивности и определяются соотношения параметров системы, при которой эта искомая характеристика достигает максимума, т. е. одновременно определяются условия оптимальности настройки технологического режима формирования сборных деталей мелиоративного строительства.

В дальнейшем изложении применительно особенностям устройства различных машин будут приводиться готовые решения, определяющие оптимальные соотношения их параметров и, в частности, содержащие формулу для определения интенсивности колебаний при формировании широкого ряда номенклатуры сборных железобетонных конструкций мелиоративного назначения. В настоящее время виды механического воздействия на смесь при уплотнении достаточно многочисленны. Условно их можно классифицировать по двум основным параметрам:

- по форме движения;
- по виду движения, отображаемому осциллограммами.

Качество уплотнения зависит, с одной стороны, от конфигурации, армирования, параметрических размеров сборных деталей сооружений мелиоративного назначения, а с другой стороны, от удобоукладываемости смеси, способа и режима формирования. Обычно параметры изделия определяют способ его формирования, а смесь – режим вибрирования. Последний зависит от интенсивности и продолжительности колебаний, времени их приложения, а также формы движения и осциллограмм. Когда способ, оборудование и состав смеси определены, то эффективность и качество виброформования зависит от интенсивности (U) и продолжительности (t) воздействия рабочего органа на уплотняемую смесь (рисунок 1).

Интенсивность вибрационного воздействия обычно оценивается величиной, пропорциональной мощности колебаний рабочего органа формовочной машины, и в случае несинусоидальных колебаний подсчитывается как функция основных параметров ($\text{см}^2/\text{см}^3$) вибровоздействия по формуле:

$$U = f(A^2 \cdot \omega^3), \quad (1)$$

где A – амплитуда (размах) перемещений, см;

ω – угловая частота колебаний, с^{-1} .

Нередко используются и другие характеристики эффективности виброформования (максимальное ускорение колебаний, относительная деформация или ее скорость, градиент динамического давления, напряжение), но каждая из них так или иначе связана в самом общем виде с периодом колебаний и величиной максимального перемещения.

В самом общем случае, при любом виде вибровоздействия и выбранной характеристике эффективности, с возрастанием ее величины, вязкость (η) бетонной смеси и плотность ($\rho_{\text{ср}}$) изменяются достаточно закономерно (рисунок 1). С увеличением интенсивности сначала наблюдается резкое разжижение смеси, а затем оно практически приостанавливается (участок GH , на кривой 1). Плотность же ($\rho_{\text{ср}}$) сначала заметно возрастает, затем почти не изменяется (участок AF , кривая 1). Интенсивность (U_0), при которой эти характеристики стабилизируются, является оптимальной.

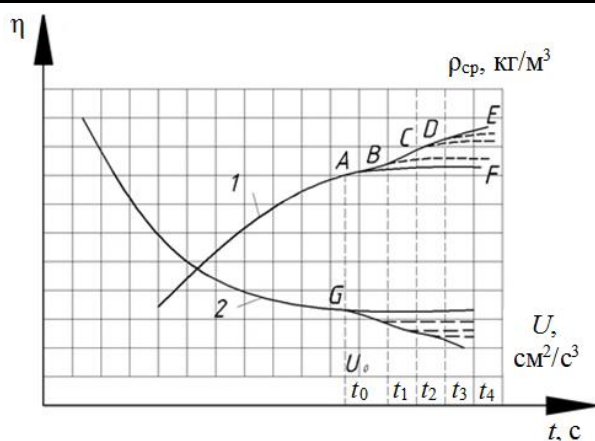


Рисунок 1 – Изменение вибровязкости (1) и средней плотности (2) бетонной смеси в зависимости от интенсивности и продолжительности вибрирования

При меньших ее значениях плотность снижается, и таким образом из-за недоуплотнения смеси не используются в максимальной степени те прочностные возможности, которыми обладают составляющие ее материалы. Интенсивность, превышающая оптимальную, бесполезна и даже вредна, так как может вызывать расслоение смеси. Вместе с тем, потребляемая вибровозбудителями мощность с увеличением интенсивности возрастает, условия работы механизмов и обслуживающего персонала ухудшаются.

Время ($t_{\text{опт}}$), после которого плотность практически не нарастает, соответствует оптимальной продолжительности уплотнения при выбранной интенсивности и способе формирования. Большая продолжительность имеет такие же отрицательные явления, как и превышенная оптимальная интенсивность.

Уровень плотности на участке AF не является гарантированно максимальным, но является максимально возможным при данном способе вибрирования.

Было замечено, что если в момент времени t при неизменной интенсивности вибрирования заменить вертикально направленную вибрацию на горизонтальную, то происходит некоторый прирост плотности, следовательно, и прочности материала, участок BC (рисунок 1). Если при той же интенсивности в момент времени t_2 осуществить, например, круговую или крутильную вибрацию, то наблюдается дальнейшее уплотнение по кривой CD . Нарастание плотности бетонной смеси, в зависимости от изменения способа вибрации (когда $U = \text{const}$), можно объяснить способностью бетонной смеси уплотняться до максимально возможной плотности только при сочетании различных направлений и частот последовательно или одновременно приложенных вибраций. Если, даже в случае неизменности способа формирования и его интенсивности, осуществить при t_3 воздействие другой частотой (при соответствующей амплитуде, реализуя $U = \text{const}$), то также можно наблюдать прирост плотности (участок DE), при условии еще не достигнутого максимума плотности. Это явление было проверено многочисленными опытами на специально сконструированной экспериментальной разночастотной виброплощадке [2]. Она обеспечивала непрерывное циклическое изменение периода колебаний ($T = 1/h$) от $1/75$ до $1/25$ с, при амплитуде $(2,5 \cdot 10^{-4}) - (13 \cdot 10^{-4})$ м, соответственно, и сохранении при любой частоте постоянной интенсивности вибрации ($U = 300 \text{ см}^2/\text{с}^3$). Цикл изменения частоты составлял около 70 с.

Сравнительные опыты с лабораторной виброплощадкой 435А, настроенной на такую же интенсивность, показали существенное преимущество разночастотного вибрирования, особенно для высоких (более 30 см) и массивных изделий, формируемых смесей пониженной удобоукладываемости. Увеличение эффективности разночастотной вибрации (при $U = \text{const}$) происходит за счет изменения структуры, способствующей

улучшению передачи вибрации от источника в смесь (коэффициент K_1 , при вертикальном вибрировании $K = 1,0$) и передачи вибрации в смеси (коэффициент K_2) и, как следствие, создающей суммарный эффект – несколько отдельно приложенных вибраций, которые мы называем модулированными многопараметрическим воздействием.

Последовательный переход с вертикально направленной вибрации к горизонтальному, круговому, крутильному или многокомпонентному способу создает дополнительные возбуждения боковых стенок, дна формы и сложные волновые процессы в бетонной смеси, которые по суммарной эффективности интенсивности близки к эффективности модулированной многопараметрической вибрации (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная эффективность различных видов вибрационных воздействий

Вид вибраций	Суммарная эффективность	Эффективные значения интенсивности
Вертикальная	$U = \sum U_z$	$U = A_z^2 \cdot \omega^3 \cdot K_1 \cdot K_2$
Горизонтально продольная	$U = \sum U_y$	$U = A_y^2 \cdot \omega^3 \cdot K_1 \cdot K_2$
Горизонтально поперечная	$U = \sum U_x$	$U = A_x^2 \cdot \omega^3 \cdot K_1 \cdot K_2$
Горизонтально крутильная	$U = \sum U_y + \sum U_x$	$U = (A_y^2 \cdot \omega^3 + A_x^2 \cdot \omega^3) \times K_1 \cdot K_2$
Круговая	$U = \sum U_x + \sum U_z$	$U = (A_x^2 \cdot \omega^3 + A_z^2 \cdot \omega^3) \times K_1 \cdot K_2$
Многокомпонентная	$U = \sum U_x + \sum U_y + \sum U_z$	$U = (A_y^2 + A_x^2 + A_z^2) \times \omega^3 \times K_1 \cdot K_2$
Многопараметрическая	$U = \sum (U_{x1} + U_{x2}) + \sum (U_{y1} + U_{y2}) + \sum (U_{z1} + U_{z2})$	$U = \omega^3 [(A_{x1}^2 + A_{x2}^2) \times K_1 \cdot K_2 + (A_{y1}^2 + A_{y2}^2) \times K_1 \cdot K_2 + (A_{z1}^2 + A_{z2}^2) \times K_1 \cdot K_2]$
Модулированная многопараметрическая	$U = \sum U_{x1} + \sum U_{x2} + \sum U_{y1} + \sum U_{y2} + \sum U_{z1} + \sum U_{z2}$	$U = \omega^3 (A_{x1}^2 + A_{y1}^2 + A_{z1}^2) \times K_1 \cdot K_2 + \omega^3 (A_{x2}^2 + A_{y2}^2 + A_{z2}^2) \times K_1 \cdot K_2$

Помимо интенсивности вибрационных воздействий процесс уплотнения смеси во многом определяется формой колебания, причем степень ее влияния во многом зависит от состава смеси. Форма колебаний определяет также развитие процессов расслоения смеси.

Вопрос о рациональной форме колебаний обычно решался с позиций максимального поглощения энергии бетонной смесью в процессе уплотнения. Были сделаны попытки связать длину волны, образующейся в смеси с размером изделия в направлении распределения волны. Однако анализ влияния формы колебания на режим уплотнения показал, что технически и экономически (с учетом всех показателей, включая охрану труда) наиболее эффективным является создание в смеси вертикальных или горизонтальных колебаний. Преимущество той или иной формы колебания обосновывать достаточно сложно, так как приходится учитывать большое количество различных показателей.

Перемещение частиц мелкого заполнителя (песка), а также частиц крупного за-

полнителя в смесях с «плавающим» положением крупного заполнителя происходит в основном по плоскостям скольжения, совпадающим по направлению с горизонтально направленными колебаниями. В то же время воздействие на частицы крупного заполнителя, контактирующие друг с другом по направлению колебаний, должно быть вертикальным, т. е. совпадать с направлением силы тяжести.

Значения K_1 и K_2 для каждого вида и составляющих колебаний определяются отдельно.

На границе раздела двух сред с различной плотностью, особенно бетонная смесь – воздух, происходит отражение и соответственно искажение прямой волны, и в зависимости от граничных условий волновое поле может быть значительно искажено. Отраженная и падающая волны по высоте столба смеси имеют определенную разность фаз и, накладываясь друг на друга, в одних местах усиливаются, в других гасятся, что приводит к неравномерности уплотнения по размеру изделия, совпадающего с направлением волны. В связи с этим можно разделить процесс распространения колебаний на 2 этапа. Первый этап – передача колебаний от вибрирующего органа к среде, второй – передача колебаний по среде. На первом этапе эффективность формующей установки целесообразно определять по коэффициенту передачи колебаний на смесь. Он представляет собой отношение интенсивности колебаний смеси около рабочего органа (U_c) к интенсивности колебаний самого органа:

$$K_1 = \frac{U_c}{U_b}. \quad (2)$$

С повышением K_1 эффективность установки повышается. С точки зрения баланса энергии, подаваемой на площадку, энергия расходуется на сопротивление внутри системы и передается на бетонную смесь.

$$E_P = E_B + E_C, \quad (3)$$

где E_P – подаваемая энергия, Дж;

E_B – энергия рассеивания за счет внутреннего сопротивления системы, Дж;

E_C – энергия, передающаяся в смесь. С учетом потерь в переходной зоне эта величина определяется, как ($K_1 \cdot E_C$), Дж.

Поток энергии, поступающей в смесь, оценивается мгновенной мощностью N_e , определяемой зависимостью:

$$N_e = \sum_{i=1}^n P_i(t) v_i(t), \quad (4)$$

где $P_i(t)$ – возмущающая сила;

$v_i(t)$ – скорость точки приложения движения энергии, идущей собственно на вибрирование, будет характеризовать средняя за период мощность N_{ec} , определяемая зависимостью (5):

$$N_{ec} = \frac{1}{T} \int_c^t \sum_{i=1}^n P_i(t) v_i(t) dt, \quad (5)$$

где T – период колебания, с.

Можно считать, что возмущающая сила:

$$P_1(t) = P_2(t) = \dots = P_n(t) = P_{\sin} \omega t, \quad (6)$$

где ω – угловая частота колебаний.

Таким образом, для оценки энергии, идущей на уплотнение бетонной смеси, необходимо знать закон движения точек приложения возмущающих сил.

В рабочем режиме колебания точек приложения возмущающей силы можно рас-

смаатривать как сумму двух колебаний – колебаний точки возбуждающей силы как абсолютно жесткого тела и колебания точек приложения силы, обусловленных деформациями площадки и формы. Теоретическое определение перемещений точек площадки и формы, являющихся, с точки зрения строительной механики, достаточно сложными системами, затруднительно – при исследованиях в расчетах вибрационных устройств удобнее пользоваться экспериментальными методами определения перемещений [3].

Анализируя результаты исследований по виброформованию изделий для гидромелиоративного строительства, сделаны следующие заключения:

1 При частотах вибрирования, используемых в настоящее время в практике виброформования, бетонную смесь можно рассматривать как среду, в которой распространение энергии является волновым процессом.

2 При формовании бетонных смесей в изделиях высотой более 30 см на виброплощадках интенсивность вертикально направленных колебаний переменна по высоте, закономерность определяется частотой вибрирования, высотой слоя, ее составом и распределением плотности смеси по высоте изделия.

3 Период колебаний при распространении их в бетонной смеси остается постоянным. Амплитуды во всех зонах формируемого изделия со временем возрастают и стабилизируются к моменту окончания уплотнения.

4 Колебания в бетонной смеси на различных расстояниях от источника имеют перемещения по фазе, величина колебаний для данной смеси и частоты вибрирования определяется расстоянием между точками измерений.

5 В одной и той же бетонной смеси колебания высоких частот затухают сильнее, чем колебания низких. С увеличением подвижности и степени уплотнения смеси затухание становится меньшим, а скорость распространения колебаний доходит до предельной, соответствующей максимальному для данных условий уплотнения. По стабилизации амплитуды, интенсивности колебаний, скорости их распространения и длины волны можно судить об окончании уплотнения смеси.

6 При станковом вибрировании бетонных смесей сборных конструкций сооружений мелиоративного назначения в результате интерференциальных явлений внутри смеси могут наблюдаться амплитуды, превышающие колебания вибростолы, что приводит к неравномерности уплотнения по объему изделия, т. е. неоднородности качества изделия.

7 Всякое изменение частоты вибрирования без снижения интенсивности способствует дальнейшему уплотнению смеси. В связи с этим можно считать, что наилучший режим для формования изделий мелиоративного назначения получается при модулированных многопараметрических колебаниях, при переменной частоте (минимум две, см. таблицу 1), когда амплитуда и частота изменяется так, что общая интенсивность вибрации оптимальна для уплотнения изделия из смеси выбранной консистенции и состава. Поэтому наиболее эффективны при формовании сборных деталей мелиоративного строительства виброплощадки с переменной частотой и с возможностью использования в направлениях (6D0F) шести степеней свободы.

Список использованных источников

1 Пособие по технологии формования железобетонных изделий (к СНиП 3.09.01-85): утв. Приказом НИИЖБ Госстроя СССР от 7 июля 1986 г. № 38 [Электронный ресурс]. – М.: Строймзат, 1988. – Режим доступа: https://znaytovar.ru/gost/2/Posobie_k_SNiP_3090185_Posobie4.html.

2 Муратов, А. Р. Формование изделий при модулированных многопараметрических режимах вибрирования / А. Р. Муратов, В. Н. Шмигальский // Эффективные строительные материалы и технологии: сборник. – Ташкент, 1993. – С. 25–30.

3 Муратов, А. Р. Организация и технология гидромелиоративных работ: учеб. пособие / А. Р. Муратов, Г. Л. Фырлина. – Ташкент: Изд-во Национального общества философов Узбекистана, 2007. – 160 с.

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.621

А. С. Капустян

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

ФОРМИРОВАНИЕ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЕ В ЗОНЕ ОРОШЕНИЯ

В статье рассмотрена динамика формирования уровня грунтовых вод на оросительных системах и дана оценка составляющих дренажного стока с выводом о приоритетности фильтрационного питания из каналов оросительной сети. Для снижения техногенной нагрузки на природу рекомендовано выборочное поэтапное усиление естественной дренированности территории за счет дренажа.

Ключевые слова: формирование уровня грунтовых вод, оросительная система, обоснование дренажа, эксплуатация, орошение.

A. S. Kapustyan

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

GROUNDWATER LEVEL FORMATION AND ITS REGULATION IN THE IRRIGATION ZONE

The article deals with the dynamics of groundwater level formation in irrigation systems and gives a drainage flow components assessment with the conclusion on filtration supply priority from the irrigation network canals. The selective gradual strengthening of the natural drainage degree of the territory due to drainage is recommended to reduce the man-induced impact on nature.

Key words: groundwater level formation, irrigation system, drainage justification, operation, irrigation.

При обосновании действующих в настоящее время оросительных систем заведомо прогнозировался подъем уровня грунтовых вод через определенный расчетный промежуток времени, поэтому для ликвидации негативных последствий орошения предусматривалось строительство систематического дренажа.

Многолетний опыт эксплуатации оросительных систем показал, что мелиоративный режим на дренируемых землях улучшается неадекватно затратам и возникла необходимость в пересмотре стратегии и тактики обоснования мелиоративных мероприятий.

Важность главной части мелиорации, заключающейся в двустороннем регулировании влажности почв, в настоящее время не вызывает сомнения. Оптимальное содержание влаги в почве, как известно, является одним из главных условий формирования ее плодородия.

Теоретическое обоснование орошаемого земледелия базируется на изучении и расчетах водного и солевого режимов в пределах локальных участков, без учета влияния на них региональных факторов и взаимодействия гидрогеохимических структур под влиянием водохранилищ, магистральных каналов, коллекторов. Это приводит к низкой достоверности мелиоративных прогнозов: как правило, они всегда оказывались весьма оптимистичными, а в действительности приходилось сталкиваться с «неожиданными» негативными последствиями.

Ввод в эксплуатацию оросительных систем повсеместно вызывает подъем уровня грунтовых вод на площади системы и прилегающей к ней территории вследствие появления дополнительных источников их формирования.

Современная концепция экологизации мелиоративных систем направлена на прогнозирование, выявление и устранение причин, вызывающих отрицательные экологические явления еще в процессе планирования, то есть переход к управлению антропогенным вмешательством в природную среду. Под экологизацией мелиоративных систем понимается создание и поддержание необходимых природно-мелиоративных процессов на объекте, обеспечивающих интенсификацию биологического круговорота воды и минеральных веществ в пределах ландшафта, с целью увеличения продуктивности мелиорированных земель при обеспечении динамической устойчивости агроландшафта [1]. В настоящее время разработаны экологические требования к мелиоративной деятельности, основанной на обеспечении устойчивости агроландшафта в целом [2].

Эффективность гидромелиораций зависит от многих факторов, и, если вопросам решения организационных и технических проблем при эксплуатации дренажа уделено к настоящему времени достаточно внимания и сформулированы основные пути их решения, вопросы обоснования объемов и сроков его строительства остаются нерешенными в полной мере.

Результаты многолетних исследований по обоснованию мелиоративных мероприятий и анализ их последствий, выполненные ФГБНУ «РосНИИПМ» (ЮжНИИГиМ) на оросительных системах юга России, позволили изучить и выявить основные закономерности формирования уровня грунтовых вод и предложить новые подходы к его регулированию в зоне орошения [3, 4].

Важной особенностью мелиоративных систем является то, что большинство магистральных оросительных каналов находится на склонах водоразделов и повышенных частях рельефа, а основная часть орошаемых земель расположена на подкомандной каналам территории.

До ввода оросительных систем в эксплуатацию положение уровней грунтовых вод зависело от рельефа, геологического строения и атмосферных осадков, испарение с поверхности грунтовых вод в связи с довольно глубоким их залеганием играло весьма незначительную роль.

Ввод оросительных систем в эксплуатацию произвел коренное изменение гидрогеологических условий территорий, и начался повсеместный интенсивный подъем уровня грунтовых вод. Появляется новый мощный источник питания грунтовых вод – оросительная вода, объем которой составляет 50–60 % от общего количества поступающей на территорию системы воды в период орошения (таблица 1).

Таблица 1 – Объем воды, поступающей на территорию Азовской оросительной системы (АОС) [5, 6]

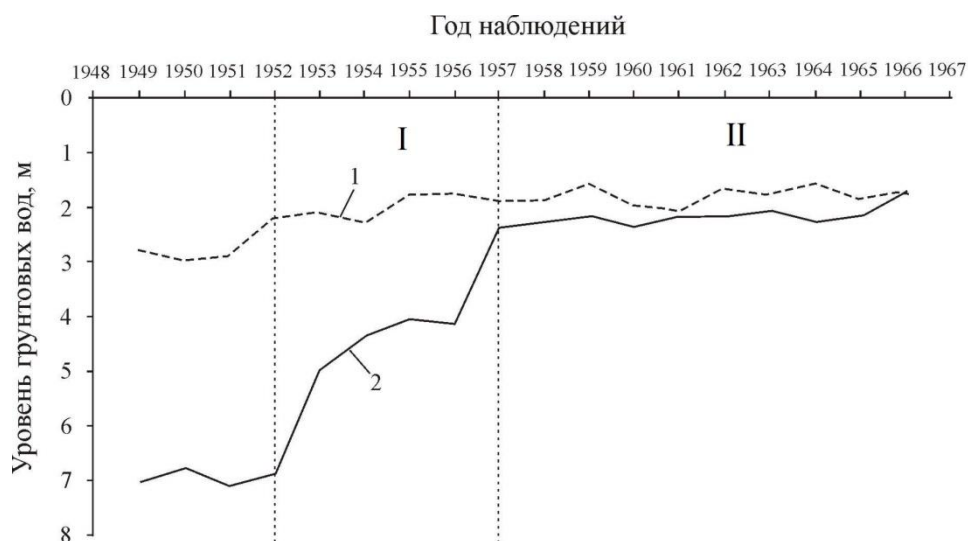
Источник поступления воды	Количество воды, поступающей на территорию АОС по годам наблюдений, мм							
	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
Атмосферные осадки за период с 1.05 по 31.10	194	213	171	347	246	278	154	213
Подача оросительной воды из водохранилища	210	284	453	288	296	221	313	303
% оросительной воды	52	57	73	45	55	44	67	59

Потери оросительной воды на фильтрации из магистральных каналов составляют, по данным различных исследователей, от 30 до 50 % [5, 6]. После заполнения магистрального канала водой происходит смыкание фронта фильтрационных и грунтовых вод и перераспределение гидродинамического давления на прилегающие территории

со скоростью от 10 до 60 м/сут в зависимости от уклона грунтового потока и литологии грунтов. Зона влияния канала достигает 400–1000 м [7]. В последующие годы при заполнении каналов водой гидравлическая связь фильтрационных и грунтовых вод быстро восстанавливается; купол грунтовых вод под каналом из года в год расширяется, а уровень грунтовых вод повышается.

Интенсивный подъем уровня продолжается в течение 3–5 лет, после чего наступает его стабилизация за счет компенсации приходных статей баланса испарением и оттоком, что подтверждается данными водно-балансовых исследований. Поливные воды на режим грунтовых вод существенного влияния не оказывают, т. к. глубина промачивания при существующих оросительных нормах в грунтах среднего механического состава не превышает 0,3–0,6 м, а их роль ограничивается компенсацией испарения с поверхности грунтового потока.

Таким образом, формирование уровня грунтовых вод на оросительной системе характеризуется двумя этапами (рисунок 1): первый (I) – период неустановившегося режима, продолжающийся 3–5 лет после ввода системы в эксплуатацию, второй (II) – условно установившийся (квазистационарный), действующий после первого на протяжении последующей жизни системы. Результаты полевых исследований показывают, что основной причиной подъема УГВ на оросительных системах является фильтрация воды из магистрального и распределительных оросительных каналов; следовательно, ставится под сомнение необходимость систематического дренажа на всей территории орошаемого массива.



I – первая надпойменная терраса, II – вторая надпойменная терраса

Рисунок 1 – Динамика уровня грунтовых вод на Азовской оросительной системе в долине р. Дон (по данным Южгипроводхоза)

Сбалансированность показателей водно-воздушного и солевого режимов, сведения до минимума инфильтрационных потерь при поливе, рациональное использование естественных влагозапасов в почве должны свести к минимуму объем дренажного стока, а значит, и вынос питательных веществ и солей. В этом случае назначение дренажа в зоне орошения – поддержание заданной глубины УГВ при минимальном объеме дренажного стока и выноса солей будет соответствовать экологическим требованиям.

С учетом вышеизложенного, для выполнения возложенных на дренаж функций нет необходимости в строительстве систематического дренажа на большей части орошаемых территорий. Учет региональных особенностей формирования уровней грунтовых вод позволяет понизить техногенную нагрузку на природу путем выборочного усиления дренированности территории орошения. В то же время процесс строительства

дренажа может осуществляться в два этапа: основной (строительство отсечного дренажа вдоль основных источников поступления фильтрационных вод и выборочного дренажа в районах замкнутых депрессий рельефа, тальвегов ложин, балок и т. д.) и вспомогательный (через 3–5 лет после основного для корректирования УГВ на системе).

Данный подход к обоснованию объемов и очередности строительства дренажа согласуется с концепцией создания устойчивых мелиорированных агроландшафтов, но для реализации в практике мелиоративной деятельности требует доработки и совершенствования.

Список использованных источников

1 Парфенова, Н. И. Экологические принципы регулирования гидрогеохимического режима орошаемых земель / Н. И. Парфенова, Н. М. Решеткина. – СПб.: Госгидрометеиздат, 1995. – 359 с.

2 Решеткина, Н. М. Концепция создания устойчивых мелиорированных агроландшафтов / Н. М. Решеткина, Л. В. Кирейчева; под ред. Б. Б. Шумакова. – М., 1997. – 54 с.

3 Капустян, А. С. Закономерности формирования уровня грунтовых вод на оросительных системах / А. С. Капустян // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ГУ «ЮжНИИГиМ». – Вып. 32–33. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2001. – С. 140–145.

4 Щедрин, В. Н. Этапы развития производства дренажных работ на юге России: монография / В. Н. Щедрин, А. С. Капустян. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – 112 с.

5 Гарин, Р. К. О влиянии орошения на гидрологические условия территории Азовской оросительной системы / Р. К. Гарин // Эксплуатация оросительных систем и сельскохозяйственного водоснабжения: сб. науч. тр. / ГУ «ЮжНИИГиМ». – Вып. VIII. – Новочеркасск, 1963. – С. 53–57.

6 Литвинцев, А. В. Потери воды на фильтрацию по Азовскому магистральному каналу // Сб. науч. тр. ЮжНИИГиМ. – Вып. IV. – Новочеркасск, 1956. – С. 15–24.

7 Фаворин, Н. Н. Режим и баланс грунтовых вод на орошаемых территориях со слабым оттоком на примере Нижне-Донской оросительной системы / Н. Н. Фаворин // Влияние орошения на режим грунтовых вод: сб. науч. тр. – М.: АН СССР, 1959.

УДК 631.62:631.432:633.2

Н. В. Яцык, С. М. Кика

Институт водных проблем и мелиорации Национальной академии аграрных наук Украины, Киев, Украина

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В ЗАПАДНОМ ПОЛЕСЬЕ УКРАИНЫ*

Целью исследований являлось определение особенностей водопотребления пайзы, амаранта и кормовых бобов на протяжении вегетационного периода, что повлекло за собой наблюдения за параметрами водного режима почвы. В условиях вегетационного периода 2016 года установлено, что уровни грунтовых вод (УГВ) колебались в пределах 55–98 см и были достаточно благоприятными для роста и развития исследуемых кормовых культур. Влажность 0–30 и 0–50 см слоя почвы на протяжении вегетационного периода была близкой к оптимальной. Под кормовыми бобами влажность 0–30 см слоя почвы колебалась в пределах 46,2–70,2; в слое почвы 0–50 см – 59,7–73,6 % полной влагоемкости (ПВ). Под амарантом влажность 0–30 см слоя почвы была в пределах 45,6–74,1; в слое почвы 0–50 см – 60,1–77,9 % ПВ. Под пайзой влажность 0–30 см слоя почвы колебалась в пределах 23,6–75,3; в слое почвы 0–50 см – 52,3–80,4 % ПВ.

* На примере пилотного объекта – осушительно-увлажнительной системы Сарненской опытной станции

Ключевые слова: осушаемые земли, водный режим, торфяная почва, влажность почвы, уровни грунтовых вод, водопотребление кормовых культур.

N. V. Yatsyk, S. M. Kika

Institute of Water Problems and Land Reclamation of the National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

HYDROLOGICAL REGIME OF DRAIN LANDS FOR FODDER CROPS CULTIVATION IN WESTERN POLESIE OF UKRAINE*

The purpose of the research was to determine the characteristics of water consumption by barnyard grass, amaranth and fodder beans during the growing season, which led to observations for soil water regime parameters. Under the conditions of vegetation period of 2016, it was determined that the groundwater table fluctuated within the range of 55–98 cm and was sufficiently favorable for the growth and development of the studied fodder crops. Humidity of 0–30 and 0–50 cm of soil layer during the growing season was close to optimal. Under the fodder beans, the moisture content of 0–30 cm of soil layer varied between 46.2–70.2; in soil layer 0–50 cm – 59.7–73.6 percent of the maximum moisture capacity. Under amaranth, the moisture content of 0–30 cm of soil layer was within the range 45.6–74.1; in soil layer 0–50 cm – 60.1–77.9 percent of the maximum moisture capacity. Under barnyard grass the moisture content of 0–30 cm of soil layer varied within the limits of 23.6–75.3; in the soil layer 0–50 cm – 52.3–80.4 percent of the maximum moisture capacity.

Key words: drained land, water regime, peat soil, soil moisture, groundwater tables, water consumption of fodder crops.

Введение. Для повышения продуктивности выращиваемых культур важную роль играет создание благоприятных условий для роста и развития растений на протяжении вегетационного периода, к которым, в первую очередь, следует отнести водный режим.

Большинству сельскохозяйственных культур, выращиваемых на осушаемых землях, оптимальная влажность почвы в пахотном слое (0–30 см), где сосредоточена основная масса их корневой системы, необходима в пределах 55–75 %, а для многолетних трав – 75–80 % полной влагоемкости [1, 2].

Установлено, что для обеспечения влажности верхнего слоя почвы, близкой к оптимальной, УГВ необходимо поддерживать в среднем за вегетацию: для многолетних трав на глубине – 65–80, зерновых – 80–90 и пропашных – 100–120 см от поверхности почвы (А. Н. Костяков, А. М. Янголь, В. Е. Алексеевский, О. В. Скрипник, М. Г. Цюпа и др.).

Исследованиями многих отечественных и зарубежных ученых, установлено, что для каждой сельскохозяйственной культуры есть свои требования к влажности активного слоя почвы, которые изменяются на протяжении вегетационного периода в зависимости от фазы развития растения. Достаточное представление о водопотреблении дает подекадное наблюдение. В засушливые и острозасушливые периоды вегетации сельскохозяйственные культуры требуют влаги в два-три и даже в пять-шесть раз больше от объема выпавших атмосферных осадков. Наименьшее количество влаги сельскохозяйственные культуры требуют в начале и в конце вегетации, наибольшее – в фазы интенсивного роста, цветения, колошения, образования генеративных побегов и при высокой температуре воздуха.

На сегодняшний день на пилотном объекте – осушаемых землях Сарненской опытной станции Института водных проблем и мелиорации НААН Украины – проводит-

* By the example of the pilot object – complex-irrigation system of Sarnenskaya experimental station.

ся комплекс исследований процессов водопотребления для определения оптимальных границ влажности за фазами вегетации для малораспространенных в настоящее время, но высокопродуктивных кормовых культур (пайза, амарант, кормовые бобы), выращивание которых на осушаемых землях Полесья Украины приобретает актуальность.

Материал и методы. На пилотном объекте – модульном участке площадью 15 га осушительно-увлажнительной системы Сарненской опытной станции были проведены комплексные экспериментальные исследования динамики метеорологических факторов в декадном распределении (количество осадков, температура и дефицит влажности воздуха), параметров водного режима почвы (динамики УГВ, послойной влажности в зоне аэрации), учет урожайности.

Полевые и лабораторные исследования проводились согласно общепринятым методикам [3]. Для определения влажности почвы использовали термостатно-весовой метод. Одновременно с традиционным методом использовали также тензиометрический метод, который базируется на измерении капиллярного потенциала почвенной влаги в зоне аэрации [4]. Замеры уровней грунтовых вод в наблюдаемых скважинах проводилось по пентадах мерной лентой [5]. Суммарное водопотребление определялось на основании проведения водно-балансовых расчетов.

Результаты и обсуждение. Учетная площадь на опытных участках составляет 18 м², повторность трехкратная. Почва опытных участков – мощная низинная гипново-осоковая высокозольная осушаемая торфяная. Пахотный слой характеризуется такими показателями: плотность – 0,29–0,33 г/см³, скважность – 80–85 %, полная влагоемкость – 280–295 %. Кислотность почвы – pH_{кол} – 5,0–5,2. Обеспеченность подвижными формами: NH₄ и NO₃ – 67,2; P₂O₅ – 21; K₂O – 14 мг/100 г почвы.

В исследованиях изучали пайзу сорта Лебедина 2, амарант сорта Полищук, кормовые бобы сорта Чабанские. Посев осуществляли широкорядным способом с шириной междурядья 45 см, с нормой высева амаранта – 0,5 кг/га, пайзы – 6 кг/га, кормовых бобов – (160 кг/га). Под предпосевную культивацию вносили минеральные удобрения в дозе N₄₅P₆₀K₁₂₀.

Погодные условия 2016 года были засушливыми и не совсем благоприятными – с неравномерным количеством осадков и с резким перепадом температур. За вегетационный период выпало 176 мм осадков, что на 224 мм (56 %) меньше среднегодового значения. Среднемесячная температура воздуха составила (плюс 16,2 °C) и была выше на 1,5 °C в сравнении с многолетним показателем. Также были зафиксированы поздние весенние заморозки 17 мая (минус 1,1 °C), 11 июня (минус 0,6 °C) и 12 июня (минус 1,1 °C), которые сильно повредили исследуемые кормовые культуры.

Регулирование водного режима на опытных участках осуществляется с помощью шлюзования.

В условиях вегетационного периода 2016 года УГВ находились в апреле на глубине – 46–64; мае – 64–69; июне – 69–80; июле – 50–80; августе – 80–97; сентябре – 96–101 см от поверхности почвы (таблица 1). Таким образом, на период закладывания исследования УГВ находились на глубине 55–67 см, для этих уровней влажность корнеобитаемого слоя почвы была в оптимальных пределах, что сопутствовало нормальным всходам семян исследуемых кормовых культур.

Таблица 1 – Динамика уровней грунтовых вод за вегетационный период 2016 года под кормовыми культурами

Месяц	Дата измерений							Среднее
	1	5	10	15	20	25	30	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Апрель	46	50	50	52	58	63	64	55
Май	65	64	66	69	68	67	68	67
Июнь	69	70	73	73	73	72	80	73

В см от поверхности почвы

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Июль	80	50	65	68	74	75	77	70
Август	80	87	96	97	87	89	91	90
Сентябрь	96	96	96	98	101	100	100	98

Анализ динамики УГВ в зависимости от количества атмосферных осадков показал, что они не были в прямой зависимости от осадков. Выпадение осадков в количестве 44 мм за декаду несущественно повлияло на УГВ (рисунок 1). Это объясняется значительным испарением с верхних слоев торфа и, соответственно, поглощением большого количества этих осадков.

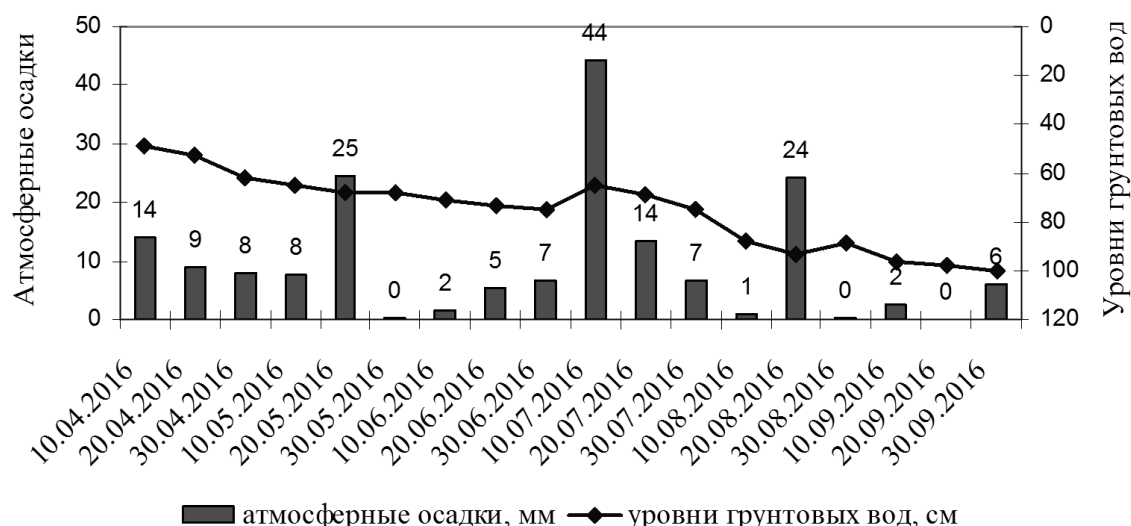


Рисунок 1 – Уровни грунтовых вод и распределение атмосферных осадков за вегетационный период 2016 г.

Таким образом, УГВ за вегетационный период колебались в пределах 55–98 см и были достаточно благоприятными для роста и развития исследуемых кормовых культур. При условии недостатка атмосферных осадков во второй половине вегетации УГВ находились на нижних пределах допустимого уровня для исследуемых кормовых культур. Вместе с этим не было обнаружено явных признаков угнетенности роста и развития пайзы, амаранта и кормовых бобов в таких условиях. Это связано с тем, что эти культуры хорошо переносят засушливые периоды.

Анализ влажности торфяной почвы под исследуемыми кормовыми культурами показал, что их показатели в 0–30 см слое почвы в основном находились на нижней границе оптимального для выращиваемых кормовых культур диапазона влажности (рисунок 2). Под кормовыми бобами влажность 0–30 см слоя почвы колебалась в пределах 46,2–70,2; в слое почвы 0–50 см – 59,7–73,6 % ПВ. Под амарантом влажность 0–30 см слоя почвы была в пределах 45,6–74,1; в слое почвы 0–50 см – 60,1–77,9 % ПВ. Под пайзой влажность 0–30 см слоя почвы колебалась в пределах 23,6–75,3; в слое почвы 0–50 см – 52,3–80,4 % ПВ.

Анализ водопотребления кормовых бобов показал, что в фазу от появления всходов, кущения до фазы начала цветения (I декада мая – I декада июня) количество использованной влаги составило 61,5 мм в слое почвы 0–30 см (в зоне максимальной концентрации корневой системы). Начало фазы цветения (II декада мая) отмечилось замедлением роста и сокращением объема водопотребления вследствие негативного действия поздних весенних заморозков. Наибольшее количество водопотребления кормовых бобов было отмечено в фазу полного цветения, начала формирования бобов

(I декада июня) и составило 102 мм. В общем, за вегетационный период 2016 года водопотребление кормовых бобов составило 270,5 мм в слое почвы 0–30 см. Это относительно низкий показатель, весомыми причинами которого были поздние весенние заморозки и недостаточная обеспеченность атмосферными осадками.

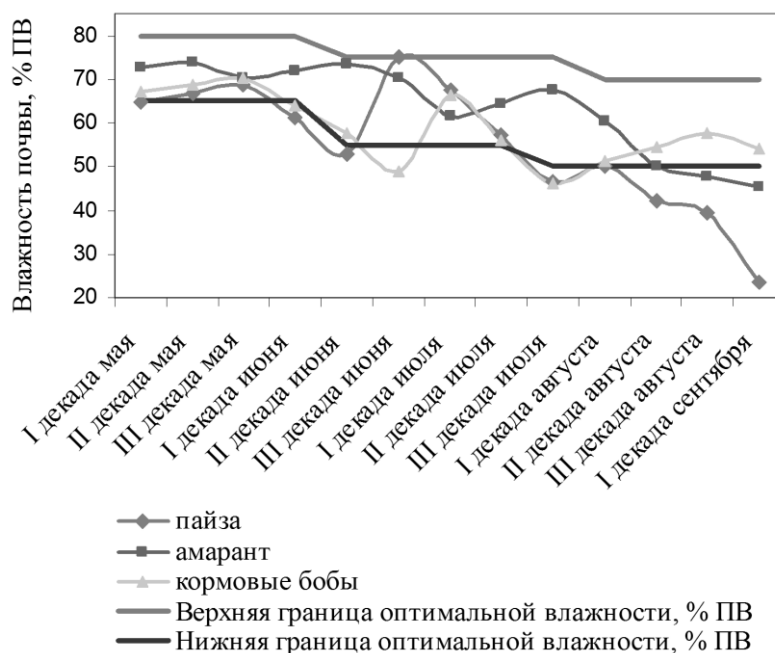


Рисунок 2 – Влажность почвы под кормовыми культурами в слое почвы 0–30 см, % ПВ

Анализ водопотребления пайзы и амаранта показал, что расход влаги пайзы в фазу всходов (III декада мая) составляет всего 20 мм, амаранта – 35 мм со слоя почвы 0–30 см. В фазу полных всходов (I–II декада мая) водопотребление пайзы практически приостановилось и составляло в пределах 3 мм, расход амарантом в этот период составил 22 мм вследствие негативного действия поздних весенних заморозков. У пайзы максимальные показатели водопотребления отмечены в период с 20 июня по 10 июля (фаза выхода в трубку); амаранта – на протяжении июля (фаза кущения – выбрасывания метелки) и составили соответственно 119 и 105 мм. В общем, в условиях 2016 года объемы водопотребления пайзы и амаранта составили соответственно 229,4 и 233,8 мм со слоя почвы 0–30 см. Это также относительно низкий показатель, существенное влияние на который имели поздние весенние заморозки и засушливые условия вегетационного периода.

Выводы. Проведенные исследования водного режима на пилотном объекте – осушительно-увлажнительной системе Сарненской опытной станции (Ровненская область, Украина) – показали, что влажность 0–30 и 0–50 см слоя почвы на протяжении вегетационного периода была близкой к оптимальной. Запасы влаги в этих же слоях почвы также были достаточными для нормального роста и развития исследуемых кормовых культур. Наблюдалась тенденция к снижению влажности пахотного слоя почвы в засушливые периоды. Уровни грунтовых вод в течение вегетационного периода 2016 года колебались в диапазоне 55–98 см.

Установлено, что в условиях 2016 года отмечены относительно невысокие показатели водопотребления исследуемых кормовых культур (229,4–270,5 мм), что обусловлено, прежде всего, крайне неблагоприятными погодными условиями вегетационного периода, в т. ч. поздними весенними заморозками, что значительно замедлило их рост и развитие и привело к существенному снижению урожайности.

За результатами исследований установлено также, что урожайность указанных

культур, несмотря на чрезвычайно неблагоприятные климатические условия вегетационного периода 2016 года, была достаточно высокой. В частности, на фоне внесения минеральных удобрений в норме $N_{45}P_{60}K_{120}$ была получена урожайность вегетативной массы кормовых бобов 37,5 т/га, амаранта – 43,5 и пайзы – 57,1 т/га, что свидетельствует об их высокой адаптационной способности к специфическим почвенно-климатическим условиям осушаемых торфяников.

Список использованных источников

1 Скрипник, О. В. Технология регулирования водного режима осушаемых земель / О. В. Скрипник, И. С. Сорока, В. П. Кубышкин; под ред. О. В. Скрипника. – Киев: Урожай, 1992. – 168 с.

2 Стариков, Х. Н. Увлажнение осушаемых торфяников / Х. Н. Стариков. – М.: Колос, 1977. – 296 с.

3 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 236 с.

4 Ромашенко, М. И. Рекомендации по оперативному контролю и управлению режимом орошения сельскохозяйственных культур с применением тензиометричного метода / М. И. Ромашенко, В. М. Корюненко, М. М. Муромцев. – Киев, 2012. – 72 с.

5 Янголь, А. М. Указания по производству наблюдений за водным режимом на осушительных системах / А. М. Янголь, К. П. Мошинский / УкрНИИГиМ. – Киев: Урожай, 1964. – 88 с.

УДК 631.6:631.674.6:631.6.03

С. В. Усатый, Л. Г. Усатая

Институт водных проблем и мелиорации Национальной академии аграрных наук Украины, Киев, Украина

КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ И КАЧЕСТВО ВОДЫ В СИСТЕМЕ «ОРОСИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ – СВОЙСТВА ПОЧВ»

Цель исследований состоит в изучении качества воды и ее влиянии на работоспособность капельных водовыпусков и изменение свойств почв. Ведущее значение в ухудшении качества воды для систем капельного орошения принадлежит железу и взвешенным частицам, содержание которых в воде исследуемых проб превышало разрешенное содержание в 2–50 раз. Применение химического, микробиологического и гидроэкологического методов изучения проб воды позволило исследовать природу взвешенных частиц, их состав, размеры, морфологическую структуру, численность и биомассу. В ходе исследований установлено, что взвешенные частицы с биомассой в воде до 63,72 г/дм³ представляют реальную угрозу блокирования капельных водовыпусков. Варьирование химического состава воды в течение поливного периода способствует колебаниям солевого состава почв, которые не влияют на их классификационный уровень. Результаты исследований подтвердили, что пригодность оросительной воды для систем капельного орошения должна обеспечиваться средствами механической и реагентной подготовки, а для почв – высокой культурой земледелия.

Ключевые слова: капельное орошение, качество оросительной воды, взвешенные частицы, свойства почв.

S. V. Usatyy, L. G. Usataya

Institute of Water Problems and Land Reclamation of the National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

DRIP IRRIGATION AND WATER QUALITY IN THE SYSTEM “FARMING NETWORK – SOIL CHARACTERISTICS”

The aim of research is to study the water quality and its effect on the efficiency of drip water outlets and changing soil characteristics. Leading position in deterioration of water quality for drip irrigation systems belongs to iron and suspended particles, the content of which in water of the test samples exceeded the permitted content by 2–50 times. The application of chemical, microbiological and hydroecological methods for studying water samples made it possible to study the nature of suspended particles, their composition, size, morphological structure, abundance and biomass. During the research it was revealed that suspended particles with biomass in water up to 63.72 g/dm cubic represent a real threat by blocking drip water outlets. Variation of the chemical composition of water during the irrigation period promotes fluctuations in salt composition of soils that do not affect their classification level. The results of studies confirmed that the suitability of irrigation water for drip irrigation systems should be provided by means of mechanical and reagent preparation, and for soils – by a high crop culture.

Key words: drip irrigation, quality of irrigation water, suspended particles, soil properties.

Введение. Капельный способ полива как наиболее прогрессивный по своему назначению, конструктивным и технологическим возможностям в Украине используется на территории более 70 тыс. га [1]. Довольно быстро растут площади овощных, пропашных, многолетних культур и винограда, валовой сбор которых обеспечивается именно за счет использования капельного орошения. Поэтому одним из актуальных вопросов является обеспечение надежной и длительной работы систем капельного орошения для безопасного использования во всех природно-климатических и почвенных условиях страны.

Качество воды определяет продолжительность и надежность функционирования систем капельного орошения и их элементов (фильтров, трубопроводов, водовыпусков), технический уровень которых сегодня предъявляет повышенные требования к качеству воды и заставляет по-новому пересмотреть критерии ее нормирования и эффективность водоподготовки.

По предварительным данным, в более 54 % источников вода является ограничено пригодной для капельного орошения согласно ДСТУ 7591:2014 [2], в 11 % – непригодной по агрономическим критериям, в 10 % – непригодной по техническим критериям и лишь в 25 % – пригодная по всем критериям. Использование воды такого качества обусловлено преимуществами капельного орошения в использовании любых источников, находящихся в наименьшей удаленности от участка орошения и имеющих необходимую водообеспеченность. Применение капельного орошения в нетрадиционных для орошаемого земледелия местах способствовало использованию воды не только из оросительных систем и их каналов, но и из гидросооружений осушительно-оросительных систем, местных водоемов, рек, прудов, озер, искусственных водонакопителей, скважин, а также шахтных колодцев. Современные методы, приемы и технические средства подготовки воды, которые разрабатываются в Украине, основываются на подходах, позволяющих вовлекать в использование воду ниже II класса, которая после водоподготовки становится безопасной для системы «оросительная сеть – растение – почва», а именно учитывающих ее воздействие на функционирование системы капельного орошения, состояние растений и окружающей среды, а также почвенные процессы.

Цель наших исследований состоит в изучении качества воды и ее влияния на работоспособность капельных водовыпусков и изменение свойств почв.

Материалы и методы. Исследования проводились на опытных участках на чер-

ноземах южных легкоглинистых под томатами, поливной период для которых продолжался с мая по сентябрь и состоял из ежедневных поливов, которые обеспечивали увлажнение 0–30 см слоя почвы. Образцы почв отбирали в вертикальном (по профилю) и горизонтальном (удаленность от поливного трубопровода) направлении до и после поливов [3].

Пробы поливной воды отбирали еженедельно по разработанной схеме, которая предусматривала контроль химического и гидрологического состава поливной воды возле водозаборов, куда вода поступает из магистральных и распределительных каналов Ингулецкой оросительной системы, после систем фильтрации и непосредственно в поливных трубопроводах, а именно в концевиках трубопроводов. Отобранные пробы воды подлежали комплексному химическому, микробиологическому и гидроэкологическому изучению. Природу взвешенных частиц определяли по показателям бихроматной и перманганатной окисляемости, а их состав, размеры, морфологическую структуру, численность и биомассу устанавливали с помощью гидроэкологического анализа. Гидроэкологический анализ поливной воды проводили в лаборатории испытаний средств орошения Института водных проблем и мелиорации НААН Украины (свидетельство об аттестации № ПТ-436/13 от 06.12.2013) с использованием тринокулярного микроскопа ULAB с оптикой Infinite Plan Achromatic XY-B2T (100xOil).

Вода по качеству и ее пригодности для капельного орошения относится к ограниченно пригодной (II класса) по агрономическим и техническим критериям согласно с ДСТУ 7591:2014 [2].

Методы определения показателей почв и поливной воды соответствовали нормативным документам, действующим на территории Украины.

Результаты и обсуждения. Исследованиями установлено, что гидрохимические и гидробиологические показатели воды в течение поливного периода по схеме «водозабор – система фильтрации – поливной трубопровод» очень изменчивы и нестабильны. Состав воды меняется в довольно широких пределах и в летние периоды (июнь–июль) не соответствует требованиям ДСТУ 7591:2014 для ее безопасного использования в системе «оросительная сеть – свойства почв», а также для самих растений. Наиболее опасными составляющими поливной воды для этой системы были повышенная токсическая щелочность, величина pH, концентрация токсичных ионов, высокое соотношение концентрации катиона магния к кальцию, повышенное содержание железа, азота, высокая общая минерализация, повышенное содержание взвешенных частиц. Колебания величины pH в поливной воде опытных участков до и после поливов составляли 0,98–1,53 единиц, общей минерализации – 0,44–0,52 мг-экв/м³, содержания гидрокарбонатов – 1,3–2,1 мг-экв/м³, кальция – 2,2–3,6 мг-экв/м³, натрия – 2,3–3,7 мг-экв/м³, сульфатов – 5,1–6,7 мг-экв/м³ и магния – 3,8–7,2 мг-экв/м³ (таблица 1). Максимальных значений показатели воды достигали в конце июня – начале июля.

Таблица 1 – Интервалы варьирования показателей гидрохимического состава оросительной воды на протяжении поливного сезона томатов

№ опытного участка	Интервалы варьирования показателей на протяжении поливного сезона							
	pH	содержание ионов, мг-экв/дм ³						общая минерализация, г/дм ³
		CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
1	7,0–8,0	0,0	3,6–5,4	5,9–12,6	2,4–6,0	6,8–10,6	7,9–11,6	1,27–1,75
2	6,7–8,3	0,0–0,8	3,7–5,0	7,1–12,2	3,8–6,0	6,0–9,8	10,0–12,3	1,25–1,69
3	6,8–8,0	0,0	2,9–5,0	6,3–12,9	2,6–5,6	3,4–10,6	9,0–11,6	1,26–1,78

Ведущее значение в ухудшении качества воды по техническим критериям принадлежало железу и взвешенным частицам, содержание которых в воде исследуемых проб в июне превышал разрешенное в 2–50 раз. В воде, отобранной из концевиков поливных

трубопроводов, присутствовали взвешенные частицы, которые имели органическое происхождение и были представлены сине-зелеными, эвгленовыми, диатомовыми и зелеными водорослями, суммарная численность которых в воде составляла 71133 тыс. Кл/дм³ с биомассой до 63,72 г/дм³. Содержание в воде взвешенных частиц органической природы находилось в тесной прямой взаимосвязи с содержанием общего железа.

Техническое состояние и глубина источников способствовали размножению большого количества водных микроорганизмов, которые через водозаборы и фильтрационные станции в небольших количествах попадали в системы капельного орошения и довольно быстро развивались. Интенсивный рост и размножение гидробионтов в поливных трубопроводах происходило в присутствии в воде азота и фосфора, которые оставались в системах после использования удобрений, особенно в тех случаях, где не проводились послефертигационные промывки. Как показали исследования, даже минерализованная вода Ингулецкой оросительной системы была благоприятной средой для развития простейших водорослей и микроорганизмов внутри поливных трубопроводов.

Морфологическая оценка клеток водорослей показала, что кроме размеров они имеют форму в виде выростов, щетинок, слизистых «кожухов» различной конфигурации, которые могут способствовать их задержанию на входных отверстиях капельных водовыпусков и быть причиной изменения расходов капельных водовыпусков (рисунок 1).

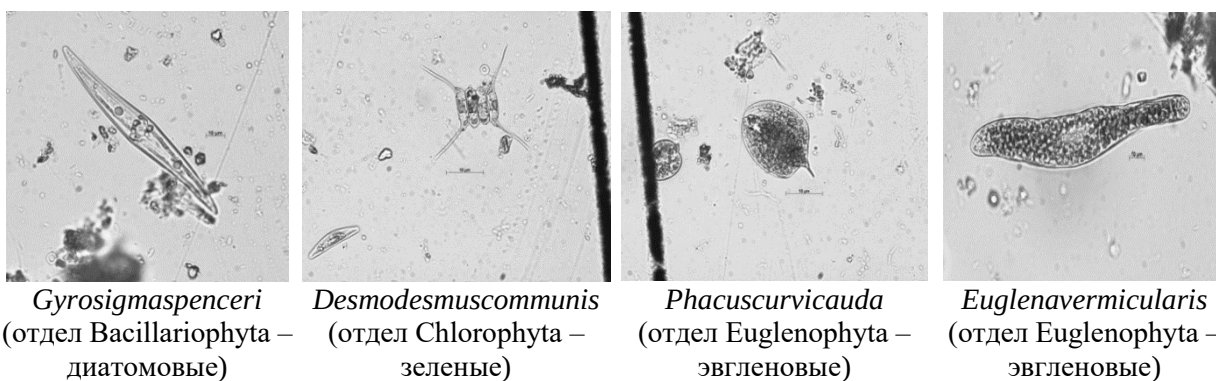


Рисунок 1 – Представители водорослей (гидробионтов), которые активно растут и развиваются в поливных трубопроводах систем капельного орошения

Опасность загрязнения воды для капельного орошения наступает с периодом «цветения» водорослей, который совпадает с максимальным водопотреблением растений и соответственно с максимальным использованием капельного орошения. Именно в этот период по результатам наших исследований возрастает число случаев с засорением капельных водовыпусков (рисунок 2) и снижением их расходно-напорных характеристик [4–5].

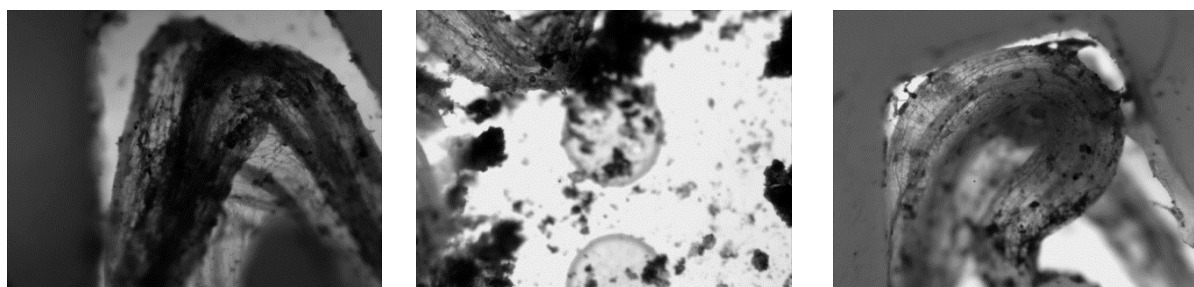


Рисунок 2 – Вид засорений внутри лабиринтов капельных водовыпусков под микроскопом

Проведенные исследования свидетельствуют о достаточно высоком разнообразии гидробионтов в поливной воде, что позволяет им проникать, а дальше адаптироваться и вегетировать в поливных трубопроводах систем капельного орошения и вли-

ять на ухудшение работоспособности всей системы орошения. Поэтому среди наиболее простых первоочередных мероприятий, которые обеспечат надлежащее качество воды и увеличат срок эксплуатации систем капельного орошения, является расчистка распределительных каналов от донных отложений, обустройство водозаборов защитными сетками, сброс воды из промывок систем фильтрации в специальные отстойники, систематическая промывка фильтростанций, поливных трубопроводов и контроль составляющих органического загрязнения воды в течение поливного периода.

Сезонное изменение показателей почв в орошаемых условиях зависит от гидрохимического состава поливной воды и характеристик самих почв, а именно содержания тонких фракций гранулометрического состава, состава почвенно-поглощающего комплекса, солевого состава, буферности и т. д. Наиболее заметным для черноземов южных легкоглинистых было повышение рН и изменение солевого состава почв, который выразился в увеличении содержания гидрокарбонатов натрия, магния и уменьшении содержания кальция и сульфатов. При этом после проведения всех поливов наблюдалось вымывание водорастворимых солей из зоны увлажнения и их концентрации за ее пределами. Максимальное количество солей аккумуляировалось на расстоянии 20 см от ряда поливных трубопроводов в горизонтальном направлении (граница зоны увлажнения) и глубже 30 см в вертикальном направлении. В почвенном поглощающем комплексе произошли изменения в направлении повышения содержания натрия на 0,24–0,34 мг-экв/100 г почвы и снижение содержания кальция на 2,6–8,8 мг-экв/100 г почвы. На протяжении одного поливного периода показатели черноземов южных легкоглинистых под влиянием поливной воды Ингулецкой оросительной системы критически не ухудшались, однако следует отметить, что выращивание томата на этих опытных участках осуществляется на фоне высокой культуры земледелия.

По результатам многолетних исследований, полученных в Институте водных проблем и мелиорации НААН Украины, установлено, что в зависимости от культуры, гидрохимического состава поливной воды, генезиса и буферности почв изменения физических, физико-химических и солевых характеристик являются индивидуальными и имеют свои особенности и отличия [6–8]. Физические свойства приобретают благоприятные для растений и почв параметры в зоне увлажнения и могут деградировать до критического состояния за ее пределами (без орошения). Физико-химические свойства зависят от качества поливной воды и корректируются за счет систем удобрения, однако их действие ослабевает с удаленностью от зоны увлажнения и в пределах междурядий, особенно многолетних культур, прекращается, что делает невозможным их восстановление с помощью капельного орошения. Солевые характеристики почв имеют пространственную и сезонную динамику. Во время поливов водорастворимые соли концентрируются в увлажненных зонах, а в межполивные периоды – распределяются к их границам. Под влиянием атмосферных осадков они могут мигрировать в более глубокие слои и распространяться к середине междурядий, если концентрация привнесенных с водой солей превышает 0,3–1,0 %, что характерно для условий использования воды II и III классов. Поливная вода I класса не повышает засоленности почв до изменения их классификационных уровней, которая к следующему поливному периоду восстанавливается до значений, характерных почвам.

Выводы. Таким образом, пригодность оросительной воды для систем капельного орошения должна обеспечиваться средствами механической и реагентной подготовки, а для почв – высокой культурой земледелия. При этом использование воды для целей капельного орошения должно сопровождаться мониторингом ее качества.

Список использованных источников

1 Мелиорация почв (систематика, перспективы, инновации): монография / С. А. Балюк [и др.]; под ред. С. А. Балюка, М. И. Ромащенко, Р. С. Трускавецкого. – Харьков: Гринь Д. С., 2015. – 668 с.

2 ДСТУ 7591:2014. Орошение. Качество воды для систем капельного орошения. Агрономические, экологические и технические критерии. – Введ. 2015-07-01. – Киев: Минэкономразвития Украины, 2015. – 16 с.

3 Организация системы режимных наблюдений для оценки эколого-мелиоративного состояния почв в условиях микроорошения: метод. пособие / М. И. Ромащенко [и др.]; под ред. М. И. Ромащенко. – Киев: ДИА, 2014. – 42 с.

4 Усатый, С. В. Работоспособность водовыпусков сезонно стационарных систем капельного орошения / С. В. Усатый, Л. Г. Усатая // Научные труды SWorld. – Иваново: Научный мир, 2016. – Т. 7. – № 44. – С. 82–90.

5 Усатый, С. В. Эффективность средств водоподготовки в системах капельного орошения / С. В. Усатый, Л. Г. Усатая // Научные труды SWorld. – Иваново: Научный мир, 2016. – Т. 8. – № 45. – С. 36–41.

6 Изменения почвенных показателей под влиянием капельного орошения плодовых насаждений водой разного качества / С. В. Рябков, Л. Г. Усатая, С. В. Усатый, О. Е. Тетеркина, О. В. Павелковский // Вестник НУВГП. – Вып. 1(53). – Ровно, 2011. – С. 67–77.

7 Рябков, С. В. Засоление и вторичная солонцеватость локально увлажненных почв / С. В. Рябков, Л. Г. Усатая // Мелиорация и водное хозяйство. – Вып. 100. – Т. II. – 2013. – С. 33–44.

8 Рябков, С. В. Пространственное распределение свойств почв в условиях капельного орошения / С. В. Рябков, Л. Г. Усатая // Капельное орошение как составляющая интенсивных агротехнологий XXI века: материалы III науч.-практ. конф. ИВПиМ, 8 декабря 2016 г. – Киев: ДИА, 2016. – С. 27–29.

УДК 626.81:628.17

А. Рамазанов

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

ВОДОСБЕРЕЖЕНИЕ – ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Статья посвящена проблеме водосбережения при дефиците водных ресурсов. На основе анализа многолетнего опыта водопользования на территориях с субаридным и аридным климатом сформулированы научные, организационно-структурные, технологическо-управленческие основы, методы водосбережения при организации и ведении орошаемого земледелия.

Ключевые слова: орошаемые земли, дефицит воды, методы водосбережения, стратегия управления водопотребностью, интегрированное управление водными ресурсами.

A. Ramazanov

Tashkent Institute of Irrigation and Melioration, Tashkent, Republic of Uzbekistan

WATER SAVING – THE BASIS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF IRRIGATED AGRICULTURE

The article is devoted to the problem of water conservation by water resources shortage. Based on the analysis of long-term water use experience in territories with sub arid and arid climate, scientific, organizational-structural, technological-administrative bases, methods of water conservation in organization and management of irrigated agriculture are define.

Key words: irrigated land, water shortage, water saving methods, water management strategy, integrated water resources management.

Исчерпание поверхностных водных ресурсов в бассейне Аральского моря вызвало появление периодов дефицита воды из-за снижения уровня и глубины воды в водоисточнике не только в маловодные годы, но даже в годы средней водности. В ряде районов вода становится дефицитом не только из-за ее недостатка, но и из-за качества воды, поскольку деградирующие водные ресурсы для одних водопотребителей требуют значительного увеличения объемов этих водных ресурсов, а для других оказываются недоступными из-за строгих требований к качеству.

В этих условиях задачи водосбережения, повышения водообеспеченности, эффективного использования водных ресурсов при ее дефиците являются приоритетными, прежде всего для сельского хозяйства, как основного потребителя воды [1]. Даже временные дисбалансы между наличием водных ресурсов в условиях их дефицита и потребностями в воде, ухудшением качества поверхностных и подземных вод вызывают соперничество между водопотребителями, приводят к региональным и межрегиональным конфликтам, вызывают серьезные экономические и социальные последствия.

Водосбережение и повышение водообеспеченности, устойчивое использование водных ресурсов в условиях их исчерпания и увеличения дефицита на ближайшую перспективу требуют разработки и планомерного осуществления следующих мероприятий: внедрение и эффективное применение интегрированного управления водно-земельными ресурсами; совершенствование и повышение технического уровня гидромелиоративных систем и систем водоснабжения, обеспечивающие высокоэффективное использования воды; обеспечение внедрения политических, социально-экономических методов доставки воды и водораспределения, способствующих эффективному использованию воды для орошения; внедрение экономических, социальных и экологических методов оценки воды как товара, включая виртуальную воду; мероприятия по увеличению располагаемых водных ресурсов, включая использование подземных, сточных и коллекторно-дренажных вод, а также совместное использование воды различного происхождения и качества; внедрение передовых водных и ирригационных технологий, обеспечивающих более высокий уровень водопользования и способствующих предотвращению сбросов и фильтрационных потерь; обеспечение участия водопользователей в управлении водными ресурсами и гидромелиоративными системами; обучение водопользователей ресурсосбережению и способам снижения ущерба, вызванного дефицитом.

В условиях дефицита воды, вызванного маловодьем, наряду с вышеперечисленными, очень важными являются следующие мероприятия: ликвидация потерь и сбросов воды, использование сточных и коллекторно-дренажных вод (КДВ), снижение потребления в воде, повышение эффективности водопользования и рекомендации водопользователям о методах использования водных ресурсов при их дефиците; поскольку маловодье не всегда удается прогнозировать, то необходимы подготовительные мероприятия по предотвращению маловодья; маловодье оказывает очень сильное и опасное воздействие на орошаемое земледелие – необходимы специальные мероприятия по смягчению последствий; при маловодье необходимо изменять политику подачи и распределения водных ресурсов и водораспределения по оросительным системам; необходимо, чтобы фермерские хозяйства в условиях маловодья были способны и знали, как внедрить на практике меры по снижению потребности в воде; в связи с тем, что в условиях маловодья доходы фермеров существенно изменяются, необходимы меры финансового, экономического характера для поддержания фермеров в преодолении маловодья.

В силу того, что дефицит воды или маловодье сопряжены с опустыниванием и деградацией почв, вызванных эрозией или засолением, отборами поверхностных и подземных вод и ухудшением качества воды [2], необходимо при повышении водообеспеченности и преодолении дефицита воды путем водосбережения обязательно предусматривать следующее: восстановление почвенного плодородия; охрана почв и предотвращение различных видов эрозии; борьба с засолением почв; минимизация коллек-

торно-дренажных вод; улучшение качества воды. Следовательно, программа водосбережения, направленная на повышение водообеспеченности и преодоление дефицита воды в Республике Узбекистан должна разрабатываться и реализовываться в двух основных направлениях:

1 Водосберегающая стратегия управления водными ресурсами и водоподачей, которая должна включать следующее:

а) увеличение располагаемых водных ресурсов за счет расширения возможностей существующих источников и разработка новых источников водоснабжения;

б) совершенствование систем хранения, транспортировки и водораспределения на орошение для того, чтобы обеспечить высокую гибкость водоподачи и снизить системные потери воды;

в) модернизация оросительной сети и комплексная реконструкция орошаемых земель;

г) улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель для обеспечения снижения затрат водных ресурсов на промывки земель, повышения урожайности и доходности хозяйств;

д) уменьшение зависимости водопотребителей от наличия воды в водоисточниках путем введения водооборотного замкнутого агропромышленного водоснабжения, в том числе для орошаемого земледелия: использование для орошения коллекторно-дренажных, сточных вод промкомбыта и грунтовых вод, не забронированных для питьевых целей;

е) улучшение управления водными ресурсами и водоподачей, связанные с соблюдением графиков поливов в оптимальные сроки, необходимые для получения запланированного урожая [3].

2 Управление водопотребностью народного хозяйства Республики Узбекистан включает в себя сложный комплекс мероприятий и методов: технические, экономические и агрономические, рекомендуемые для водопользователей. Некоторые из этих мер имеют политический и социальный характер и достаточно хорошо описаны в литературе, апробированы на практике западных стран, но реализация их в республике без соответствующей адаптации может иметь катастрофические последствия. Поэтому здесь рассматриваются только мероприятия, направленные на снижение потребности в воде для орошения, внедрение приемов и методов, обеспечивающих водосбережение и экономию воды при орошении. Кроме того, эти мероприятия должны обеспечить снижение потребности в воде, повышение урожайности сельскохозяйственных культур, доходов на единицу использованной воды или доходов от орошения.

Агрономические и экономические проблемы орошаемого земледелия достаточно хорошо известны, но проблемы преодоления дефицита воды и водосбережения, направленные на снижение потребности в воде для орошения, требуют специального разъяснения. Для снижения потребности в воде необходимо:

1 Создание сортов сельскохозяйственных культур с низким уровнем водопотребления и изменение системы земледелия: изменение техники полива, использование методов и приемов дефицитного орошения, высокая гибкость оросительных систем, подающих воду на поле в требуемом объеме и в период, необходимый для полива.

2 Уменьшение потребности хлопчатника в воде при возделывании его под пленкой, где расход воды снижается за счет минимизации испарения из почвы, кроме того, на две недели сдвигаются сроки посевов, значительно уменьшается количество перепосевов.

3 Уменьшение водопотребления сельхозкультур за счет развития кулисообразных полос. Во многих районах лесопосадки значительно меньше нормативных (Каршинская степь, Джизакская степь и т. д.), хотя орошаемые культуры под защитой лесопосадок на 15–20 % потребляют меньше воды, за счет уменьшения ветровой деятельности, снижения температуры и повышения влажности воздуха.

4 Проведение промывок с учетом степени засоления почв и солеустойчивости сельхозкультур, применение специальных приемов агротехники и сельхозмелиорации на засоленных землях.

5 Водосбережение во внутрихозяйственных системах: улучшение управления водораспределением и уточнение поливных норм и сроков полива в соответствии с потребностями растений, усовершенствование способов и технологий полива, планировки, повторное использование дренажно-сбросных вод, использование пленки и мульчирование поверхности почвы.

6 Повышение урожайности на единицу использования оросительной воды, повышение культуры орошаемого земледелия, улучшение агротехники, качество семян, улучшение водно-физических и агрономических свойств почв, борьба с засолением почв [4].

7 Повышение доходов (и) или прибыльности фермерских хозяйств: выбор высокодоходных (денежных) культур, обеспечение высокого качества сельскохозяйственной продукции.

Приемы и методы преодоления дефицита водных ресурсов и водосбережение на внутрихозяйственном уровне, приведенные выше, разделены по специальным группам: водосбережение и повышение урожайности. Однако надо помнить, что многие из них характеризуются синергетическим эффектом, т. е. обеспечивают водосбережение и создают предпосылки для повышения урожайности.

Разработка и реализация мероприятий водосбережения в условиях рынка требуют совершенствования организационных и экономических методов управления водопользованием и водообеспечением агропромышленного комплекса (АПК):

1) формирование и реализация инвестиционной политики, обеспечивающей ускоренное развитие водосбережения (таковая сейчас отсутствует);

2) создание и внедрение эффективных финансово-кредитных механизмов, направленных на осуществление программы водосбережения при управлении водопользованием;

3) рекомендации по развитию существующих и созданию новых форм водохозяйственных предприятий, осуществляющие свою деятельность в новых условиях;

4) совершенствование методов государственного регулирования водообеспечения орошаемых земель, в том числе в условиях маловодья;

5) совершенствование методов государственного регулирования повышения эффективности использования орошаемых земель;

6) создание реального платного водопользования как стратегического направления обеспечения постепенного сокращения бюджетных средств и обеспечения интересов общества по водосбережению.

Водосбережение и, тем более, орошение в условиях дефицита не может быть эффективным и реально осуществимым в том случае, если не существует непрерывный водоучет и контроль водопользования и водораспределения в агропромышленном комплексе. В настоящее время система водоучета в огромном большинстве водопользователей – фермерских, дехканских хозяйств и внутри ассоциаций водопользователей – отсутствует. Водовыделы в фермерские хозяйства, как правило, примитивны, на них отсутствуют средства измерения расходов и объемов получаемой воды. Аналогичные положения сложились на оросительной сети, подотчетной ассоциации водопользователей (АВП). В условиях отсутствия эффективной системы водоучета и контроля водопользования, меры по водосбережению малоэффективны и даже неосуществимы, т. к. нельзя сберечь то, что не измеряется. Для этих целей необходимо оснастить средствами водоизмерения и водоучета водовыделы в фермерские хозяйства и оросительные сети в АВП. Для замеров расходов и объемов воды с заданной точностью, необходимо обеспечить однотипные способы и технические средства водоучета

не только по ирригационным системам (это уже есть), но, прежде всего, по АВП и фермерским хозяйствам (чего, как правило, нет).

Необходимо нормативными актами и нормативно-технической документацией определить минимально обязательные методы и типы применяемых средств водоучета, учитывающих режимы работы оросительных систем, способов водораспределения, заданной точности измерения, ограниченных объемов финансирования в переходный период экономики страны. На создании системы водоучета внутри АВП и фермерских хозяйствах пришлось остановиться подробно потому, что ни водосбережение, ни платное водопользование и даже экономические взаимоотношения между организациями, поставляющими воду, и огромным количеством водопользователей, невозможны без непрерывного контроля и водоучета.

Таким образом, различные прогнозы развития водопотребности в Республике Узбекистан на ближайшие и отдаленные перспективы показывают, что в связи с ростом промышленности с высокотехнологическими циклами производства не произойдет существенное увеличение водопотребности. В условиях дефицита водных ресурсов и жестких мер по водосбережению решение этой проблемы должно осуществляться по различным направлениям: переход на маловодные технологические процессы, рациональное использование воды на промышленных предприятиях, повторное применение производственных и городских сточных вод в промышленности системой оборотного и повторного использования вод, переход на замкнутые системы водоснабжения. Создание таких систем требует значительных средств и времени. Поэтому необходима программа развития оборотных и замкнутых систем промышленности в Республике Узбекистан на среднесрочную и долгосрочную перспективу.

Список использованных источников

1 Лактаев, Н. Т. Водопользование / Н. Т. Лактаев // Ирригация Узбекистана. – Ташкент, 1981. – Т. IV. – С. 42–55.

2 Рамазанов, А. Важнейшие проблемы мелиорации и орошаемого земледелия в равнинной части Узбекистана / А. Рамазанов, М. Н. Файзуллаева // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 1(65). – С. 207–213.

3 Костяков, А. Н. Основы мелиорации / А. Н. Костяков. – 6-е изд. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 862 с.

4 Рамазанов, А. Модернизация приемов мелиорации и орошаемого земледелия – залог повышения продуктивности водно-земельных ресурсов / А. Рамазанов // Ирригация и мелиорация. – 2016. – № 4(6). – С. 15–18.

УДК 633.854.78:631.962.2:631.8(477.72)

Р. А. Вожегова, И. Н. Беляева, С. В. Коковихин

Институт орошаемого земледелия Национальной академии аграрных наук Украины, Херсон, Украина

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПОСЕВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕВООБОРОТОВ С УЧЕТОМ ЛОКАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОРОШАЕМЫХ И НЕПОЛИВНЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ЮГА УКРАИНЫ

Цель исследований – установить закономерности содержания гумуса и органического вещества в темно-каштановой почве при длительном орошении, разработать научно-методологические подходы моделирования эколого-мелиоративного состояния орошаемых и неполивных земель, а также в производственных условиях сформировать севообороты с положительным балансом гумуса. Установлено, что для стабилизации гумусового состояния почв необходимо увеличить поступления в почву органических

веществ за счет использования побочной продукции сельскохозяйственных культур, размещать подсолнечник в севооборотах с высоким уровнем интенсификации с возможностью компенсации органических веществ в почве другими культурами. Моделирование показателей содержания гумуса и органических веществ обеспечивает возможность экологического обоснования технологий выращивания сельскохозяйственных культур, сбалансирование почво-водоохранного устройства территории на базе изучения и глубокого анализа условий рельефа, почвенного покрытия отдельных локальных участков, определения количества и степени пригодности земель для выращивания конкретных сельскохозяйственных культур с необходимыми параметрами интенсивности искусственного увлажнения, снижения эрозионного напряжения территории и экологической нагрузки.

Ключевые слова: севооборот, орошение, неполивные условия, органическое вещество, модели, продуктивность орошения.

R. A. Vozhegova, I. N. Belyaeva, S. V. Kokovikhin

Institute of Water Problems and Land Reclamation of the National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine, Kherson, Ukraine

CROPPING PATTERNS OPTIMIZATION AND CROP ROTATIONS SIMULATION WITH REGARD TO THE LOCAL PARAMETERS OF IRRIGATED AND NON-IRRIGATED LANDS UNDER THE CONDITIONS OF THE SOUTH OF UKRAINE

The purpose of research is to determine the regularities of humus and organic matter content in dark chestnut soil during long-term irrigation, to develop scientific and methodological approaches to simulation the ecological and meliorative state of irrigated and non-irrigated lands, and also to create crop rotations with a positive humus balance in production conditions. It has been determined that to stabilize soil humus it is necessary to increase the application of organic substances to the soil due to the use of agricultural crops by-products, to introduce sunflower into crop rotations with a high level of intensification, with the possibility of compensating organic matter in soil by other crops. Simulation of humus and organic matter content provides the possibility of ecological justification of crop cultivation technologies, the balance of the soil and water protection devices of the territory on the basis of study and deep analysis of relief conditions, soil cover of individual local areas, determination of the amount and degree of suitability of lands for growing specific crops with necessary intensive artificial moisture parameters, reduction of erosive stress area and the environmental load.

Key words: crop rotation, irrigation, non-irrigated conditions, organic matter, models, irrigation efficiency.

Введение. Интенсификация земледелия в последние 50–70 лет, которая проявилась в увеличении распаханности больших площадей, масштабном использовании паш, вывозе растительных остатков с полей для их использования в виде топлива и т. д., привела к резкому обострению агромелиоративных проблем и ухудшению плодородия почв, в том числе существенному снижению содержания органических веществ и катастрофическому уменьшению содержания гумуса в почве. Кроме того, в результате экономических факторов в сельскохозяйственном производстве наблюдается резкое сокращение применения минеральных и, особенно, органических удобрений. При таких условиях действенным и экономически оправданным направлением сохранения и восстановления плодородия почв, повышения объемов производства сельскохозяйственной продукции должны стать биологизация орошаемого и неполивного земледелия, а также формирование научно обоснованных севооборотов, которые имеют положительный баланс гумуса, способствуют накоплению органических веществ и гумуса в почве, имеют прямой и опосредованный агроэкологический эффект [1, 2].

Земельному фонду Украины присуща определенная двойственность: с одной стороны, в почвенном покрове преобладают плодородные черноземные и каштановые почвы, с другой, процессы деградации почв охватывают практически всю ее территорию. Это обусловлено влиянием различных по своей природе факторов. Чрезмерная нагрузка на почвы вызывает активизацию негативных процессов, в частности, эрозионных, что обусловлено пренебрежением вопросами экологической пригодности земель для выращивания определенных сельскохозяйственных культур и, в первую очередь, необоснованным увеличением площадей пропашных культур (подсолнечника). Использование деградированных и малопродуктивных почв ежегодно проявляется большими убытками на каждом гектаре, поскольку производственные расходы на них не компенсируются получаемыми урожаями [3]. При разработке агроклиматического обоснования размещения сельскохозяйственных культур необходимо учитывать требования растений к почвенно-климатическим условиям: влияние метеорологических факторов, скорость развития и прохождения основных фенологических фаз, урожайность, качество продукции, экономические, энергетические и экологические показатели [4, 5].

Цели исследований – установить закономерности содержания гумуса и органического вещества в темно-каштановой почве при длительном орошении, разработать научно-методологические подходы моделирования эколого-мелиоративного состояния орошаемых и неорошаемых земель, а также в производственных условиях сформировать севообороты с положительным балансом гумуса.

Материалы и методы. Оптимизация эрозионной подсистемы природно-хозяйственных территориальных систем сельскохозяйственного назначения для большинства регионов Украины является необходимым условием создания экологически сбалансированных высокопродуктивных агроландшафтов. Основой оптимизации подсистемы почвенного покрова агроландшафта могут быть математические модели почвообразующих и эрозионных процессов, которые в формализованном виде адекватно отражают сложный характер взаимодействия природных и хозяйственных факторов на характер и интенсивность таких процессов. Именно такие модели должны лежать как в основе методик оценки потенциальной опасности территории и интенсивности потерь почвы, так и обоснования оптимальных в конкретных условиях структуры посевных площадей, севооборотов и системы почвозащитных мероприятий. Для моделирования севооборотов хозяйств Херсонской области были использованы методические рекомендации в области мелиорации, орошаемого земледелия и информационных технологий [6, 7].

Результаты и обсуждение. В условиях интенсивного земледелия в результате антропогенного воздействия наблюдается трансформация эколого-мелиоративных показателей почв с проявлением негативных тенденций эрозии, осолонцевания, уплотнения, коркообразования, что ведет к снижению содержания гумуса и органического вещества в них. При использовании теоретических основ системного анализа почв и экосистем появляется возможность осуществления моделирования процессов затрат и накопления органических веществ в почве с установлением динамики содержания гумуса, что имеет решающее значение с точки зрения повышения продуктивности орошаемого земледелия. Поскольку качество почвы характеризуется комплексом исходных параметров, то через взаимодействие их с системой высшей иерархии, т. е. экосистемой земледелия на орошаемых и неполивных землях, можно проводить оценку и прогнозировать изменение качественных параметров почвы в любой момент времени.

Агробιοценоз, который формируется на поливных землях, включает совокупность процессов биотического и абиотического характера, поэтому при выборе методов моделирования составляющих элементов такой системы и степени сложности модели определяющая роль должна отводиться методологическим основам моделирования.

Лучшими с научно-теоретической точки зрения являются оптимальные стратегии проведения сельскохозяйственных мероприятий: орошение, внесение удобрений и пестицидов, выбор лучших сроков посева, посадки, уборки и тому подобное. Главной целью моделирования должно стать научное обеспечение зимостойкости для озимых культур для получения высоких, качественных и экономически целесообразных урожаев, минимизация антропогенного давления на окружающую среду в условиях высокой интенсификации технологий выращивания. Определение оптимальных стратегий управления агропромышленным процессом с применением методов теории управления возможно только при наличии математической прогностической модели.

Блочная структура моделей имеет большие преимущества для осуществления моделирования, позволяя изучать, изменять и детализировать отдельные блоки, не меняя другие. Как правило, число параметров, входящих в каждый блок, существенно больше количества параметров, которыми блоки соединены друг с другом. Модели производственного процесса имеют балансовый характер, то есть для каждого элемента необходимо проводить расчет всех положительных и отрицательных составляющих общего баланса. Например, при расчете водного режима почвы надо учитывать поступление общего количества атмосферных осадков, оросительные нормы, процент потребления влагозапасов растениями и их непродуктивные потери, вероятность образования слоя влаги на поверхности почвы, перемещение влаги в почве между различными слоями, обмен с грунтовыми водами, объемы поглощения воды корневой системой, эвактранспирация и т. д. Таким же образом в прогностических моделях взаимосвязаны циклы круговорота по углероду, азоту, органическим веществам и другим элементам.

Баланс гумуса в почве состоит из приходной и расходной его части. Математически он представляет собой разницу между статьями его поступления и расхода за одинаковый промежуток времени. Для того чтобы добиться положительного баланса гумуса в севообороте, необходимо в системах земледелия обеспечить поступление в почву как можно большего количества органического вещества. Для стабилизации гумусового состояния почв севооборота необходимо увеличить объемы применения органических удобрений, оптимизировать соотношение между пропашными и культурами сплошного способа посева. Наибольшая эффективность органических удобрений наблюдается тогда, когда их вносят одновременно с минеральными удобрениями. Кроме того, большое значение имеет их качество и нормы внесения.

Применение научно-методологических подходов к формированию севооборотов на орошаемых и неполивных землях позволило на основе учета качественных параметров и характеристик почвы, биологических особенностей возделываемых культур и пригодности земель для разной степени интенсификации земледелия смоделировать полевые севообороты на земельных участках общей площадью 3827 га для частного сельскохозяйственного предприятия «Дружба» Горностаевского района Херсонской области. Разработка обеспечивает экологически сбалансированное почво- и водоохранное устройство территории на базе изучения и глубокого анализа условий и рельефа почвенного покрытия, определения количества и степени пригодности почв хозяйства для выращивания основных сельскохозяйственных культур, эрозионного напряжения территории и экологической нагрузки.

Расчетами доказано, что при формировании сбалансированной системы удобрения необходимо корректировать дозы внесения минеральных удобрений в зависимости от потенциального плодородия почвы, содержания в ней питательных веществ, биологических особенностей возделываемых культур и других факторов. Моделирование неорошаемого севооборота хозяйства ЧСП «Дружба» Горностаевского района Херсонской области свидетельствует о том, что баланс гумуса в почве севооборота является

отрицательным и составляет минус 1082 т (таблица 1).

Для создания положительного баланса гумуса почв такого севооборота необходимо предусмотреть использование следующих мероприятий:

- усовершенствовать элементы агротехники выращивания сельскохозяйственных культур в севообороте и своевременное их выполнение для повышения урожайности, что приведет к увеличению поступления в почву органических остатков растений для создания гумуса;

- солому рапса озимого в поле № 2 необходимо использовать как органическое удобрение. Это поспособствует дополнительному поступлению органического вещества в почву, из которого будет создано 44 т гумуса: $2,0 \text{ т/га} \times 152,49 \times 0,17 = 51,85 \text{ т}$;

- солому озимых злаковых культур нужно использовать как органическое удобрение в поле №3 и №5. Это позволит увеличить количество гумуса в почвах севооборота на 167 т: $3,5 \text{ т/га} \times 158,69 + 3,0 \times 145,97 \times 0,2 = 198,67 \text{ т}$;

- в 6 поле севооборота выращивается подсолнечник, стебли и корзинки которого целесообразно измельчить и заделать в почву. Это позволит увеличить количество гумуса в почве севооборота на 11 тонн: $0,6 \text{ т/га} \times 174,15 \times 0,14 = 14,63 \text{ т}$;

- на паровое поле севооборота необходимо внести весь навоз, который накапливается в хозяйстве (2500 т). Из этого количества навоза на 1 га парового поля попадет 14,32 т навоза 2500 т: $174,54 \text{ га} = 14,32 \text{ т/га}$. После гумификации навоза в почву севооборота попадет 248 т гумуса. В среднем на 1 га севооборотной площади приходится: растительных остатков – 4,53 т; новосозданного гумуса – 0,88; расходы гумуса – 1,44; баланс гумуса отрицательный – 0,56 т.

Подытожив проведенные расчеты, можно сделать вывод о том, что удобрений и органического вещества недостаточно для создания положительного баланса гумуса в почве севооборота. Исходя из этого, следует предложить хозяйству увеличивать поголовье скота или закупать навоз, чтобы увеличить его внесения в паровом поле до 30 т/га. Для этого необходимо иметь дополнительно 1200–1500 т органических веществ, из которых после гумификации будет создано 260 т гумуса. Предложенные меры позволят увеличить количество гумуса в почвах неполивного севооборота № 2 на 465 т, а его баланс станет положительным.

На орошаемых землях, в отличие от неполивных, ускоренному освоению севооборотов способствует возможность в любое время весенне-летнего периода увлажнить почву, провести своевременную и качественную ее обработку. Поэтому есть возможность обеспечения лучшей перезимовки озимых культур, получения максимальной окупаемости минеральных удобрений, пестицидов и других ресурсов. Моделирование орошаемого севооборота позволило установить, что баланс гумуса почв хозяйства положительный – 3,8 т (таблица 2).

Для создания положительного баланса гумуса почв орошаемого севооборота необходимо совершенствовать элементы технологии выращивания и сортовой состав выращиваемых культур, стабилизировать и повышать их урожайность, способствовать увеличению поступления в почву органических веществ и гумуса.

В среднем на 1 га орошаемой севооборотной площади приходится: растительных остатков – 6,23 т; новосозданного гумуса – 1,19; расходы гумуса – 1,43 т; баланс гумуса отрицательный – 0,24 т. Следовательно, в условиях орошения отмечено уменьшение дефицита гумуса на 57,1 % по сравнению с условиями неполивного севооборота.

Для повышения плодородия почвы, увеличения содержания органических веществ и гумуса солому сои в поле № 1 желательно использовать как органическое удобрение. Это поспособствует дополнительному поступлению органического вещества в почву севооборота, из которого будет создано дополнительно 72 т гумуса.

Таблица 1 – Баланс гумуса в 8-польном полевом зернопаропропашном севообороте, общая площадь севооборота – 1352,9 га, средний размер поля – 169,12 га

№ поля	С.-х. культура, пар	% в структуре севооборота	Площадь, га	Урожайность основной продукции, т/га	Поверхностные остатки на 1 га, т	Корневые остатки на 1 га, т	Σ растительных остатков на 1 га, т	Создание гумуса, т		Потери гумуса, т		Баланс гумуса, (±)
								на 1 га	на всю площадь	на 1 га	на всю площадь	
1	Пар	12,9	174,54	–	–	–	–	–	–	2,00	349,00	–349,00
2	Озимые зерновые	11,2	151,81	3,2	2,37	3,27	5,64	1,13	171,50	1,35	204,80	–33,30
3	Горох	10,5	142,40	1,5	1,23	2,12	3,29	0,94	133,80	1,12	159,20	–25,30
4	Сорго	16,1	218,18	3,5	1,53	1,92	4,18	0,72	157,10	1,27	277,10	–120,00
5	Пар	12,9	174,54	–	–	–	–	–	–	2,00	349,00	–349,00
6	Ряпс озимый	12,9	174,15	2,5	2,00	3,76	5,76	0,98	170,67	1,07	186,34	–15,70
7	Пшеница озимая	14,9	202,01	3,2	2,37	3,27	5,64	1,13	228,27	1,35	272,71	–44,44
8	Подсолнечник	10,7	144,03	1,2	0,81	1,88	2,69	0,38	54,73	1,39	200,20	–145,50
Всего		100,0	1352,90	–	1,72	2,70	4,53	0,88	916,10	1,44	1998,30	–1082,00
Коэффициент вариации, %		–	–	75,4	72,30	70,60	70,20	65,90	74,80	25,00	29,40	–

Таблица 2 – Баланс гумуса в орошаемом 5-польном полевом зернопаропашном севообороте, общая площадь севооборота – 573,88 га, средний размер поля – 114,78 га

№ поля	С.-х. культура	% в структуре севооборота	Площадь, га	Урожайность основной продукции, т/га	Поверхностные остатки на I га, т	Корневые остатки на I га, т	Σ растительных остатков на I га, т	Создание гумуса, т		Потери гумуса, т		Баланс гумуса, (±)
								на I га	на всю площадь	на I га	на всю площадь	
1	Кукуруза зерно	20	154,9	6,0	1,36	5,7	7,06	1,41	218,4	1,56	150,7	+67,7
2	Соя	20	103,0	2,5	0,95	1,79	2,74	0,69	71,1	1,50	144,9	-73,8
3	Кукуруза зерно	20	101,6	7,0	1,56	6,53	8,09	1,62	164,56	1,56	150,7	+13,8
4	Кукуруза МВС	20	117,1	45,0	0,84	5,85	6,69	1,14	133,5	1,47	142,0	-8,5
5	Ряпс озимый	20	97,2	3,0	2,26	4,29	6,55	1,11	107,9	1,07	103,3	+4,6
Всего		100	573,9	—	1,39	4,83	6,23	1,19	695,46	1,43	691,6	+3,8
Коэффициент вариации, %		—	—	143,0	40,6	39,0	32,8	29,4	40,3	14,4	14,7	—

В поле № 5 сразу после уборки рапса озимого на семена в его стерню следует всеять сеялками РЗС-211 пожнивные яровые культуры на сидераты. При урожайности 10 т/га после запашки и гумификации сидератов в почву можно увеличить содержание гумуса на 164 т. В целом, предложенные меры позволят увеличить количество гумуса в орошаемом севообороте на 280,19 т.

В комплексе противозерозионных мероприятий ведущая роль принадлежит агротехническим приемам обработки почвы. После анализа экономических показателей установлено, что производство продукции растениеводства в целом является прибыльным для хозяйства. С целью обеспечения рационального использования необходимо проводить восстановление и повышение плодородия почв, сохранять экологические функции почвенного покрова и окружающей среды.

В условиях недостаточного применения навоза следует всячески расширять производство различных компостов из растительных остатков, ила, прошлогодних запасов соломы, вносить свежую измельченную солому. Также целесообразно расширять посевы многолетних трав с целью восполнения дефицита гумуса и сдерживания деграционных явлений в почвах.

Оптимизация землеустройства организационно-хозяйственные мероприятия (улучшение структуры посевных площадей, исходя из качественной характеристики земель, размещение севооборотов и др.) не требует дополнительных капиталовложений, а специальные агротехнические приемы и мероприятия могут повысить урожайность сельскохозяйственных культур, предупредить смыв почвы и вынос питательных веществ. В борьбе с загрязнением почвенного покрова продуктами химических средств защиты растений и минеральных удобрений первоочередное значение необходимо придавать строгому соблюдению чередования сельскохозяйственных культур в севооборотах, усовершенствованию технологий выращивания сельскохозяйственных культур, оптимизации норм и сроков внесения пестицидов.

С целью обеспечения рационального использования, воспроизведения и повышения плодородия почв, сохранения экологических функций почвенного покрова и охраны окружающей среды на принципах бережного отношения к земле, срок аренды ее должен быть долгосрочным, не менее двух-трех ротаций севооборота. Краткосрочная аренда (например, 3–5 лет) также является препятствием для капиталовложений в будущее улучшение земель, поддержания и улучшение плодородия почв.

Следует подчеркнуть, что для засушливых условий Южной Степи Украины с высокой засушливостью климата и негативным проявлением ветровой эрозии большое значение имеет использование искусственно созданных лесозащитных насаждений. Для роста эффективности существующих лесонасаждений, а также повышения их жизнестойкости и фитосанитарного состояния необходимо применять комплексное использование лесокультурных, лесохозяйственных и лесозащитных мероприятий.

Выводы. Предложенные меры по улучшению и повышению плодородия почв предусматривают применение научно-обоснованных мероприятий по рекультивации земель, окультуриванию малопродуктивных угодий, проведение гипсования, глубокого рыхления, защиты почв от подтопления, заболачивания, вторичного осолонцевания, высушивания и уплотнения. Расчетами доказано, что в почвах юга Украины на локальном уровне отрицательный баланс гумуса в неполивных условиях равен 0,56 т/га, а при использовании искусственного увлажнения уменьшается до 0,24 т/га или на 57,1 %. Внедрение разработанной структуры посевных площадей и четкое соблюдение порядка чередования культур в севообороте в комплексе с агротехническими мерами обеспечивает существенное повышение урожайности выращиваемых культур, защиту почв от эрозии, уменьшает засоренность полей, способствует улучшению фитосанитарного и эколого-мелиоративного состояния неполивных и орошаемых земель. Кроме того, выполнение комплекса рекомендованных мероприятий повысит их защитную, экономическую и биологическую активность.

Список использованных источников

- 1 Бойко, П. И. Экологически сбалансированные севообороты – основа биологического земледелия / П. И. Бойко, В. О. Бородач, Н. П. Коваленко // Вестник аграрной науки. – 2005. – № 2. – С. 9–13.
- 2 Булыгин, С. Ю. Формирование экологически устойчивых агроландшафтов: учеб. для подготовки специалистов сельского хозяйства в аграр. высш. учеб. заведениях III–IV уровней аккредитации / С. Ю. Булыгин. – М.: Урожай, 2005. – 300 с.
- 3 Гамаюнов, В. Е. Почвоведение / В. Е. Гамаюнов. – Херсон, 1997. – 292 с.
- 4 Севообороты в земледелии Украины / под ред. В. Ф. Сайко, П. И. Бойко. – Киев: Аграрная наука, 2002. – 148 с.
- 5 Геоинформационные системы для управления орошаемыми землями: учеб. пособие / В. А. Ушкаренко, В. В. Морозов, В. В. Колесников, В. И. Ляшевский, О. П. Тищенко. – Херсон: ЛТ-Офис, 2010. – 378 с.
- 6 Клещенко, А. Д. Динамическая модель продукционного процесса кукурузы с использованием спутниковой информации и методы прогноза урожайности / А. Д. Клещенко, Т. А. Найдина // Метеорология и гидрология. – 2012. – № 12. – С. 88–98.
- 7 Дисперсионный и корреляционный анализ в земледелии и растениеводстве: учеб. пособие / В. А. Ушкаренко, В. Л. Никищенко, С. П. Голобородько, С. В. Коковихин. – Херсон: Айлант, 2008. – 272 с.

УДК 626.84; 631.674

А. Е. Шепелев

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

ТРЕБОВАНИЯ К ПРИБОРНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ МНОГООПОРНЫХ ШИРОКОЗАХВАТНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

В статье раскрыт вопрос возможности качественных изменений в технологическом процессе работы дождевальных машин нового поколения, которые могут быть обеспечены при выполнении требований к приборному оборудованию, устанавливаемому на многоопорную широкозахватную дождевальную технику полива. Приборное оборудование многоопорной широкозахватной дождевальной машины, объединенное в систему управления, позволит обеспечить функциональные характеристики дождевальной машины принципами точного земледелия при осуществлении автоматического выполнения технологического процесса гидромелиорации. Приборное оборудование включает в себя: сигнализацию и защиту дождевальной машины, систему управления электродвигателем, систему синхронизации опорных тележек в линию, систему автоматики и управления и блок управления.

Ключевые слова: прибор, оборудование, требование, многоопорная широкозахватная дождевальная машина, система управления.

A. Ye. Shepelev

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

REQUIREMENTS TO WIDE SPRAY MULTI-TOWER SPRINKLERS INSTRUMENTATION

The issue of possibility of qualitative changes in technological process operation of new generation sprinklers that can be provided while meeting the requirements for instrumen-

tation installed on a wide-spray multi-tower sprinkling irrigation technique is covered in the article. The instrumentation of a wide spray multi-tower sprinkler, integrated in the control system, will provide the sprinkler's functional characteristics by the precise farming principles in automatic operation of the irrigation technical process. The instrumentation includes: sprinkler's warning and maintenance, electric motor control system, synchronization system of support carts (track boggies) in line, automation and control system and control unit.

Keywords: instrument, equipment, demand, wide-spray multi-tower sprinkling machine, control system.

Качественные изменения дождевальных машин нового поколения должны быть связаны с глубокими преобразованиями их технологических и технических характеристик, автоматизированным перемещением мобильных агрегатов и с автоматизацией технологических процессов [1]. Для разработки теоретических и практических основ решения данной проблемы особое внимание необходимо уделить требованиям к приборному оборудованию многоопорной широкозахватной дождевальной машины, обеспечивающему более качественный технологический процесс работы дождевальной машины.

Дождевальная машина оборудуется приборным оборудованием системы управления, которая позволяет осуществлять автоматическое выполнение технологического процесса гидромелиорации при осуществлении точного земледелия машиной в долговременном режиме работы [2]. Приборное оборудование многоопорной широкозахватной дождевальной машины, объединенное в систему управления обеспечивает функциональные характеристики дождевальной машины принципами точного земледелия, такими как:

- информативность, в которой реализация технологии гидромелиорации осуществляется при постоянном количественном и качественном мониторинге орошаемого поля, местных почвенно-климатических, погодных и производственных условий производства продукции;

- комплексность, в которой технология гидромелиорации при осуществлении точного земледелия позволяет дифференцированно воздействовать на природные, биологические, техногенные и экономические ресурсы эксплуатируемого водохозяйственного участка с учетом индивидуальности его агрофона и временной (сезонной) изменчивости основных мелиоративных показателей;

- управление, в котором реализация технологии гидромелиорации заключается в динамическом управлении процессом производства с дифференцированным воздействием на среду обитания растений и на сами растения в нужном месте, в нужное время, с оптимальной интенсивностью и оптимальным ресурсосбережением при соблюдении экологических требований;

- потенциальные возможности, в которых технология гидромелиорации позволяет выявить критические факторы, лимитирующие урожай по качеству и количеству, потенциальные возможности почвы, растений, доступности водных ресурсов [3, 4].

Автоматический технологический процесс работы дождевальной машины обеспечивается совместной работой системы управления электродвигателем и системы синхронизации опорных тележек в линию.

Приборное оборудование сигнализации и защиты дождевальной машины обеспечивает автоматический пуск и остановку моторов-редукторов, выбор рабочих режимов, автоматическое движение машины фронтально или по кругу и опорных тележек в линию, контроль рабочих параметров, защиту силовых цепей и цепей управления, защиту составных частей машины от аварийных ситуаций.

Приборное оборудование системы управления электроприводом предназначено для автоматического управления электродвигателями тележек, защиты силовых цепей и цепей управления, контроля и сигнализации режимов работы электрооборудования.

Выбор режимов работы, направление движения и направление разворота, а также пуск и остановка осуществляется с пульта управления. Скорость движения задается

с пульта управления путем изменения продолжительности включения электродвигателей последней тележки. Движение остальных тележек дождевальной машины происходит в стартстопном режиме, при этом управление движением каждой тележки осуществляется автономно блоком управления тележки.

Приборное оборудование системы управления электроприводом должно обеспечивать следующие виды защиты:

- от коротких замыканий в электрических цепях и при перегрузках в электродвигателях опорных тележек в случае стопорения моторов-редукторов;
- от перенапряжений, возникающих в момент попадания молнии в металлоконструкцию дождевальной машины.

При срабатывании защит происходит остановка дождевальной машины с последующим отключением от питающей сети.

Система автоматического управления электроприводом должна выдавать сигналы на запорную арматуру внешней оросительной сети и пульт дистанционного управления, а также иметь индикацию на панели щита управления о месте срабатывания защиты по недопустимым выбегам тележек.

Рукоятки органов управления и все подвижные соединения должны работать плавно, без заеданий.

Каждая ходовая тележка имеет автономное ручное управление режимом работы непосредственно на тележке.

Приборное оборудование системы защиты обеспечивает аварийное отключение работы ДМ:

- при недопустимом изгибе водопроводящего трубопровода в шарнире соединения пролетов в горизонтальной плоскости;
- при остановке дождевальной машины в результате буксования после заданного промежутка времени;
- при коротком замыкании;
- при падении или повышении допустимого значения давления воды.

Для энергообеспечения ходовых тележек и управления ими силовой и управляющий кабель проложен в кабеле-канале с обеспечением герметичности на входе и выходе. Вход в кабель-канал расположен на подводящем трубопроводе. Выход кабеля-канала расположен в поворотном колене в центре его вращения. Верхняя часть кабеля-канала оканчивается фланцем, на котором установлен кольцевой токосъемный коллектор.

Приборное оборудование системы управления обеспечивает синхронизацию работы ходовых тележек с целью сохранения прямолинейности водопроводящего трубопровода в горизонтальной плоскости, а также обеспечивает время запуска и остановки машины, выбор направления движения, задание средней скорости движения последней тележки.

Прямолинейность водопроводящего трубопровода машины обеспечивается совместной работой системы прямолинейности. Для поддержания прямой линии главного трубопровода все опорные тележки, кроме крайней, снабжены механизмом управления движением тележки, обеспечивающим синхронизацию движения тележек.

Согласованное действие систем управления электроприводом, системы синхронизации в линию, а также приборов управления должны автоматически обеспечивать следующие режимы работы:

- остановку дождевальной машины в заранее заданном оператором месте;
- синхронизацию движения тележек в линию;
- аварийную остановку дождевальной машины при недопустимых выбегах тележек;
- остановку дождевальной машины при снижении на 0,1 МПа и увеличении на 0,15 МПа давления воды на входе в трубопровод от заданных технических параметров машины.

Все электрооборудование должно быть соединено внутренними перемычками

заземления через питающий кабель на корпус машины. Корпуса всех электроприборов заземлены на корпус дождевальной машины.

Для защиты от поражения электрическим током в случае прямого прикосновения должна применяться:

- основная изоляция токоведущих частей;
- степень защиты оболочки электрооборудования не ниже IP 54 [5].

Для защиты от поражения током, при повреждении изоляции, в случае непрямого прикосновения должно применяться:

- защитное заземление на корпус машины;
- автоматическое выключение питания.

Для обеспечения постоянного давления на входе в водопроводящем трубопроводе дождевальной машины устанавливается регулятор давления, работа которого согласована с системой автоматики и управления. При падении давления воды (ниже установленного на датчике давления) машина останавливается, электроклапан перекрывает подачу воды.

Приборное оборудование системы управления обеспечивает путем установки оператором заданного значения и соответствующего комплекта дождеобразующих устройств выдачу требуемой нормы полива, а также внесение с поливной водой жидких и растворимых минеральных удобрений, химмелиорантов и почвенных гербицидов.

Система управления должна иметь светильник в районе мачты вантовой подвески консоли, служащий для обозначения габарита дождевальной машины в ночное время и для контроля подачи питания в силовую цепь дождевальной машины, а также светильник в районе неподвижной опоры для освещения щита управления при необходимости проведения операций по пуску и остановке дождевальной машины в ночное время.

Управление системой осуществляется непосредственно с пульта управления установленного на центральной опоре дождевальной машины в герметичном корпусе посредством жидкокристаллического сенсорного экрана. Управление дождевальной машины должно иметь возможность дистанционного управления с помощью систем мобильной связи.

Блок управления имеет оперативную память и постоянно записывающее устройство для ввода, вывода и сохранения данных по режимам работы дождевальной машины в течение поливного сезона.

Возможность выполнения вышеприведенных требований к приборному оборудованию многоопорных широкозахватных дождевальных машин позволит обеспечить автоматизацию технологических процессов работы и выполнение необходимых функций многоопорной широкозахватной дождевальной машины нового поколения.

Список использованных источников

1 Снопич, Ю. Ф. Техника и технология орошения в современных условиях земледелия / Ю. Ф. Снопич // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 28–30.

2 Шепелев, А. Е. Система управления дождевальными машинами как элемент технологии точного земледелия / А. Е. Шепелев, В. Э. Завальев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 3(59). – С. 195–202.

3 Харазов, В. Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами / В. Г. Харазов. – СПб.: Профессия, 2009. – 592 с.

4 Парк, Джон Передача данных в системах контроля и управления / Джон Парк, Стив Маккей, Эдвин Райт. – М.: Группа ИДТ, 2007. – 480 с.

5 ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013). Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP). – Введ. 2017-03-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 39 с.

УДК 626.8:631.6

Ж. Ишчанов, А. Долидудко, С. Исаев

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

Ё. Шерматов

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

ИЕРАРХИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП УПРАВЛЕНИЯ ВОДНО-ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ БАСЕЙНА РЕКИ АМУДАРЬИ

В статье предлагается иерархическая структура ступенчатого управления водно-земельными ресурсами в бассейнах рек Аральского моря. Практическое значение прогноза расходов воды очень велико для управления водными ресурсами и химическим составом речных стоков в бассейнах Амударьи и Сырдарьи и, следовательно, для управления сельским хозяйством и экологического равновесия в бассейне Аральского моря. Водные ресурсы Аральского моря колеблются в зависимости от солнечной активности. Так, в маловодные годы сельское население низовьев сильно страдает от засухи. Учитывая мощность излучений энергии солнца, при наличии методов долгосрочного прогноза стока рек и увлажненности территорий на вегетационный период технических культур стало бы возможным смягчить последствия засухи методом управления оросительной способности рек.

Ключевые слова: иерархический принцип, солнечная активность, бассейн Амударьи, бассейн Сырдарьи, водные ресурсы, прогноз стока, сельское хозяйство.

Zh. Ishchanov, A. Dolidudko, S. Isaev

Tashkent Institute of Irrigation and Melioration, Tashkent, Republic of Uzbekistan

Ye. Shermatov

Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems at Tashkent Institute of Irrigation and Melioration, Tashkent, Republic of Uzbekistan

HIERARCHICAL PRINCIPLE OF WATER-LAND RESOURCES MANAGEMENT OF THE AMU DARIA RIVER BASIN

A hierarchical structure of step-by-step water and land resources management in the Aral Sea river basins is proposed. The practical value of water discharge forecast is very high for water resources management and river flows chemical composition in the Amu Darya and Syr Darya basins and, consequently, for agricultural management and ecological balance in the Aral Sea basin. The water resources of the Aral Sea fluctuate depending on the solar activity. Thus, in dry years, the rural population of the lower reaches is severely affected by droughts. Considering the power of solar energy emissions, with methods of long-term forecasting of river flow and wetlands for the growing season of industrial crops, it would be possible to mitigate the effects of drought by managing the rivers irrigation capacity.

Key words: hierarchical principle, solar activity, the Amu Darya basin, the Syr Darya basin, water resources, runoff forecast, agriculture.

Актуальность проблемы. Климатические условия являются главным фактором формирования степени увлажненности территорий в бассейне реки Амударьи. Практическое значение увлажненности территорий очень высоко в ирригационном хозяйстве. В качестве примера можно привести засуху 2001 г., нанесшую огромный ущерб сельскому хозяйству Республики Узбекистан.

Наиболее пострадавшим оказалось сельское население, проживающее в нижнем течении реки Амударьи. Ориентировочная стоимость ущерба сельского хозяйства от за-

сухи в 2001 году только в нижнем течении реки Амударьи составила около 67,5 млрд сум. Наличие надежных методов долгосрочного прогноза стока р. Амударьи и увлаженности территорий в вегетационный период могли бы смягчить последствия засухи [1].

Степень изученности проблемы. Современные методы долгосрочных прогнозов стока основываются на следующих подходах:

- вероятностно-статистический регрессионный анализ;
- использование математических моделей.

Космическим отделом компании «Дженерал электрик» разработаны методы контроля земных ресурсов («Взгляд в будущее» Ч. Е. Чезмен, У. Келлер): наблюдение, учет объема и распределения поверхностных и грунтовых вод для оценки перспектив водоснабжения городов, сельского хозяйства и гидроэнергетики.

К. В. Бродовицкий и П. П. Предтеченский (1940 г.) разработали качественный метод долгосрочного прогноза расходов рек Амударьи, Сырдарьи и Чирчика, в основу метода входит влияние пяти-шестилетних солнечных циклов и формирование режима осадков в холодный период года.

М. И. Кривошей (1997 г.) разработала метод, называемый «климатические аномалии стока» реки Амударьи, метод основан на корреляционном анализе.

Разработанная в САНИГМИ методика долгосрочного прогнозирования стока горных рек основана на использовании математической модели режима осадков при увеличении температуры в горах Средней Азии.

Вышеуказанные методы не учитывают основные физические факторы, то есть влияние мощности излучения солнечной энергии и такие климатические показатели, как: парциальное давление, осадки, температура, а также давление атмосферы в зонах формирования рек бассейна Амударьи, Сырдарьи и Заравшана. Засуха 2001 года показала, что использование математических моделей стока рек оказалось нерациональным.

Известно, что смена дня и ночи определяет суточный ритм в изменении величин метеорологических элементов и условий освещения, от которого зависят все жизненные функции как организма человека, так и животных, и растений. На суточный режим погоды реагирует и неорганический мир. Зависимость водных запасов бассейна Аральского моря от метеорологических условий не подлежит сомнению. Таким образом, с установлением этой зависимости появится возможность прогнозирования на некий промежуток времени в будущем водного режима основных рек бассейна.

Практическое значение прогноза расходов воды очень велико для управления водными ресурсами и химическим составом речных стоков в бассейнах Амударьи и Сырдарьи и, следовательно, для управления сельскохозяйственным производством и для поддержания экологического равновесия в низовьях этих рек.

В то же время нерешенной остается проблема долгосрочного и сверхдолгосрочного гидрометеорологического прогноза климата. Очевидно, необходимо уметь предвидеть естественные тенденции изменения климата. Для этого необходимо построить физически правильную теорию изменений климата и создать на ее основе научно обоснованную методику прогноза изменений климата для любых необходимых отрезков времени.

Актуальность проблемы исследований многолетних колебаний природных процессов на земле определяется динамикой народного хозяйства. И если будут разработаны достаточно надежные методы, определяющие характеристики климата, стока рек и энергетического режима, то появится возможность оперативного управления динамическими процессами орошаемого земледелия. При планировании развития орошаемого земледелия на ближайшее время, учитывая колебания температуры воздуха и почвы, стока и естественного химического режима рек, можно сэкономить миллиарды сум народнохозяйственных средств. Несмотря на добросовестность и энтузиазм исследователей, работающих по этим направлениям, постановка задачи по контролю водно-земельных ресурсов бассейна Аральского моря далека от совершенства. Необходимо

комплексное рассмотрение и анализ проблем, взаимосвязанных с оросительной способностью рек. Народное хозяйство не может быть в должной мере рациональным, если при планировании его развития не будет учитываться динамика природных процессов и естественный химический режим стока рек.

Особую ценность в этих условиях имеют прогнозы природных процессов: стоков рек, химического режима этих стоков, динамики мелиоративных показателей (уровень грунтовых вод, минерализация, засоленность почвогрунтов и урожайность различных видов сельскохозяйственных культур) на год и на ближайшую перспективу. Разработка методики прогнозов таких исследований на сегодняшний день находится на начальном этапе.

В связи с вышеизложенным, мы предлагаем иерархический принцип управления водно-земельными ресурсами в бассейнах рек Аральского моря на основе мощности излучения солнца (рисунок 1).



Рисунок 1 – Мониторинг водно-земельных ресурсов и структуры посевов в бассейне реки Амударьи

Многоуровневая организация процесса управления включает 9 ступеней:

1 ступень – информационное обеспечение регионов о среднесуточной солнечной активности (мощность бассейна рек от излучения; число солнечных пятен; излучение радиоволн) и климатических показателях (осадки; абсолютная влажность воздуха; температура воздуха и почв, влажность активного слоя почвы; температура грунтовых вод).

2 ступень – прогноз водных ресурсов бассейнов рек и региона Аральского моря:

- ежедневный гидрограф и прогноз;
- краткосрочный прогноз расхода рек регионов на 7–10 дней;
- прогноз на вегетационный период сельскохозяйственных культур;
- прогноз формирования засухи в речном бассейне до начала посевов сельскохозяйственных культур [2].

3 ступень – перспективное планирование площадей и видов сельскохозяйственных культур и управление водными ресурсами.

4 ступень – антропогенные изменения стока рек по регионам:

- твердый сток;
- ионный сток;
- жидкий сток;
- водозабор на хозяйственные нужды;
- возвратный коммунальный и дренажный сток в реку.

5 ступень – критерий экологической безопасности речной воды в бассейне Аральского моря, в регионах по течению рек.

6 ступень – водные ресурсы областей, агромелиоративный паспорт и его содержание:

- фермерское хозяйство, район и область [3];
- критерий залегания уровня грунтовых вод;
- минерализация грунтовых вод;
- засоленность почвогрунтов;
- виды сельскохозяйственных культур;
- урожайность сельскохозяйственных культур на орошаемых землях.

7 ступень – требование к экологической безопасности орошаемого земледелия.

8 ступень – космический наземный мониторинг водных объектов.

9 ступень – уровень культуры управления водно-земельными ресурсами в областях.

Научная новизна статьи. В статье впервые предлагается иерархический принцип управления водно-земельными ресурсами в бассейнах рек Аральского моря.

Практическая значимость статьи. Водные ресурсы Аральского моря колеблются в зависимости от солнечной активности (на примере реки Амударьи фактический годовой объем стока у гидропоста Керки изменился от 89,89 км³ в 1969 году до 37,24 км³ в 2001 году), в связи с чем возникла необходимость иерархического принципа управления водно-земельными ресурсами. В маловодные годы сельскохозяйственное производство в низовьях Амударьи сильно страдает от засухи, это приводит к большой потере урожая и доходов населения. Учитывая мощность излучений энергии солнца, при наличии методов долгосрочного прогноза стока рек и увлажненности территорий на вегетационный период технических культур стало бы возможным смягчить последствия засухи методом управления оросительной способности рек.

Список использованных источников

1 Шерматов, Ё. Исследование дистанционной информации для оперативного контроля засоленности орошаемых земель и прогноз урожайности хлопчатника (на примере Голодной степи и низовий Амударьи): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Шерматов Ёрмат. – Ташкент, 1991. – 18 с.

2 Шерматов, Ё. Анализ физических факторов, влияющих на формирование водности года р. Амударьи / Ё. Шерматов, Х. М. Якубова, А. Нигмаджанов // Проблемы обеспечения водными ресурсами сельских населенных пунктов в маловодные годы и пути их решения: сб. по материалам конф., г. Ташкент, 9 сентября 2008 г. – Ташкент, 2008. – С. 80–81.

3 Шерматов, Ё. Усовершенствование методов оценки рационального использования орошаемых земель фермерских хозяйств // Проблемы рационального использования земельных ресурсов аграрного сектора и улучшение их биологического, экологического и мелиоративного состояний: сб. материалов Респуб. науч.-практ. конф. – Гулистан, 2009. – С. 56–57.

УДК 631.674.6:631.43

Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова

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

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ НА ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ

Цель исследования – изучить направленность почвообразовательных процессов в темно-каштановых почвах при длительном орошении. Объект исследований – темно-каштановые почвы, расположенные в ОПХ «ВолжНИИГиМ» Саратовской области. Минерализация поливной воды составляет 0,358 г/дм³ гидрокарбонатно-кальциевого состава. Оросительные нормы доходили до 2500–3000 м³/га. Образцы почв проанализированы на определение гранулометрического состава, водно-физических и физико-химических свойств, на содержание гумуса, его группового состава и питательных элементов. В результате дана оценка направленности почвообразовательных процессов для исследуемых темно-каштановых почв – процесс агроистощения отсутствует, наблюдается развитие процесса гумификации, который способствует не только накоплению гумуса, но и сохранению его гуматного состава. Однако и при таком освоении земель, когда почвы орошаются водой благоприятного состава и вносятся в достаточном количестве минеральные и органические удобрения, проявляются негативные почвенные процессы: уплотнение, магниевая и натриевая солонцеватость, выщелачивание.

Ключевые слова: почвообразовательные процессы, длительное орошение, свойства почв, агроистощение, гумификация, удобрения, оросительная вода.

L. M. Dokuchaeva, R. Ye. Yurkova

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

THE EFFECT OF LONG-TERM IRRIGATION ON THE SOIL FORMATION PROCESSES OF DARK CHESTNUT SOILS

The purpose of study is to examine the orientation of soil formation processes in dark-chestnut soil with long-term irrigation. The object of research is dark chestnut soils, located in experimental production farm VolzhNIIGIM, Saratov region. Mineralization of irrigated water is 0.358 g per cubic dm of hydrocarbonate-calcium composition. Irrigation rate reached 2500–3000 cubic meters per ha. The soil samples were analyzed for determination of granulometric composition, water-physical and physical-chemical properties, humus content, its group composition and nutrients. As the result, the estimation of the direction of soil-forming processes for the study of dark chestnut soils is given – the process of agro depletion

is missing; the process of soil humification is developing, that contributes not only to soil humification, but also to humate composition preservation. However, under such reclamation, when soils are irrigated with water of favorable composition, and mineral and organic fertilizers are applied in sufficient quantity, some negative soil processes appear: overcompaction, magnesium and sodium alkalinity, leaching.

Key words: soil formation processes, long-term irrigation, soil properties, agro-depletion, humification, fertilizers, irrigation water.

Введение.

Проблемы деградации земель, вызванной широкой ирригацией, развернутой в Поволжье во второй половине XX в., были аналогичны мировым. В орошаемых агроландшафтах региона стали развиваться многие негативные процессы: подъем грунтовых вод, засоление и осолонцевание. В результате к середине 80-х годов прошлого века, в период максимального развития орошения, доля деградированных земель в регионе достигла 24 % их общей площади. Увеличение приходной части водного баланса территорий при широкомасштабном орошении приводило к усилению дегумификации почв, прогрессирующему уплотнению и разрушению их структуры [1–3].

Влияние длительного орошения на изменение почвообразовательных процессов темно-каштановых почв изучалось в долине р. Волги, которая является главным районом Поволжья. Большинство крупных оросительных систем Поволжья (Комсомольская, Энгельская, Поволжская ОС) расположены в пределах надпойменных террас, почвенный покров которых носит зональный характер. При движении с севера на юг черноземы сменяются темно-каштановыми и каштановыми почвами. В Саратовской области основная доля орошаемых земель (около 80 %) расположена в зоне темно-каштановых почв.

Цель исследования – изучить направленность почвообразовательных процессов при длительном орошении в темно-каштановых почвах.

Материалы и методы. ОПХ «ВолжНИИГиМ» расположено на второй надпойменной террасе р. Волги. Рельеф территории ровный, не расчленен, абсолютная высота местности 35–40 м. Грунтовые воды залегают на глубине 18–20 м, имеют пеструю минерализацию от 0,3 до 2–3 г/дм³. Зона аэрации сложена древнеаллювиальными отложениями хазарского яруса и представлена чередующимися суглинками, супесями, песками. На поверхности залегают средние суглинки, которые и являются почвообразующими породами. Темно-каштановые почвы по всему почвенному профилю до орошения были незасоленными и несолонцеватыми. По своим свойствам они приближаются к черноземам южным, но отличаются от них меньшим содержанием гумуса.

Климатические условия этого хозяйства таковы: климат континентальный, засушливый, лето жаркое, недостаточно увлажненное. Эта территория относится к сухостепной засушливой зоне с КУ = 0,40. Зима холодная, часто малоснежная. Некоторые показатели климата по метеостанции г. Энгельса следующие: среднегодовая температура воздуха 5,8 °С; среднегодовое количество осадков – 350–366 мм; средняя сумма температур воздуха выше 10 °С составляет 2976 °С; продолжительность безморозного периода 163 дня.

Обследуемые поля находятся на южной половине ОПХ на расстоянии 1150 м на юг от магистрального канала вдоль восточной границы.

Отбор образцов почв проводился в осенний период, когда влияние орошения, применявшегося в течение прошедшего сезона, наиболее выражено.

Исследование почв проведено по следующим показателям:

- гранулометрический состав методом пипетки по Н. А. Качинскому [4];
- агрегатный состав по Н. И. Саввинову [4];

- рН водной вытяжки¹;
- состав водной вытяжки^{2, 3, 4, 5, 6};
- обменные формы кальция, магния⁷, натрия⁸;
- содержание питательных элементов (обменного калия и подвижного фосфора⁹, легкогидролизуемого азота¹⁰;
- содержание гумуса¹¹;
- групповой состав гумуса ускоренным методом М. М. Кононовой и Н. П. Бельчиковой [5].

Также проанализирована оросительная вода и определены такие физические показатели почв, как плотность ненарушенного сложения почвы методом кольца по Н. А. Качинскому, структурное состояние.

Лабораторный анализ почвенных образцов проводился в эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ». Оросительная вода оценена по общепринятой классификации [6].

Результаты анализов оросительной воды из магистрального канала и их оценка представлены в таблице 1. Поливная вода гидрокарбонатно-кальциевая. Поскольку обследуемые почвы обладают средним гранулометрическим составом и ППК составляет 15–30 ммоль (экв)/100 г почвы, оросительную воду с минерализацией от 0,348 до

¹ ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – Введ. 1986-01-01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 4 с.

² ГОСТ 26424-85. Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

³ ГОСТ 26425-85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

⁴ ГОСТ 26426-85. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

⁵ ГОСТ 26427-85. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

⁶ ГОСТ 26428-85. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

⁷ ГОСТ 26487-85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. – Введ. 1986-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

⁸ ГОСТ 26950-86. Метод определения обменного натрия. – Введ. 1987-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

⁹ ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – Введ. 1993-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

¹⁰ ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – Введ. 1987-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

¹¹ ГОСТ 26213-91. Методы определения органического вещества – Введ. 1993-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

0,366 г/дм³ можно отнести к I классу, которая не оказывает неблагоприятного влияния на плодородие почв, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур.

Таблица 1 – Оценка качества оросительной воды из магистрального канала (г. Энгельс), 2016 г.

№ пробы	Минерализация, г/дм ³	Оценка воды по степени опасности развития процессов			
		хлоридного засоления Cl ⁻	натриевого осолонцевания Ca ²⁺ /Na ⁺	магниевого осолонцевания Mg ²⁺ /Mg ²⁺ + Ca ²⁺	содообразования (CO ₃ ²⁻ + HCO ₃ ⁻) – (Ca ²⁺ + Mg ²⁺)
1	0,366	1,37	1,10	0,20	Опасность отсутствует
2	0,356	1,18	1,20	0,33	
3	0,361	1,18	1,10	0,32	
4	0,348	1,37	1,44	0,38	
I класс – хорошая вода	< 0,5	< 2	> 2	< 0,5	

При использовании для орошения такой воды отсутствует опасность хлоридного засоления. По опасности натриевого осолонцевания вода относится ко II классу. Отношение Ca/Na в среднем по каналу составляет 1,21, что указывает на то, что вода без предварительной мелиорации воды и почв может вызвать развитие процессов натриевого осолонцевания.

Опасность магниевого осолонцевания (Mg/Mg + Ca) отсутствует, так как это отношение составляет в среднем 0,3, а при хорошем качестве воды (I класс) оно должно быть меньше 0,5. Опасность содообразования также отсутствует. Расчеты, проведенные другими методами (по Антипову-Каратаеву, Можейко и Воротник, SAR), также свидетельствуют об отсутствии опасности орошения водой такого качества.

На землях ОПХ «ВолжНИИГиМ» возделываются зерновые, зернобобовые и кормовые культуры: озимая и яровая пшеница, ячмень, горох, соя, сахарная свекла, многолетние и однолетние травы, картофель, овощи. Много площадей осваивается под кормовые культуры.

Поливные нормы возделываемых культур представлены в таблице 2. Они колеблются в основном от 350 до 450 м³/га на пропашных культурах и до 500 м³/га на многолетних травах, что соответствует экологически допустимым нормам. Оросительные нормы доходили до 2500–3000 м³/га.

Таблица 2 – Поливная норма возделываемых культур и число поливов, 2016 г.

Культура	Поливная норма, м ³ /га	Число поливов	
		засушливый год	умеренно-засушливый год
Кукуруза на силос	350–500	3–5	2–3
Пшеница + люцерна	400–500	5–6	4–5
Люцерна 1 укоса	400–500	5–6	4–5
Люцерна	400–500	5–6	4–5
Яровая пшеница	350–450	2–3	1–2
Озимая пшеница	350–450	2–3	1–2

Внесение минеральных удобрений (N, P, K) до 2005 года составляло до 500 кг д. в./га, с 2006 года снижено до 140–150 кг д. в./га, что связано с их дороговизной. Питательные элементы восполняются последние годы внесением навоза.

Результаты и обсуждения. Результаты исследования по водно-физическим свойствам темно-каштановых почв представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Водно-физические свойства темно-каштановых почв длительно орошаемых, ОПХ «ВолжНИИГиМ», (n = 5), 2016 г.

Слой, см	Физическая глина, %	Структурное состояние		Илистая фракция < 0,001, %	Плотность сложения почвы, т/м ³
		агрегаты 0,25–10 мм при сухом просеивании, %	водопрочные агрегаты – > 0,25 мм, %		
0–20	52,1	67,5	32,2	36,8	1,41
20–40	48,8	Не определялось	Не определялось	35,0	1,36
40–60	47,5	Не определялось	Не определялось	35,6	1,30
0–40	50,5	Не определялось	Не определялось	35,9	1,38
Без орошения	44,3	99,1	52,8	32,6	1,29
ОП	–	70–85	50–60	–	1,0–1,25

По гранулометрическому составу изучаемые почвы представлены в 0–20 см слое глиной средней (Г_{ср.}), в слое 20–40 см – глиной легкой (Г_{л.}), в целом в 0–40 см слое – глиной средней.

На участке без орошения физическая глина составляет 44,3 % и почвы относятся к глинам легким, то есть при орошении происходит некоторое утяжеление почв за счет увеличения илистой фракции, которая возросла по сравнению с участками без орошения на 12 %. При сухом просеивании в условиях орошения структурное состояние оценивается как хорошее, а без орошения – отличное. Однако водопрочность агрегатов находится в разных категориях – при длительном орошении – удовлетворительная, а без орошения – хорошая. Эти данные свидетельствуют о том, что орошение, даже пресной водой, способствовало диспергации (распылению) почвенной массы с последующим ее уплотнением. Плотность сложения почв на орошаемом участке в 0–40 см слое почвы на 7 % выше, чем на участках без орошения. В то же время процесс переуплотнения характерен как для орошаемых, так и для неорошаемых почв. Это показывает сравнительный анализ данных с оптимальными параметрами (ОП).

Определение агрегатного состава почв показало неудовлетворительное состояние структуры и удовлетворительную водопрочность агрегатов как на орошаемых, так и на неорошаемых участках.

Темно-каштановые почвы незасолены, видимо, благодаря использованию для орошения вод хорошего качества (гидрокарбонатно-кальциевые). HCO_3^- в водной вытяжке по всему метровому слою не превышало Ca^{2+} , поэтому изучаемые почвы нещелочные (таблица 4).

Таблица 4 – Физико-химические свойства темно-каштановых почв длительно орошаемых, ОПХ «ВолжНИИГиМ», (n = 5), 2016 г.

Слой, см	Сумма солей, %	Щелочность		Σ ППК, ммоль (экв)/100 г	% от Σ ППК			CO_2 карбонатов, %
		pH водной суспензии	$\text{HCO}_3^- - \text{Ca} + \text{Na} + \text{Mg}$, ммоль (экв)/100 г		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0–20	0,093	7,83	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	24,59	75	22	3	0,16
20–40	0,095	7,98	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	24,36	76	20	4	0,17
40–60	0,129	7,75	0,04	21,82	79	18	3	0,21
60–80	0,122	7,67	0,04	19,08	76	21	3	7,45

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
80–100	0,103	8,18	0,16	17,71	74	20	6	8,03
0–40	0,094	7,91	Ca > HCO ₃	24,48	75	21	3	0,17
Без орошения	0,106	7,74	0,08	26,93	85	13	2	2,00
ОП	< 0,1	< 7,5	< 0,7	–	> 80	< 20	< 3	–
ПДП	0,1–0,15	7,5–8,0	0,7–1,0	–	80–75	20–15	3,5	–

Определение pH водной суспензии указывает на слабую щелочность по всему почвенному профилю, что связано с присутствием солонцеватости почв, обусловленной при орошении наличием обменного натрия около 3 % и обменного магния более 20 %, что уже соответствует предельно допустимым параметрам (ПДП) для этих почв. Поэтому в этих почвах происходит и сильное снижение обменного кальция, в 0–40 см слое его количество составляет всего 75 %, что указывает на развитие процесса декальцинирования и выщелачивания. Наличие последнего доказывается уменьшением суммы солей в 0–40 см слое на 12 % и карбонатов почти в 12 раз по сравнению с участками без орошения.

Результаты определения гумусного состояния представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Общее содержание и групповой состав гумуса в темно-каштановых длительно орошаемых почвах, ОПХ «ВолжНИИГиМ», (n = 5), 2016 г.

Слой, см	Гумус, %	С _{общ.} , %	ГК	ФК	С _{остатка почвы}	С _{Г.К.} / С _{Ф.К.}	Тип гумуса
			% к С _{общ.}				
0–20	3,02	1,93	33,01	10,91	56,08	3,03	Гуматный
20–40	2,76	1,66	31,51	10,59	57,90	2,98	Гуматный
0–40	2,89	1,80	32,26	10,75	56,99	3,00	Гуматный
Без орошения	2,38	1,38	36,02	17,46	46,52	2,06	Гуматный
ОП	> 2,5	–	–	–	–	> 1,5	Г–Ф
ПДП	2,5–2,2	–	–	–	–	1,5–1,0	–

Представленные данные свидетельствуют о том, что внесение навоза, на протяжении трех ротаций шестипольного зерно-кормового севооборота, среднегодовой дозой 10 т/га и орошение способствовали устойчивому повышению гумуса по сравнению с неорошаемыми участками на 22 %. На участках без орошения навоз вносился такой же дозой, но поливы способствовали развитию растений и формированию пожнивно-корневых остатков в большей степени, поэтому количество гумуса на орошаемом участке было гораздо выше. Применение энергосберегающих технологий орошения также способствовало развитию процессов гумификации [7]. В результате этого на орошаемых участках гумус приобретал свойства гуматного.

Высокая культура земледелия, когда вносилось до 500 кг д. в./га минеральных удобрений и до 40 т/га навоза (раз в три года), способствовала не только накоплению гумуса, но и увеличению обеспеченности темно-каштановых почв элементами питания по сравнению с неорошаемыми участками (таблица 6).

Таблица 6 – Обеспеченность темно-каштановых длительно орошаемых почв элементами питания, ОПХ «ВолжНИИГиМ», (n = 5), 2016 г.

Слой, см	Подвижный фосфор	Легкогидролизующий азот	Обменный калий
	мг/кг		
1	2	3	4
0–20	55,48	33,9	371
20–40	52,42	30,9	356
0–40	53,95	32,4	364

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4
Без орошения 0–40	34,62	25,3	296
ОП	> 40	Нет данных	> 400
ПДП	40–36	Нет данных	400–350

Увеличение подвижного фосфора составило 56 %, легкогидролизуемого азота – 28 %, обменного калия – 23 %. По обеспеченности подвижным фосфором орошаемые почвы для зерновых и кормовых культур являлись высокообеспеченными, легкогидролизуемым азотом, соответственно, высоко- и среднеобеспеченными, а по обменному калию – высокообеспеченными. На неорошаемых участках обеспеченность элементами питания средняя, низкая и повышенная.

Выводы.

Процесс агроистощения в длительно орошаемых темно-каштановых почвах при соблюдении высокой культуры земледелия отсутствует.

Наблюдается развитие процесса гумификации, который способствует не только накоплению гумуса, но и сохранению его гуматного состава.

Однако и при таком освоении земель, когда почвы орошаются водой благоприятного состава и вносятся в достаточном количестве минеральные и органические удобрения, проявляются негативные почвенные процессы. К ним следует отнести переуплотнение, тенденцию к развитию магниевой и натриевой солонцеватости и выщелачивание, подтверждаемое уменьшением в верхнем 0–40 см слое карбонатов и обменного кальция, содержание которого составляет 75 % от Σ ППК (на уровне ПДП), в то время как на участке без орошения его количество соответствует ОП (85 % от Σ ППК).

Список использованных источников

1 Пронько, Н. А. Изменение плодородия почв Поволжья в процессе длительного использования и научные основы его регулирования / Н. А. Пронько, Л. Г. Романова, А. С. Фалькович. – Саратов: Изд-во Саратовский ГАУ, 2005. – 220 с.

2 Пронько, Н. А. Особенности дегумификации орошаемых темно-каштановых почв Саратовского Заволжья / Н. А. Пронько, В. В. Корсак, Т. В. Корнева // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2009. – № 10. – С. 42–46.

3 Пронько, Н. А. Орошение в Поволжье: не повторять ошибок / Н. А. Пронько, В. В. Корсак, А. С. Фалькович // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 4. – С. 16–19.

4 Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

5 Пономарева, В. В. Гумус и почвообразование / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. – Л.: Наука, 1980. – 222 с.

6 Безднина, С. Я. Экологические основы водопользования / С. Я. Безднина. – М.: ВНИИА, 2005. – 224 с.

7 Шадских, В. А. Агроэкологические основы энергосберегающих технологий в орошаемом земледелии / В. А. Шадских, Б. П. Барцев, Н. П. Молчанова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – № 4. – С. 20–22.

УДК 631.432.3

А. Н. Салугин

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Восстановление водоудерживающей способности почв легкого гранулометрического состава осуществлялось по полуэмпирическим аналитическим связям матричного потенциала с влажностью и влагопроводностью. Гидрофизические константы и функция влагопроводности использовались для получения основной гидрофизической характеристики (ОГХ) почв лизиметров в режиме ненасыщенного содержания влаги.

Ключевые слова: гидрофизические функции, гранулометрический состав, основная гидрофизическая характеристика, влагопроводность, педотрансферные функции.

A. N. Salugin

Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

RECOVERY OF HYDROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF SOILS BY MATHEMATICAL MODELING

Restoration of the soil water-retaining capacity of light granulometric composition was carried out by semi-empirical analytical relationships of matrix potential with moisture and moisture conductivity. Hydrophysical constants and the moisture conductivity function were used to obtain the basic hydrophysical characteristics (BHC) of lysimeters soils in the regime of unsaturated moisture content.

Key words: hydrophysical functions, granulometric composition, basic hydrophysical characteristics, moisture conductivity, pedotransfer functions.

Гидрофизические характеристики почв являются параметрами, входящими в математические модели тепло-влагопереноса в пористых средах с различными водными режимами. При этом часто требуется оценивать и прогнозировать запасы воды в зоне аэрации и ее передвижение к грунтовым водам. Существующие в настоящее время методы изучения гидрофизических характеристик весьма разнообразны как с точки зрения эксперимента, так и теоретической [1]. Сложность процессов, протекающих при перемещении влаги в зоне аэрации и за ее пределами, определяется в первую очередь неоднородностью почвенной среды. Как правило, это гетерогенная система с достаточно широким спектром распределения частиц по размерам (от 2000 до 0,1 мкм). Теоретическое описание движения воды и тепла в пористых системах в настоящее время достаточно с точки зрения понимания, что происходит с водой, когда она перемещается по капиллярным каналам, встречая дополнительное сопротивление «сжатого воздуха», «прилипают» на молекулярном уровне к твердой поверхности, испытывает силы капиллярного давления, гравитации и т. д. и т. п. [1–3]. Вместе с тем, несмотря на это, простому обывателю, использующему почву в своих целях, часто недостижимо применение существующих теоретических положений на практике. Поэтому сейчас злободневным становится вопрос о прагматике этих концепций: каким образом уравнение Ричардса или уравнение Дарси применить к расчету и прогнозу водного баланса некоторой территории [1, 4]?

Водный потенциал почвы является параметром, описывающим большое количество гидравлических процессов (впитывание, продвижение в зоне аэрации, поглощение

воды растением, испарение, инфильтрация и т. д.). Данные о потенциале почвы и соответствующее им содержание влаги (влажности) образуют основную гидрофизическую характеристику (ОГХ) в виде кривой удержания. Экспериментальное определение ОГХ как диаграммы состояний почвенной влаги в зоне аэрации возможно лишь с применением принципиально различных по физической природе методов, требующих значительных затрат и времени. Все это приводит к необходимости получения гидрофизических характеристик почв на основе их физико-механических параметров с использованием математического моделирования.

В общем анализе для расчета потока влаги используется уравнение Ричардса (1) с кривой фильтрации $K(\theta)$ (функция влагопроводности) [1, 2]:

$$\frac{\partial \theta(h)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\theta) \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right], \quad (1)$$

где h – высота всасывающего давления;

t – время;

z – пространственная координата;

K – коэффициент фильтрации в ненасыщенной зоне аэрации.

Знание кривой ОГХ необходимо при расчете транспирации воды растениями по полевой влажности и точке завядания [3–6]. Транспирация, как составляющая водного баланса, важна при оценке необходимой влаги в ходе формирования водных запасов, существенно зависящих от гидрофизических свойств почв. Определению величины водного потенциала посвящено много исследований, поэтому не будем детально описывать методику, а отметим лишь то, что диапазон измерений весьма широк (от 0 до 100000 кПа). Работы Смагина, Шеина, Ван-Генухтена и др. в последние десятилетия создали исключительный прорыв в этом направлении [3, 6–7]. Основываясь на понятии водоудерживающей способности почвы – основной гидрофизической характеристике $\theta(h)$ и функции влагопроводности $K(\theta)$, эти авторы в полуэмпирическом контексте разработали и внедрили в практику методы их расчета по параметрам, имеющим чисто физическое происхождение: пористость, плотность, наименьшая влагоемкость, распределение почвенных частиц по размерам, максимальная гигроскопичность и т. д.

Измерения основной гидрофизической характеристики можно заменить расчетным полуэмпирическим моделированием. Такой процесс называют «восстановлением» ОГХ [3]. Поскольку зависимости влагопроводности и влажности почв от матричного потенциала позволяют разрабатывать модели вертикального движения влаги в ненасыщенных почвах аридной зоны, их восстановление имеет определенный интерес с точки зрения формирования водного баланса на агроландшафтах с орошаемыми землями. Эта задача решалась в нашей работе с помощью программы RETC 6.02 с использованием данных по гранулометрическому составу в формате ФАО.

Педотрансферные функции (ПТФ) связывают параметры водоудержания с некоторыми физическими свойствами почв предикторами [5]. На базе данных UNSODA (Unsaturated Soil Data) и физических («текстурных») свойств произведен достаточно подробный анализ различных сочетаний ПТФ для восстановления ОГХ [8]. Способы получения ОГХ различны и их условно можно разбить на три группы: регрессионный анализ, параметрические в виде полуимперических моделей с некоторым вектором почвенных предикторов и искусственные нейронные сети.

Связь гранулометрического состава с гидрофизическими характеристиками, установленная в общей теории влагопроводности почв [1–4], в нашей работе определялась в замкнутой аналитической форме в виде функции Ван-Генухтена (2), (3) [7]. Далее описаны результаты исследований влагопроводности почв лизиметров от приведенной влажности:

$$S_e = \frac{\theta - \theta_{\text{ост}}}{\theta_{\text{нас}} - \theta_{\text{ост}}},$$

где θ – объемная влажность при заданном потенциале (давлении);

$\theta_{\text{ост}}$ – остаточная влажность;

$\theta_{\text{нас}}$ – полевая влажность с использованием модели Ван-Генухтена.

$$K(S_e) = K_0 \cdot S_e^\lambda \left\{ 1 - \left[1 - S_e^{1/m} \right]^m \right\}^2, \quad (2)$$

где $K(S_e)$ – влагопроводность от приведенной влажности, отн. ед.;

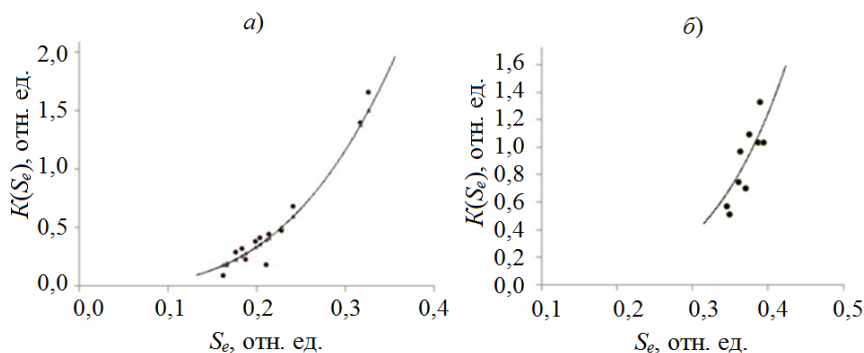
K_0 – коэффициент фильтрации в условии насыщения, см/сут;

λ – показатель, отражающий степень проникновения воздуха в зону аэрации;

m – эмпирический параметр.

Образцы почв двух типов: *sand* (песок) и *loam sand* (суглинистый песок) относятся к легким почвам, характерным для территории аридных зон юго-запада Европейской части России, речных долин Волго-Донского междуречья и др.

На рисунке 1 приведены графики, полученные для почв лизиметров с различным гранулометрическим составом почвенных фракций.



а) песок (*sand*) – лизиметр № 2; б) суглинистый песок (*loamy sand*) – лизиметр № 3

Рисунок 1 – Зависимость влагопроводности от приведенной влажности $K(S_e)$ для двух типов почв

На рисунке 1, а показана аппроксимация полученных данных для лизиметра № 2 аналитической формулой (2) с параметрами $K_0 = 40$ см/сут; $\lambda = 1,0$; $\theta_{\text{нас}} = 0,22$; $\theta_{\text{ост}} = 0,015$ и $n = 3,2$. На рисунке 1, б – аналогично для лизиметра № 3 с параметрами $K_0 = 23$ см/сут; $\lambda = 1,7$; $\theta_{\text{нас}} = 0,42$; $\theta_{\text{ост}} = 0,045$ и $n = 5,1$. Аппроксимация эмпирических данных проводилась методом наименьших квадратов в постановке нелинейной регрессии с минимизацией функционала суммы квадратов остатков. Результаты аппроксимации оценивались по R^2 , значения каждого заключались в интервале от 0,7 до 0,9.

Полученные параметры были использованы для восстановления ОГХ методом математического моделирования. В работе использована полуэмпирическая модель Дан-Генухтена:

$$\theta(h) = \theta_{\text{ост}} + \frac{\theta_{\text{нас}} - \theta_{\text{ост}}}{\left(1 + |\alpha h|^n \right)^m}, \quad m = 1 - \frac{1}{n}. \quad (3)$$

где $\theta(h)$ – влажность как функция почвенного потенциала h (см вод. ст.);

$\theta_{\text{ост}}$, $\theta_{\text{нас}}$ – остаточная влажность (влажность, при которой нет перемещения влаги) и влажность насыщения или полевая влажность;

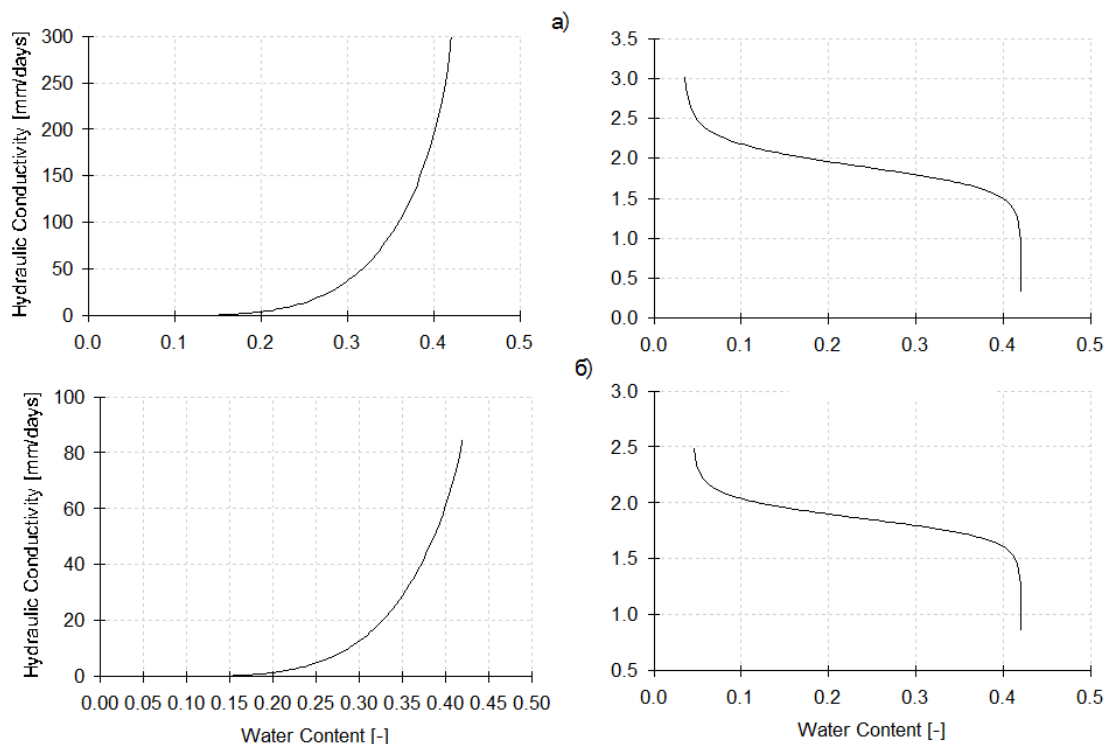
$\alpha(1/\text{см})$ – коэффициент входа воздуха, характеризующий степень занятости порового пространства воздухом;

n – эмпирический коэффициент, отражающий гранулометрический состав.

Эта формула получила в настоящее время широкое распространение в физике почв и агроэкологии. Она явилась базой для разработки компьютерных программ этого направления.

Авторами [7, 9] разработан пакет программ, позволяющий достаточно полно и адекватно изучать движение влаги в ненасыщенных почвах с учетом краевых и начальных условий, транспирации и испарения. Использование ПТФ в программе ROSETTA и базы данных UNSODA позволяет пакету RETC (Retention Curve) получать кривые водоудержания $\theta(h)$ и влагопроводности $K(\theta)$ для многих типов почв.

В нашей работе мы использовали программу RETC для получения кривых ОГХ двух типов почв (рисунок 2).



а) песок (sand); б) суглинистый песок (loamy sand)

Рисунок 2 – Восстановленные в программе RETC 6.2 кривые влагопроводности и ОГХ по модели Van Genuchten – Mualem с использованием гидрофизических параметров, полученных из экспериментальных данных по влагопроводности

Из рисунка 2 видно, что полученные в процессе восстановления кривые влагопроводности $K(\theta)$ и влагоудержания $\theta(h)$ для обоих типов почв качественно аналогичны. Количественное различие обусловлено изменением матричного потенциала при переходе от песка к суглинистому песку за счет увеличения высокодисперсной фракции в виде глины и пыли. Из этого следует, что данный метод применим для различных почв и имеет ценность для дальнейшего использования в расчетах водного баланса, определения условий устойчивости функционирования аридных агроландшафтов [10, 11] и т. д.

Выводы. Измерения основной гидрофизической характеристики в лабораторных условиях можно заменить расчетным полуэмпирическим моделированием или восстановлением ОГХ. Восстановленные в программе RETC 6.2 кривые влагопроводности и ОГХ по модели Van Genuchten – Mualem с использованием гидрофизических параметров, полученных из экспериментальных данных по влагопроводности $K(\theta)$, доказывают очевидное преимущество этого метода перед лабораторными измерениями водоудерживающей способности почв, что также стимулирует дальнейшее совершен-

ствование методологии изучения основных гидрофизических свойств почвы с помощью математического моделирования.

Список использованных источников

- 1 Глобус, А. М. Почвенно-гидравлическое обеспечение агроэкологических математических моделей / А. М. Глобус. – Л.: Гидрометиздат, 1987. – 427 с.
- 2 Качинский, Н. А. Физика почвы / Н. А. Качинский. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1979. – 357 с.
- 3 Воронин, А. Д. Энергетическая концепция физического состояния почв / А. Д. Воронин // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 7–19.
- 4 Смагин, А. В. Теория и практика конструирования почв / А. В. Смагин. – М.: Изд-во МГУ, 2012. – 544 с.
- 5 Панина, С. С. Экспериментальное изучение и моделирование передвижения влаги в почве при малонапорной и безнапорной инфильтрации: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.03 / Панина Софья Сергеевна. – М., 2015. – 17 с.
- 6 Шеин, Е. В. Гранулометрический состав почв: проблемы методов исследования, интерпретация результатов и классификаций / Е. В. Шеин // Почвоведение. – 2009. – № 3. – С. 309–317.
- 7 Van Genuchten, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils / M. Th. Van Genuchten // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1980. – V. 44. – pp. 892–898.
- 8 Зейлигер, А. М. Результаты сравнения педотрансферных функций и текстурной модели водоудерживания почв по базе данных UNSODA [Электронный ресурс] / А. М. Зейлигер, О. С. Ермолаева, Т. В. Кремлева. – Режим доступа: <http://pandia.ru/text/79/277/26573.php>, 2017.
- 9 Simunek J., van Genuchten M. Th., M. Sejna. Development and Applications of the HYDRUS and STANMOD Software Packages and Related Codes. Vadose Zone Journal. – 2007. – Vol. 7. – no. 2. – pp. 587–600.
- 9 Simunek, J. Development and Applications of the HYDRUS and STANMOD Software Packages and Related Codes / J. Simunek, M. Th. Van Genuchten, M. Sejna // Vadose Zone Journal. – 2007. – Vol. 7. – no. 2. – pp. 587–600.
- 10 Кулик, К. Н. Марковские цепи дефляции почвенно-растительного покрова пастбищ Черных земель / К. Н. Кулик, А. Н. Салугин // Российская сельскохозяйственная наука. – 2003 – № 5. – С. 34–37.
- 11 Салугин, А. Н. Динамическое моделирование деградационных процессов в агроэкологии: дис. ... д-р с.-х. наук: 03.00.16 / Салугин Александр Николаевич. – Волгоград, 2006. – 313 с.

УДК 631.432.4

А. П. Тищенко

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

ИЗМЕРЕНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ РЕЖИМАМИ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Целью исследований являлось измерение атмосферных осадков при оперативном управлении режимами орошения сельскохозяйственных культур. Атмосферные осадки являются основной составляющей приходной части водного баланса. Они измеряются с помощью осадкомеров Третьякова. Однако для оперативного управления режимами орошения в хозяйствах этот прибор имеет существенные недостатки. Вследствие неравномерности выпадения осадков по площади необходимо иметь один

осадкомер на 500–600 га, то есть на каждом севообороте. Если же осадкомер установлен на сельскохозяйственном севообороте вдали от населенного пункта, измерения проводятся один раз в сутки. Поэтому осадки, выпавшие после срока наблюдения, остаются в осадкомерном ведре до следующего срока наблюдений. За это время в летние жаркие дни из осадкомерного ведра осадки могут испариться. Поэтому была разработана конструкция и изготовлено несколько опытных образцов суммарных дождемеров. В дождемере, независимо от периода между сроками наблюдений, потеря осадков на испарение практически исключена.

Ключевые слова: осадки, суммарное испарение, суммарный дождемер, осадкомер Третьякова, водный баланс.

A. P. Tishchenko

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

MEASUREMENT OF PRECIPITATION IN OPERATIONAL MANAGEMENT OF IRRIGATION PRACTICES OF AGRICULTURAL CROPS

The aim of the research was to measure atmospheric precipitation in the operational management of irrigation regimes of crops. Atmospheric precipitation is the main component of the water budget input. It is measured with the help of the Tretyakov precipitation chambers. However, for the operational management of irrigation regimes on farms, this device has significant drawbacks. Due to the non-uniformity of precipitation over the area, it is necessary to have one precipitation gauge per 500–600 hectares, that is, per each crop rotation. If the precipitation gauge is installed on an agricultural rotation far from communities, the measurements are carried out once a day. Therefore, the precipitations after the observation period remain in the precipitation-measuring bucket until the next observation period. Precipitation can evaporate from the precipitation bucket in the hot summer days during this time. Therefore, a design was developed and several prototypes of totalizer rain gauges were manufactured. The loss of precipitation for evaporation is practically eliminated in the rain gauge, irrespective of the period between observation periods.

Key words: precipitation, total evaporation, totalizer rain gauge, Tretyakov precipitation gauge, water balance.

Наиболее распространенным измерительным прибором для определения количества осадков является осадкомер Третьякова О-1 (рисунок 1) [1–3].

Прибор состоит из двух сменных ведер, одной крышки к ведру, тагана для установки ведра, планочной защиты и измерительного стакана.

Приемная площадь ведра равна 200 см², его высота 40 см. Для предотвращения выдувания и испарения осадков в нижней половине ведра 3 впаина конусовидная диафрагма 2, отверстие которой в летнее время закрывается воронкой 1. Для слива осадков из ведра под диафрагмой служит отверстие с носиком 5 и колпачком 4.

Защита осадкомера Третьякова состоит из 16 изогнутых трапециевидных планок 6, скрепленных своими верхними и нижними основаниями на специальных кольцах. Такое крепление позволяет планкам колебаться от порывов ветра, стряхивая при этом попавший на них снег.

Измерительный стакан осадкомера служит для измерения осадков, попавших в ведро осадкомера. Его шкала имеет 100 делений. Цена деления 2 см³, что при площади приемного отверстия 200 см² соответствует 0,1 мм осадков ($2 \text{ см}^3 / 200 \text{ см}^2 = 0,01 \text{ см}$).

Сумму осадков за сутки вычисляют как сумму результатов измерений за два срока.

При измерении количества осадков с помощью осадкомера возникает погрешность. Поэтому к результатам измерений вводят поправки:

- жидкие осадки до 0,5 деления – поправка (плюс 0,1 мм);
- жидкие осадки 0,5 деления и более – поправка (плюс 0,2 мм);

- твердые осадки до 0,5 деления – поправка 0,0 мм;
- твердые осадки 0,5 деления и более – поправка (плюс 0,1 мм).

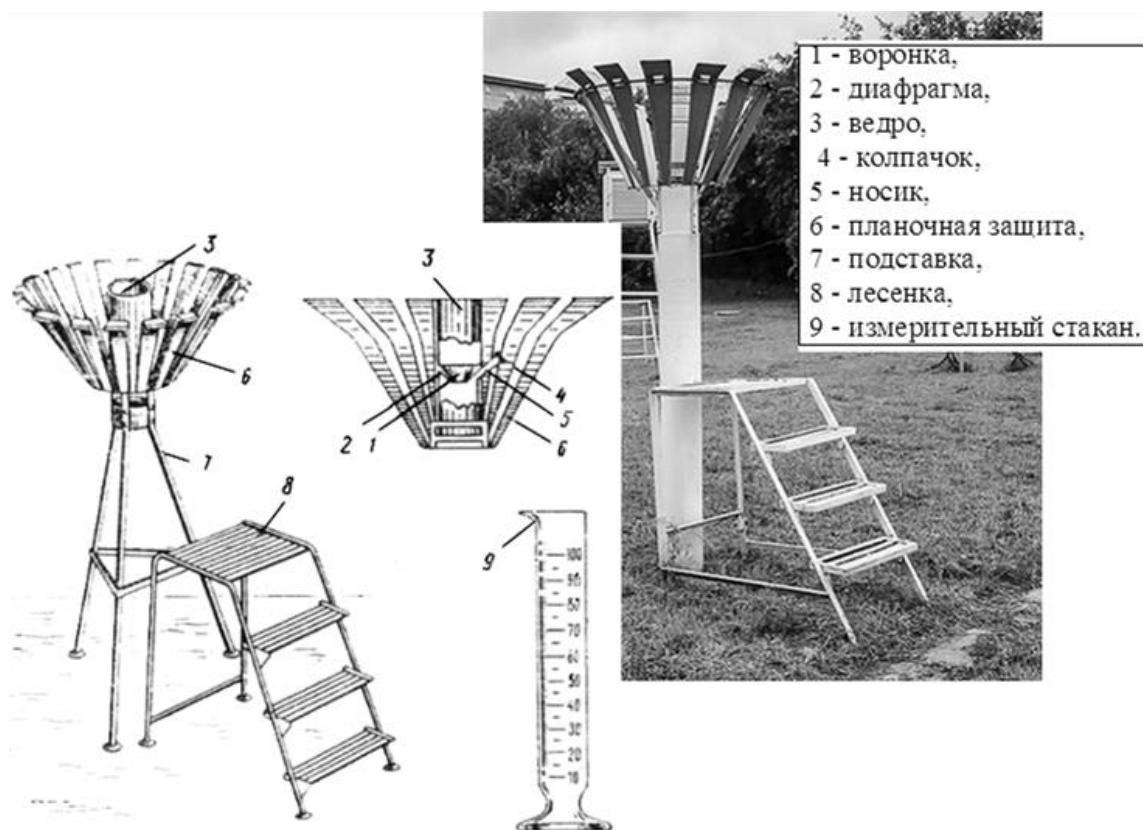


Рисунок 1 – Осадкомер Третьякова О-1

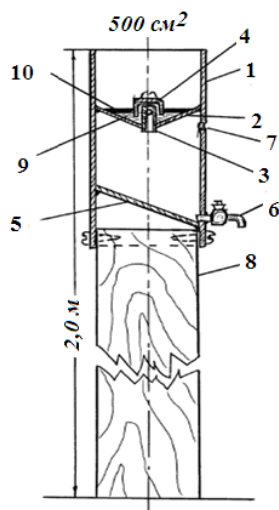
Прибор прост в обслуживании и имеет низкую стоимость. Однако для оперативного управления режимами орошения в хозяйствах этот прибор имеет существенные недостатки. По инструкции, при наблюдении по осадкомеру в полевых условиях осадки измеряются сразу же после прекращения дождя (на метеостанциях два раза в сутки в сроки наблюдений ближайшие к 8.00 и 20.00 часам поясного декретного (зимнего) времени). Следовательно, измерение осадков проводится столько раз, сколько начинался и заканчивался дождь в течение данных суток, и потери осадков из осадкомерного ведра практически находятся в пределах точности измерений. Если же осадкомер установлен на сельскохозяйственном севообороте, вдали от населенного пункта, измерения проводятся один раз в сутки. Поэтому осадки, выпавшие после срока наблюдения, остаются в осадкомерном ведре до следующего срока наблюдений, т. е. в течение целых суток. За это время в летние жаркие дни из осадкомерного ведра могут испариться осадки величиной до 5–7 мм. Это происходит вследствие нагревания металла, из которого сделано осадкомерное ведро, даже при наличии защитной воронки.

Для исключения испарения осадков из осадкомерного ведра за период между наблюдениями была разработана конструкция и изготовлено несколько опытных образцов суммарных дождемеров [4].

В этом дождемере, независимо от периода между сроками наблюдений, потеря осадков на испарение практически исключена.

На рисунке 2 приведена схема устройства суммарного дождемера. Корпус прибора изготавливается из оцинкованной стали толщиной 0,5 мм. Детали дождемера соединяются между собой посредством пайки, электро- и автогенная сварка при этом недопустимы. Приемная площадь 500 см², высота верхнего среза над землей 200 см. На расстоянии 20 см от верхнего среза внутри корпуса 1 припаян конус 2, к которому в цен-

тре припаяна сливная трубка 3, в верхней части которой через вертикальное отверстие просверлено горизонтальное отверстие. К верхней части сливной трубки привинчен колпачок 4. В нижней части корпуса припаяно наклонное дно, к нижнему наклонному краю которого прикреплен пробковый кран 6 для слива осадков. Чтобы в корпусе дождемера не создавалась воздушная подушка, в верхней части под конусом имеется отверстие 7 диаметром 3 мм. Дождемер в сборе крепится винтами на деревянном столбе 8 или же на металлической треноге.



- 1 – корпус; 2 – конус; 3 – сливная трубка; 4 – колпачок;
5 – наклонное дно; 6 – кран; 7 – отверстие; 8 – столб;
9 – мертвый запас воды; 10 – веретенное масло

Рисунок 2 – Суммарный дождемер

Работает прибор следующим образом. После установки в приемную часть вливается около 0,5 л воды, затем поверх нее наливается веретенное или трансмиссионное масло объемом 0,2 л, после этого открывается кран 6, через который уйдет лишняя вода. В корпусе останется мертвый запас воды, покрытый слоем масла 10.

При выпадении осадков последние, проходя через слой масла и под срез колпачка 4, далее через горизонтальное отверстие в сливной трубке 3, будут поступать внутрь дождемера. При этом масло с осадками внутрь корпуса попадать не будет, измерение осадков проводится путем их слива через кран 6 в мерный сосуд. Измеряются осадки в см³ с последующим делением на 5, результат получается в м³/га.

Расчет количества выпавших осадков выполняется по формуле:

$$X = \frac{V}{5}, \quad (1)$$

где X – объем выпавших осадков, м³/га;

V – объем осадков в мерном сосуде, см³.

При расчетах влагозапасов в почве, измеренных термостатно-весовым методом, осадки 5,0 мм (50 м³/га) в расчет не вводятся ввиду их малой величины и считаются неэффективными [5, 6].

Однако, для наглядности в приведенной ниже таблице показана роль осадков, зафиксированных на ленте самописца гидравлического балансомера, выпавших утром 30 июня величиной 1 мм (10 м³/га), то есть, что выпало в виде осадков, то и испарилось. Расход влаги из почвы равнялся нулю. Но, если проследить динамику суммарного испарения (таблица 1), можно увидеть, что величины суммарного испарения 26 и 29 июня (перед дождем) составили 60 и 65 м³/га, а 1 и 2 июля (после дождя) – 70 и 65 м³/га. При отсутствии осадков 30 июня суммарное испарение в этот день составило бы тоже 65–70 м³/га.

На рисунке 3 для наглядности воспроизведена запись величин суммарного испарения и осадков на ленте самописца гидравлического почвенного балансомера за период 28 июня – 2 июля.

Таблица 1 – Водный баланс кукурузного поля за период с 27 июня по 2 июля (КСП им. М. И. Калинина Первомайского района, Крым)

Дата	Приход, м ³ /га		Расход, м ³ /га	Активные влагозапасы, оставшиеся на поле на конец дня, м ³ /га ($\Delta AB = AB_{исх} + M + X - E$)
	Поливы (М)	Осадки (Х)	Суммарное испарение (Е)	
27.06	—	—	—	375
28.06	—	—	60	315
29.06	—	—	65	250
30.06	—	10	10	250
01.07	—	—	70	180
02.07	—	—	65	115

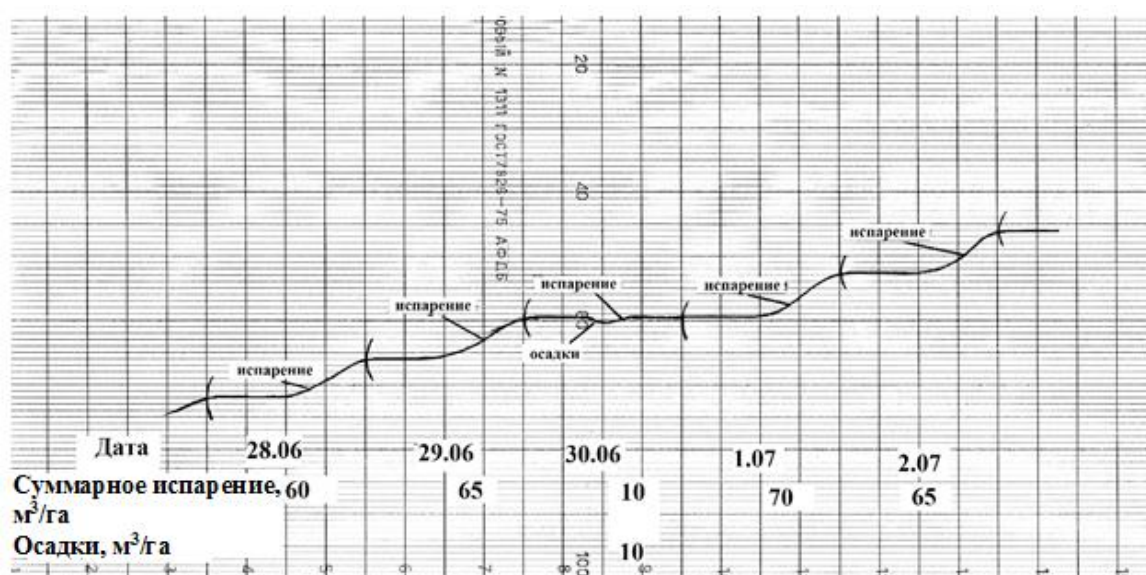


Рисунок 3 – Лента с записью суммарного испарения и осадков, измеренных гидравлическим почвенным балансом с 28 июня по 2 июля. Поле 1, кукуруза, КСП им. Калинина Первомайского района, Крым

Таким образом, хотя выпавшие осадки и были ничтожно малы по величине (10 м³/га) и, скорее всего, остались на растениях, не достигнув поверхности земли, они, безусловно, во влагообмене в почве никакого участия не приняли, но увлажнили воздух и свели расход влаги на суммарное испарение к нулю, то есть при небольшом приходе влаги в виде осадков расход влаги на суммарное испарение уменьшился в 6,5–7 раз.

Кроме того, во время суховея, который губительно воздействует на урожай, выпавшие осадки даже в несколько миллиметров, значительно снижают отрицательное влияние суховея на урожай, срывая транспирационную напряженность на сельскохозяйственной культуре.

Выводы.

1 Для оперативного управления режимами орошения в хозяйствах осадкомер Третьякова имеет существенные недостатки.

2 Для исключения испарения осадков из осадкомерного ведра за период между наблюдениями была разработана конструкция и изготовлено несколько опытных образцов суммарных дождемеров. В этом дождемере, независимо от периода между сроками наблюдений, потеря осадков на испарение практически исключена.

Список использованных источников

1 Справочник по гидрометеорологическим приборам. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 372 с.

2 Чеботарев, А. И. Гидрологический словарь / А. И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 539 с.

3 Стернзат, М. С. Метеорологические приборы и измерения / М. С. Стернзат. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 392 с.

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

5 Константинов, А. Р. Испарение в природе / А. Р. Константинов. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 614 с.

6 Льгов, Г. К. Орошаемое земледелие / Г. К. Льгов. – М.: Колос, 1979. – 189 с.

УДК 631.674.6

А. С. Штанько, В. Н. Шкура

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

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЛОКАЛЬНЫХ КОНТУРОВ КАПЕЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВЫ

Целью исследования являлось определение геометрических параметров контуров увлажнения, формирующихся в почвенном пространстве при капельном поливе. В известных предложениях и рекомендациях по исследуемому направлению рассматриваются только часть факторов влияния на процесс формирования локального контура увлажнения, а применимость предлагаемых зависимостей определяется условиями проведения экспериментальных исследований. Указанное обстоятельство побуждает к поиску новых решений и подходов. В результате исследований, путем камеральной обработки экспериментальных данных, получены зависимости для определения глубины и диаметра контура увлажнения, а также внутриконтурных линий влажности, учитывающие почвенные, влажностные и технологические параметры капельного орошения. Проведенная апробация полученных зависимостей свидетельствует об их приемлемости для практических расчетов при определенных почвенных, влажностных и технологических условиях капельного полива.

Ключевые слова: капельное орошение, контур увлажнения, условия формирования, глубина, диаметр, внутриконтурная линия влажности, многофакторная расчетная зависимость.

A. S. Shtanko, V. N. Shkura

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

THE GEOMETRICAL PARAMETERS OF THE LOCAL SOIL MOISTURE CONTOURS UNDER DRIP IRRIGATION

The aim of the study was to determine the geometrical parameters of the moistening contours formed in the soil space by drip irrigation. Only some factors influencing the process of local moistening contour formation are considered in the known proposals and recommendations in the area of research, and the applicability of the present dependencies is determined by the conditions of experimental studies. The given circumstance motivates the search for new solutions and approaches. The dependences to determine the depth and diameter of the moistening contour, as well as the inner contour moistening lines considering soil, humidity and technological parameters of drip irrigation obtained in the result of studies by cameral treatment of experimental data were received. The evaluation of the received de-

pendences shows their acceptability for practical calculations under certain soil, moistening, and technological conditions of drip irrigation.

Key words: drip irrigation, moistening contour, formation conditions, depth, diameter, inner contour moistening line, multi-factor calculation dependence.

Одним из основных вопросов проектирования и эффективного использования систем капельного орошения является определение геометрических параметров контуров увлажнения, формирующихся в почвенном пространстве при капельном поливе. В разной степени и для различных условий проведения поливов решение задачи по определению глубины $h_{\text{кон}}$ и диаметра $d_{\text{кон}}$ локальных контуров увлажнения, а также заглубленности и диаметра внутриконтурных линий (изоплет) влажности ($h_{\text{из/п}}$ и $d_{\text{из/п}}$) уделено внимание в теоретических работах Б. Б. Шумакова, А. А. Алексашенко, Н. И. Вдовина [1], А. И. Голованова, Е. В. Кузнецова [2] и др. Известны экспериментальные зависимости, предложенные А. С. Овчинниковым, В. С. Бочарниковым, М. П. Мещеряковым [3], В. Н. Шкурой, Д. Л. Обумаховым, А. Н. Рыжаковым [4], А. Д. Ахмедовым, Е. Ю. Галиуллиной [5] и другими специалистами.

В известных предложениях и рекомендациях рассматривается только часть факторов влияния, а их применимость определяется условиями проведения экспериментальных исследований. Указанное обстоятельство побуждает к поиску новых решений и подходов, часть из которых освещается в настоящей статье. Предлагаемые расчетные зависимости базируются на опытных данных экспериментальных исследований локальных контуров капельного увлажнения тяжелосуглинистых черноземов, характеризуемых содержанием глинистых частиц $W_{\text{г/ч}} = 50 \pm 5$ % массы сухой почвы (% МСП), средней скоростью впитывания воды в почву за первый час полива $V_{\text{вп/1ч}} = 15 \pm 1,8$ см/ч и плотностью сложения $\gamma_{\text{об}} = 1,3 \pm 0,05$ г/см³ при поливе яблоневых растений капельницами с расходами $q_{\text{кап}} = 3$ л/ч и $q_{\text{кап}} = 6$ л/ч и поливными нормами $N_{\text{п}} = 30 \div 60$ л.

В общем случае геометрические размеры локальных контуров увлажнения, формирующихся в почвогрунтовой толще, зависят от почвенных $\Pi_{\text{п}}$, влажностных $\Pi_{\text{в}}$ и технологических $\Pi_{\text{т}}$ параметров. В качестве основных почвенных характеристик предлагается рассматривать содержание в почве физической глины $W_{\text{г/ч}}$, % МСП, и среднюю скорость впитывания воды в почву за первый час полива $V_{\text{вп/1ч}}$, см/ч. Влажностные характеристики почвы определяются средней дополивной влажностью почвы в зоне увлажнения $\beta_{\text{д/п}}$, % от наименьшей влагоемкости почвы (% НВ), влажностью почвы на границах контура увлажнения $\beta_{\text{гр}}$, % НВ, и влажностью определенной внутриконтурной линии одинаковой влажности (изоплеты) $\beta_{\text{из/п}}$, % НВ. Комплекс технологических параметров определяют поливная норма $N_{\text{п}} = q_{\text{кап}} \cdot t_{\text{кап}}$, л, и интенсивность капания $J_{\text{кап}} = q_{\text{кап}} / t_{\text{кап}}$, л/ч², где $q_{\text{кап}}$ – расход капельницы, л/ч; $t_{\text{кап}}$ – продолжительность капания, ч.

В процессе камеральной обработки экспериментальных данных получены зависимости для установления глубины $h_{\text{кон}}$ и диаметра $d_{\text{кон}}$ контура увлажнения. Глубину контура увлажнения предлагается определять по зависимости вида:

$$h_{\text{кон}} = 0,376 \cdot (\Pi_{\text{т}/h_{\text{кон}}} + \Pi_{\text{в}/h_{\text{кон}}}) \cdot \Pi_{\text{п}/h_{\text{кон}}}, \text{ см}, \quad (1)$$

где $\Pi_{\text{т}/h_{\text{кон}}} = q_{\text{кап}}^{1,06-0,158 \cdot J_{\text{кап}}} \cdot t_{\text{кап}}^{1,03-0,075 \cdot J_{\text{кап}}}$ – параметр, определяющий влияние поливной нормы (расхода капельницы, продолжительности капельного полива и интенсивности капания) на глубину увлажнения почвы (контура увлажнения);

$\Pi_{\text{в}}/h_{\text{кон}} = 121/(\beta_{\text{гр}} - \beta_{\text{д/п}})^{0,333} \cdot (105/\beta_{\text{гр}})^{0,83+(0,143/J_{\text{кап}})^{0,26}}$ – параметр, определяющий влияние влажностных характеристик почвы на глубину локального контура увлажнения. Влажность оконтуривающей увлажняемую зону изоплеты принимаем равной $\beta_{\text{гр}} = 1,1 \cdot \beta_{\text{д/п}}$, % НВ;

$\Pi_{\text{п}}/h_{\text{кон}} = V_{\text{вп/лч}}^{0,55} / W_{\text{г/ч}}^{0,32}$ – параметр, определяющий влияние почвенных условий на глубину контура увлажнения.

Расчетная зависимость для нахождения диаметра $d_{\text{кон}}$ локальных контуров увлажнения при капельном орошении имеет вид:

$$d_{\text{кон}} = 0,664 \cdot (\Pi_{\text{т}}/d_{\text{кон}} + \Pi_{\text{в}}/d_{\text{кон}}) \cdot \Pi_{\text{п}}/d_{\text{кон}}, \text{ см} \quad (2)$$

где $\Pi_{\text{т}}/d_{\text{кон}} = q_{\text{кап}}^{1,03+0,07 \cdot J_{\text{кап}}} \cdot t_{\text{кап}}^{1,01+0,088 \cdot J_{\text{кап}}}$ – параметр, определяющий влияние режима капельного орошения на диаметр контура увлажнения;

$\Pi_{\text{в}}/d_{\text{кон}} = 121/(\beta_{\text{гр}} - \beta_{\text{д/п}})^{0,3} \cdot (105/\beta_{\text{гр}})^{3,15-(0,143/J_{\text{кап}})^{0,24}}$ – параметр, определяющий влияние влажностных характеристик почвы на диаметр контура увлажнения;

$\Pi_{\text{п}}/d_{\text{кон}} = W_{\text{г/ч}}^{0,32} / V_{\text{вп/лч}}^{0,55}$ – параметр, определяющий влияние почвенных характеристик почвы на диаметр контура увлажнения.

Полученные экспериментальные зависимости по установлению глубины и диаметра контуров увлажнения апробированы для условий формирования локальных контуров капельного увлажнения в темно-каштановой тяжелосуглинистой карбонатной почве со следующими показателями: $W_{\text{г/ч}} = 46,3$ % МСП, $\beta_{\text{д/п}} = 68$ % $\beta_{\text{НВ}}$, $V_{\text{вп/лч}} = 0,026$ дм/мин (15,6 см/ч) при капельном поливе нормой $N_{\text{п}} = 112$ л, выдаваемой капельницами с расходом $q_{\text{кап}}$, равным 2, 4 и 8 л/ч, зафиксированными М. К. Гаджиевым [6]. Результаты сопоставления расчетных и опытных (по М. К. Гаджиеву) значений глубины и диаметров локальных контуров капельного увлажнения почвы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сопоставления опытных значений $h_{\text{кон}}$ и $d_{\text{кон}}$ (по М. К. Гаджиеву) с расчетом по зависимостям (1) и (2)

Условия формирования локальных контуров увлажнения	Опытное значение параметра контура		Расчетное значение параметра контура		Относительное отклонение в значениях параметров	
	$h_{\text{кон}}, \text{ см}$	$d_{\text{кон}}, \text{ см}$	$h_{\text{кон}}, \text{ см}$	$d_{\text{кон}}, \text{ см}$	$\Delta h_{\text{кон}}, \%$	$\Delta d_{\text{кон}}, \%$
$q_{\text{кап}} = 2 \text{ л/ч}; t_{\text{кап}} = 56 \text{ ч};$ $J_{\text{кап}} = 2/56 = 0,0357 \text{ л/ч}^2$	131,3 (136,0; 131,0; 127,0)*	118,3 (124,0; 116,0; 115,0)*	132,5	121,3	–0,95	–2,52
$q_{\text{кап}} = 4 \text{ л/ч}; t_{\text{кап}} = 28 \text{ ч};$ $J_{\text{кап}} = 4/28 = 0,143 \text{ л/ч}^2$	121,7 (116,0; 125,0; 124,0)*	133,7 (128,0; 136,0; 137,0)*	121,3	133,4	0,30	0,26
$q_{\text{кап}} = 8 \text{ л/ч}; t_{\text{кап}} = 14 \text{ ч};$ $J_{\text{кап}} = 8/14 = 0,571 \text{ л/ч}^2$	102,0 (104,0; 108,0; 94,0)*	142,7 (138,0; 142,0; 148,0)*	103,6	152,4	–1,58	–6,80
Примечание – * – в скобках указаны значения параметров на повторностях, за скобками – среднее значение параметра.						

Сопоставление опытных значений геометрических параметров локальных контуров капельного увлажнения, зафиксированных М. К. Гаджиевым, и расчетных значений параметров контуров, полученных по предлагаемым зависимостям, показало отклонение в значениях параметров, которое составило от 0,26 до 6,80 %. Данное обстоятельство

свидетельствует о приемлемости предложенных зависимостей (1) и (2) для практических расчетов при определенных почвенных, влажностных и технологических условиях капельного полива.

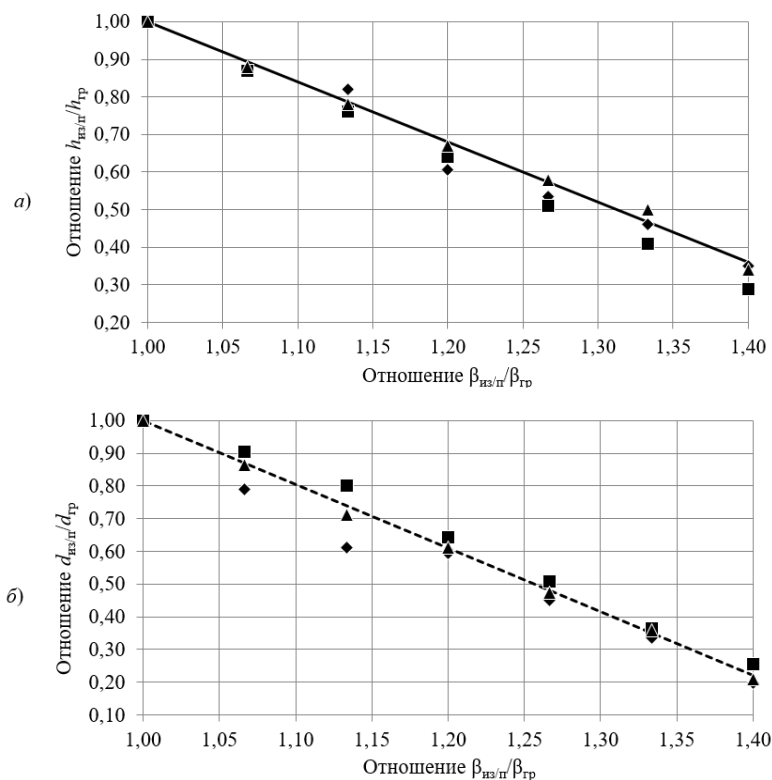
На последующем этапе определения геометрических характеристик контуров увлажнения выявляются линейные размеры внутриконтурных зон увлажнения, ограниченные определенными изоплетами (линиями влажности). Для установленных расчетом по предложенным зависимостям значений глубины $h_{\text{кон}}$ и диаметра $d_{\text{кон}}$ локального контура капельного увлажнения по его оконтуривающей поверхности находятся значения глубин $h_{\text{из/п}}$ и горизонтальных диаметров $d_{\text{из/п}}$, соответствующих определенному уровню влажности почвы $\beta_{\text{из/п}}$, с использованием ниже следующих экспериментальных зависимостей:

$$h_{\text{из/п}} = [1 - 1,60 \cdot (\beta_{\text{из/п}} / \beta_{\text{гр}} - 1)] \cdot h_{\text{кон}}, \text{ см}, \quad (3)$$

$$d_{\text{из/п}} = [1 - 1,95 \cdot (\beta_{\text{из/п}} / \beta_{\text{гр}} - 1)] \cdot d_{\text{кон}}, \text{ см}, \quad (4)$$

где значения $h_{\text{кон}}$ и $d_{\text{кон}}$ соответствуют $\beta_{\text{гр}} = 0,75\beta_{\text{нв}}$.

Графическая интерпретация соответствующих зависимостей (3) и (4) функциональных связей $h_{\text{из/п}}/h_{\text{кон}} = f(\beta_{\text{из/п}}/\beta_{\text{гр}})$ и $d_{\text{из/п}}/d_{\text{кон}} = f(\beta_{\text{из/п}}/\beta_{\text{гр}})$ в сопоставлении с данными М. К. Гаджиева приведена на рисунке 1.



а) график функциональной связи $h_{\text{из/п}}/h_{\text{кон}} = f(\beta_{\text{из/п}}/\beta_{\text{гр}})$;

б) график функциональной связи $d_{\text{из/п}}/d_{\text{кон}} = f(\beta_{\text{из/п}}/\beta_{\text{гр}})$;

— — — — — расчет по зависимости (3); - - - - - расчет по зависимости (4);

◆ — при $q_{\text{кап}} = 2 \text{ л/ч}$; $t_{\text{кап}} = 56 \text{ ч}$; ■ — при $q_{\text{кап}} = 4 \text{ л/ч}$; $t_{\text{кап}} = 28 \text{ ч}$;

▲ — при $q_{\text{кап}} = 8 \text{ л/ч}$; $t_{\text{кап}} = 14 \text{ ч}$

Рисунок 1 – Графическая интерпретация функциональных связей

$$h_{\text{из/п}}/h_{\text{кон}} = f(\beta_{\text{из/п}}/\beta_{\text{гр}}) \text{ и } d_{\text{из/п}}/d_{\text{кон}} = f(\beta_{\text{из/п}}/\beta_{\text{гр}})$$

в сопоставлении с данными М. К. Гаджиева

Коэффициент вариации значений функциональной связи $h_{из/п} / h_{кон} = f(\beta_{из/п} / \beta_{гр})$, полученных по предложенным зависимостям (1) и (3) и опытными данными М. К. Гаджиева, составил 9,49 %, что свидетельствует о незначительной степени рассеивания значений. Коэффициент вариации значений функциональной связи $d_{из/п} / d_{кон} = f(\beta_{из/п} / \beta_{гр})$ также составил менее 10 %, что отвечает требованиям приемлемости предложенных зависимостей для практических расчетов.

Выводы.

1 Геометрические размеры локальных контуров увлажнения являются определяющей характеристикой капельного орошения и зависят от совокупного влияния почвенных, влажностных и технологических параметров капельного полива.

2 Для условий капельного полива яблони, произрастающей в тяжелосуглинистых черноземных почвах, получена система многофакторных расчетных зависимостей, позволяющих рассчитать глубину и диаметр контура увлажнения и определить основные геометрические размеры внутриконтурных изоплет.

3 Проведенная апробация полученных зависимостей свидетельствует об их приемлемости для практических расчетов для определенных почвенных, влажностных и технологических условий капельного полива.

Список использованных источников

1 Шумаков, Б. Б. Теоретические и экспериментальные исследования капельного орошения / Б. Б. Шумаков, А. А. Алексахенко, Н. И. Вдовин // Вестник сельскохозяйственной науки. – М., 1978. – № 7. – С. 82–92.

2 Голованов, А. И. Основы капельного орошения / А. И. Голованов, Е. В. Кузнецов. – Краснодар: КГАУ, 1996. – 96 с.

3 Овчинников, А. С. Методика расчета и обоснование параметров контура увлажнения в условиях открытого и закрытого грунта / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков // Природообустройство. – 2012. – № 4. – С. 10–14.

4 Шкура, В. Н. Капельное орошение яблони: монография / В. Н. Шкура, Д. Л. Обухов, А. Н. Рыжаков; под ред. В. Н. Шкуры. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 310 с.

5 Ахмедов, А. Д. Контурные увлажнения почвы при капельном орошении / А. Д. Ахмедов, Е. Ю. Галиуллина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 3(270). – С. 183–188.

6 Гаджиев, М. К. Особенности капельного орошения виноградников в условиях Дагестанской АССР: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Гаджиев Магомед Кебедович. – Новочеркасск, 1984. – 198 с.

УДК 631.674:631.452

С. А. Селицкий

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

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ НА ПОЧВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Целью исследований являлся анализ влияния способов орошения (дождевания, поверхностного и капельного поливов) на изменение водно-физических характеристик почв, мелиоративного состояния орошаемых земель, плодородия земель. Установлено, что орошаемое земледелие способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Однако длительное орошение, применение завышенных норм полива, отсутствие или неудовлетворительная работа дренажа влечет за собой поднятие уровня грунтовых вод на оросительных системах, нарушение водно-солевого режима, ухудшение мелиоративного состояния почв и другие негативные процессы.

Ключевые слова: способ полива, дождевание, поверхностный полив, капельное орошение, орошаемые земли, мелиоративное состояние, уровень грунтовых вод.

S. A. Selitskiy

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

IMPACT OF IRRIGATION METHODS ON SOIL PROCESSES

The aim of research was to analyze the impact of irrigation methods (sprinkling, surface and drip irrigation) on changes in soil water-physical characteristics, the meliorative state of irrigated lands and land fertility. It has been found out that irrigated agriculture contributes to an increase in agricultural crops yield. However, prolonged irrigation, the use of excessive irrigation norms, the absence or unsatisfactory drainage results in a rise of groundwater level on irrigation systems, a violation of water-salt regime, deterioration of meliorative state of soils and other negative processes.

Key words: irrigation method, sprinkling, surface irrigation, drip irrigation, irrigated land, meliorative condition, groundwater level.

Основными требованиями к способам орошения являются создание и поддержание оптимального водного режима для растений, равномерное распределение воды по полю, обеспечение высокой производительности труда на поливе, а также обеспечение повышения плодородия почвы и благоприятного мелиоративного состояния орошаемых земель. Способы орошения не должны приводить к ирригационной эрозии и иметь высокий коэффициент использования оросительной воды.

Потенциал развития орошаемых земель в мире лимитируется наличием водных ресурсов.

По оценке ФАО страны Северной Африки, Западной Азии, Центральной Азии, а также обширные территории Южной и Восточной Азии уже достигли пределов своего потенциала или близки к этому. Среди этих государств восемь стран превысили имеющийся у них потенциал орошения, а 20 стран (включая Китай) используют свыше 75 % своего потенциала.

Темпы расширения площади орошаемых земель существенно замедлились. На основании сравнения между предложением (потенциалом орошения) и спросом (на продукцию сельского хозяйства) ФАО разработало прогноз, согласно которому общемировая площадь земель, оснащенных оросительными системами, может увеличиваться в относительно медленном темпе и в 2050 г. достигнет 318 млн га (для сравнения: в 2006 г. она составляла 301 млн га) [1, 2].

В странах Африканского континента и Азиатского региона преимущественным способом орошения является поверхностный полив по чекам, контурам или бороздам – 70 % и 96 % соответственно, и под дождевание и капельное орошение отводится 30 и 2 % орошаемых площадей.

С другой стороны, в Европейском регионе 82 % орошаемых площадей поливаются дождеванием и капельными системами, а 14 % – поверхностными способами полива.

В США орошаемые площади составляют 19,99 млн га, из которых 11,11 млн га поливались поверхностным способом полива. В настоящее время 27,7 % орошаемых земель охвачены поливом способов дождевания и капельного орошения (таблица 1).

В России фактически поливаемые площади составляет 1,2 млн га. Доля земель, орошаемых дождеванием, составляет 90 %, а уровень механизации поверхностного полива менее 5 % [3].

При поверхностном орошении различают поливы по бороздам, поливы по полосам, поливы затоплением.

Таблица 1 – Орошаемые площади и способы орошения

Страна	Орошаемые площади (всего), млн га	Способы полива, млн га		Процент современных технологий полива
		Поверхностный полив	Современные способы полива	
Австралия	1,810	1,791	0,019	1,0
Австрия	0,080	–	0,080	100,0
Китай	50,000	48,620	0,830	1,4
Кипр	0,033	0,001	0,032	97,0
Египет	3,230	2,780	0,450	14,0
Франция	2,370	1,250	1,120	47,0
Германия	0,530	–	0,530	100,0
Италия	2,710	–	0,345	13,0
Израиль	0,220	–	0,220	1,0
Индия	76,160	–	0,780	0,1
Корея	0,956	0,950	0,006	0,6
Малайзия	0,294	0,294	–	–
Монголия	0,350	–	0,320	91,0
Пакистан	13,960	13,960	Внедряется	–
Словения	0,006	–	0,050	82,0
Южная Африка	1,220	0,500	0,720	60,0
Испания	3,400	2,268	1,132	33,0
Турция	3,800	3,750	0,050	1,3
США	19,990	11,110	5,270	27,0
Россия	4,500	0,100	1,080	91,0

Поливы по бороздам применяются при поливах пропашных, технических культур, садов и виноградников, расположенных на землях с уклонами местности от 0,001 до 0,05. Борозды подразделяются на мелкие – 8–12 см; средние – 12–16 см; глубокие – 16–22 см; очень глубокие – более 22 см.

Поливы по полосам применяются для орошения культур сплошного сева, садов и виноградников, расположенных на землях с уклонами местности до 0,015. Полосы подразделяют на узкие – 1,8–7,2 м и широкие – 25–40 м.

Полив затоплением применяется главным образом для орошения риса и луговых трав, а также для промывки засоленных земель с небольшими уклонами (менее 0,002).

Дождевальная система, как правило, состоит из трех основных элементов: насосной станции, магистральных и распределительных трубопроводов, дождевальных агрегатов, машин и установок, преобразующих водный поток в дождевые капли и распределяющих их по поверхности поля.

Правильный выбор способов и техники полива предопределяет эффективность орошения, так как от этого в значительной степени зависят режим орошения, урожайность сельскохозяйственных культур, мелиоративное состояние орошаемого массива и др.

Способы орошения имеют как положительные, так и отрицательные стороны.

Достоинствами поверхностного способа полива являются: большой опыт, накопленный во всем мире, простота и дешевизна элементов техники полива; он не требует применения энергии, машин, дефицитных материалов. Поверхностный способ полива имеет следующие недостатки: потребность в ручном труде, зависимость от рельефа, необходимость значительных планировочных работ, разрушение структуры почвы, необходимость дополнительных сельскохозяйственных работ, ухудшение воздушного

режима почв, неравномерность увлажнения по площади и по глубине, трудность регулирования степени увлажнения, препятствие механизации сельскохозяйственных работ.

Достоинствами дождевания являются: механизация полива, возможность автоматизации, повышение производительности труда, равномерность увлажнения почвы по площади, увлажнение воздуха и листьев растений, возможность частых поливов малыми нормами, невысокие требования к планировке поверхности, отсутствие препятствий для механизации сельскохозяйственных работ, высокий коэффициент полезного действия оросительной сети, высокий коэффициент земельного использования, возможность внесения удобрений с оросительной водой, сохранение структуры почвы, уменьшение глубинной фильтрации.

Недостатки дождевания заключаются: в потребности металла и заводоизготовителей техники, в потреблении электроэнергии и горючесмазочных материалов, в необходимости квалифицированного обслуживающего персонала, в высокой стоимости закрытой оросительной сети, сильном влиянии ветра на качество полива, высоком испарении воды, в необходимости очистки воды от наносов.

Достоинствами внутрипочвенного орошения являются: сохранение структуры и аэрации почвы, отсутствие открытой сети на поливном участке, автоматизация полива, снижение затрат рабочей силы на полив, уменьшение числа обработок почвы.

В качестве недостатка можно отметить: недоувлажнение верхних 5–7 см слоев почвы, что сокращает всходы, особенно в районах с сухой весной; на землях, склонных к засолению, ВПО способствует поднятию солей из подпахотного горизонта; трудность контроля за работой увлажнителей и частые заиливания их; значительные потери воды на глубинную фильтрацию из-за гравитационного опускания контура увлажнения; высокая стоимость.

Достоинствами капельного способа полива являются: отсутствие потерь воды на фильтрацию и испарение из сети, экономия воды на 30–50 %, сохранение структуры и лучшего воздушного режима почвы, соответствие режима орошения и режима водопотребления, отсутствие опасности подъема грунтовых вод и засоления почв, автоматизация полива, отсутствие сорняков.

К недостаткам можно отнести: повышенные требования к качеству воды, несовершенство капельниц, высокая стоимость системы, препятствия для обработки почвы, вывоза урожая и других сельскохозяйственных работ [4–6].

Многими исследованиями, проводимыми на орошаемых массивах, установлено, что поступление значительного количества ирригационных вод изменяет общий водно-солевой баланс территории за счет существенного изменения глубины залегания грунтовых вод (УГВ), их минерализации и химического состава, а также нарушает морфологию почвообразующих пород, их естественное сложение, а значит и водно-физические свойства.

Слишком обильное орошение может привести к быстрому подъему уровня грунтовых вод и интенсифицировать процессы испарения и накопления солей.

Например, на Ингулецком орошаемом массиве до орошения грунтовые воды находились на глубине 15 м, в подовых понижениях 3–10 м, на Краснознаменском соответственно – 3–4 м. Орошение нарушило установившийся естественный режим грунтовых вод в сторону их повышения. Новое равновесие грунтовых вод установилось на уровне 0,7–2,5 м.

По данным УНИИОЗ под влиянием орошения постоянно увеличивается минерализация грунтовых вод и меняется их химический состав. Так, за 23 года орошения почв в зоне Краснознаменского массива орошения минерализация грунтовых вод повысилась с 0,210 до 1,488 г/л, а по некоторым участкам до 4,547 г/л. Рост минерализации способствовал увеличению содержания ионов SO_4^{2-} и Na^+ . До орошения они были хлоридно-натриевыми, после орошения стали сульфатно-натриевыми.

Таким образом, вторичное засоление орошаемых земель северного Причерноморья на исходных пресных почвах происходит при использовании для поливов минерализованных вод (1,5–3,0 г/л), при неглубоком (менее 20 м) залегания грунтовых вод (более 3 г/л) и в местах разгрузки ирригационно-грунтовых вод.

Орошение оказывает влияние на почвенный покров не только изменением мелиоративных условий, но и других признаков и свойств. Они приобретают признаки луговости, которые выражаются в увеличении мощности гумусового горизонта, более четкой выраженности ореховатости и призмовидности, снижении линии вскипания карбонатов, утяжелении гранулометрического состава.

Так, на темно-каштановых почвах Ингулецкого орошаемого массива в результате 18-летнего орошения объемная масса слоя 0–70 см увеличивалась с 1,34 до 1,41 г/см³, в слое 0–100 см – с 1,39 до 1,49 г/см³, скважность уменьшилась с 47,3 до 44,7 % вследствие уплотнения почвы в метровом слое, капиллярная скважность повысилась на 2,7, а некапиллярная снизилась на 5,2 %.

При орошении дождевальными установками разрушается структура почв, она приобретает пылеватое строение, что способствует появлению на поверхности пашни плотной, слитой корки. Этому явлению способствует также появление в почвенных растворах гидрогелей кремниевых кислот, которые при высыхании необратимо коагулируются, выступая в роли цемента пылеватых частиц. Снижается в пахотном слое содержание водопрочных агрегатов на 3–12 %, а дисперсность почвы увеличилась в слое 0–30 см на 15–18 %.

Под влиянием орошения меняется состав ППК за счет повышения обменных ионов натрия и магния и снижения доли обменного кальция. В верхней части профиля (0–60 см) относительное содержание кальция снижается на 5–7 %, соответственно увеличивается доля обменного магния с 20,1–27,6 до 25,3–29,1 % и обменного натрия с 1,5 до 2,6–3,9 % [7–13].

В условиях лимитированного водопользования стран центрально-азиатского региона, куда входит и Таджикистан, рациональное использование оросительной воды без применения водосберегающих технологий полива невозможно.

В настоящее время в республике почти 35 % (или 260 тыс. га) орошаемых земель поливается путем машинного орошения. Однако в связи с ростом цен на воду, электроэнергию, горюче-смазочные материалы и другие производственно-материальные фонды ежегодно выбывают из оборота значительные площади орошаемых земель.

Так, за последние десятилетия в связи с недостаточностью водных ресурсов (оросительной воды), вызванных неудовлетворительным состоянием насосных станций и несовершенством технологии полива, выбыло из оборота более 60 тыс. га орошаемых земель. Это явилось обоснованием необходимости внедрения в практику экологически безопасного и экономически эффективного прогрессивного способа полива. Методы капельного и внутрипочвенного орошения отвечают этим требованиям.

Значительных успехов в разработке и использовании системы капельного орошения в области производства плодов, овощей и хлопка достигли в Израиле, где применять этот способ вынуждены из-за ограниченности водных ресурсов и повышенной минерализации большинства источников воды для полива. До 1990 г. капельную систему в Израиле внедряли на площади около 230 тыс. га. По данным фирмы «NAAN» (Израиль), затраты на выращивание хлопчатника полностью окупаются после 2-го года орошения при устойчивой урожайности не менее 4,5–5,0 т/га. В целом в Израиле оросительная норма на 1 га составляет 5000–5500 м³, а средняя урожайность – 5,0–5,5 т [14]. При переходе на энерго-ресурсосберегающие мелиоративные технологии полива Израилу удалось достичь самого высокого роста урожайности хлопчатника (63 ц/га). По обобщенным данным, при эксплуатации австралийских систем капельного орошения «Дрил-лекс» в различных природно-климатических условиях Австралии и США затраты труда

снижаются на 90–92 % по сравнению с затратами при поверхностных способах полива и на 64–71 % – при поливе дождеванием. Более того, результаты многочисленных производственных опытов, проведенных в Австралии и США, показывают, что капельное орошение позволяет снизить оросительные нормы на 41–47 % по сравнению с дождеванием и на 52,0–60,5 %, по сравнению с поверхностными способами полива [15]. В США новый способ полива наибольший интерес вызвал у производителей цитрусовых, плодов и овощей в штатах Калифорния и Флорида. На юге штата Калифорния в долине Каочелла за последние 10 лет, в результате проведенного мероприятия по борьбе с фильтрацией влаги из каналов и применения водосберегающих технологий полива, площадь орошаемых земель увеличилась в 3 раза. Среднегодовая оросительная норма при получении трех урожаев овощных и зерновых культур составила всего 2500 м³/га. В целом за 18 лет (1972 по 1990 г.) площадь капельного орошения возросла в стране с 4 до 264 тыс. га, то есть более чем в 66 раз [16]. Аналогичная практика широко применяется в Египте, Новой Зеландии, Китае, Франции, в России и других странах СНГ.

В последнее время наряду с капельным орошением и дождеванием рассматриваются возможности и перспективы внутрипочвенного орошения.

Более того, при внутрипочвенном орошении по сравнению с бороздковым способом полива и орошением дождеванием достигается значительная экономия воды, повышается урожайность сельскохозяйственных культур и исключается ирригационная эрозия почв.

Несмотря на положительные результаты применения внутрипочвенного орошения, этот метод полива в условиях аридной зоны республики не нашел широкого применения, так как способствует уплотнению почвы (особенно глинистых грунтов), ухудшению водно-физических свойств почвы, а также требует огромных капиталовложений.

Суммируя результаты многолетних исследований по применению различных методов полива как в республике Таджикистан, так и за рубежом, можно сделать вывод о том, что, в отличие от поверхностных способов полива и дождевания, капельное орошение с использованием трубчатых систем имеет много положительных характеристик и наиболее приемлем в условиях аридной зоны республики.

В условиях республики с острозасушливым климатом, большим дефицитом оросительной воды, сложными гидрогеологическими и почвенными условиями (эрозии почв, засоление, близкое залегание грунтовых вод) капельное орошение имеет хорошие перспективы развития [17, 18].

Анализируя опыт применения орошения в России и зарубежных странах, можно сделать вывод, что орошаемое земледелие способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Однако длительное орошение, применение завышенных норм полива, отсутствие или неудовлетворительная работа дренажа влекут за собой поднятие уровня грунтовых вод на оросительных системах, нарушение водно-солевого режима, ухудшение мелиоративного состояния почв и другие негативные процессы. Поэтому актуальным является использование ресурсосберегающих режимов орошения с применением современных способов полива.

Список использованных источников

1 George, H. Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства / H. George, P. Koohafkan [и др.]. – М.: ФАО, Весь Мир, 2012. – 308 с.

2 Annual Report 2011-12 ICID. – New Delhi (INDIA): International Commission on Irrigation and Drainage, 2012. – 67 p.

3 Ольгаренко, Г. В. Состояние и перспективы развития орошения / Г. В. Ольгаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2006. – Вып. 35. – С. 18–25.

- 4 Максимов, С. А. Мелиорация сельскохозяйственных земель в Нечерноземной зоне России: учеб. пособие / С. А. Максимов. – М.: МГУП, 2004. – 103 с.
- 5 Маслов, Б. С. Справочник по мелиорации / Б. С. Маслов, И. В. Минаев, К. В. Губер. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 384 с.
- 6 Герчук, И. Системы орошения для плодовоовощных культур / И. Герчук. – Кишинев: CNFA/PDBA, 2008. – 32 с.
- 7 Морозов, В. В. Эколого-мелиоративные условия природопользования на орошаемых ландшафтах Украины / В. В. Морозов, Л. Н. Грановская, М. Г. Поляков. – Киев – Херсон: Айлант, 2003. – 208 с.
- 8 Можайко, Г. А. Лесо-аграрные ландшафты Южной и Сухой степи Украины / Г. А. Можайко. – Харьков: Эней, 2000. – 312 с.
- 9 Титков, А. А. Эволюция ландшафтно-мелиоративных систем Украины / А. А. Титков, А. В. Кольцов. – Симферополь: СОНАТ, 2007. – 308 с.
- 10 Марущак, А. Н. Прогнозирование режима уровня грунтовых вод Краснознаменского орошаемого массива / А. Н. Марущак, В. И. Пичура, Н. М. Лесовой // Научные и технологические подходы в развитии аграрной науки: сб. тр. конф., с. Солёное Займище, 13–15 мая 2014 г. – Солёное Займище, 2014. – С. 30–35.
- 11 Лозовицкий, П. С. Мониторинг гумусового состояния почв Ингулецкой оросительной системы / П. С. Лозовицкий // Почвоведение. – 2012. – № 3. – С. 336–349.
- 12 Морозов, В. Формирование оптимального водно-солевого режима темно-каштановых почв на фоне вертикального дренажа в условиях юго-западной части Краснознаменского оросительной системы / В. Морозов, А. И. Булыгин, Д. А. Ладычук // Таврический научный вестник. – Херсон: Айлант, 2010. – Вып. 71. – С. 92–104.
- 13 Морозов, В. В. Эколого-мелиоративный режим степных орошаемых ландшафтов со сложными гидрогеологическими условиями (на примере Краснознаменского массива): монография / В. В. Морозов, А. И. Булыгин, Д. А. Ладычук. – Херсон: Айлант, 2011. – 291 с.
- 14 Олимов, Х. Исследование технологии капельного орошения в Таджикистане и пути их внедрения на землях фермерских хозяйств / Х. Олихов // Междунар. конф. по региональному сотрудничеству в бассейнах трансграничных рек, 31 мая – 1 июня 2005 г. – Душанбе: ABSTRACTS, 2005. – С. 47–51.
- 15 Goodrich, L. Great Plains agr council publ. / L. Goodrich. – 1986.
- 16 Григоров, М. С. Перспективы применения капельного орошения в Волгоградской области / М. С. Григоров // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 4. – С. 2–5.
- 17 Исайнов, Х. Р. Эффективность применения перспективных способов полива в условиях орошаемого земледелия Таджикистана / Х. Р. Исайнов // Известия ТСХА. – 2007. – № 3. – С. 60–67.
- 18 Саидов, И. И. Влияние способов орошения на распределение солей в почве / И. И. Саидов // Кишоварз. – 2012. – № 4. – С. 51–53.

УДК 631.459

В. В. Слабунов

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

ВЛИЯНИЕ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЗЕМЛИ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье изложены результаты анализа состояния сельскохозяйственных земель Ростовской области и влияния на них эрозионных процессов. Представлены данные по содержанию гумуса по природно-сельскохозяйственным зонам области

в разрезе лет, а также рассмотрено влияние водной эрозии в зависимости от уклона сельскохозяйственных земель.

Ключевые слова: эрозия почв, сельскохозяйственные земли, противоэрозионные мероприятия, водная эрозия, деградация почв, плодородие почв.

V. V. Slabunov

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

IMPACT OF EROSION PROCESSES ON AGRICULTURAL LAND OF ROSTOV REGION

The results of the analysis of agricultural lands state in Rostov region and the impact of erosion processes on them are given. Data on humus content in the natural-agricultural zones of the region through years are presented, and the impact of water erosion depending on the slope of agricultural lands is also considered.

Key words: soil erosion, agricultural land, erosion control measures, water erosion, soil degradation, soil fertility.

Эрозионные процессы в почвах Российской Федерации являются одной из основных причин потерь урожая, деградации почвы, загрязнения окружающей среды химическими веществами и заиления рек. Экологическая составляющая опасности развития эрозионных процессов заключается в том, что на сельскохозяйственных землях происходит нарушение экологического баланса и, как следствие, их деградация, приводящая к падению плодородия почв. В результате развития эрозионных процессов происходит снижение содержания гумуса и порозности, а также повышается плотность сложения почвы и т. д. С ухудшением агрофизических свойств почв еще более возрастает подверженность эрозии, которая может привести к полной потере гумусового горизонта.

Так, согласно Государственному докладу «О состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения», в Российской Федерации эрозии (водной) подвержены порядка 17,8 % площадей земель сельскохозяйственного назначения, из них 12,1 % составляет пашня [1, 2].

Также эрозия почв, в частности водная, является одним из основных сдерживающих факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур. К примеру, на сельскохозяйственных землях, подвергшихся эрозии, потеря зернобобовых культур составляет 15 %, пшеницы – 32 %, картофеля – 45 %, кормовых трав – 25 % [3].

Экологический ущерб, наносимый водной эрозией сельскохозяйственным угодьям, не только отражается в смыве плодородного слоя почвы, но и в выносе питательных веществ (кальций, фосфор), определяющих плодородие почв.

В результате эрозионных процессов каждый год из пахотного слоя сельскохозяйственных земель вымывается около 1,5 млрд т плодородного слоя, что сопоставимо с потерей 18–20 млн т питательных веществ.

На долю земель сельскохозяйственного назначения в Ростовской области приходится около 87 % территорий, что составляет – 8 млн 830 тыс. га.

В результате эрозии подвергаются деградации наиболее плодородные почвы Ростовской области – черноземы. Анализ таблицы 1 показывает, что колебания гумуса составляют в среднем – 3,0–3,5 %, это соответствует, в свою очередь, слабогумусированным почвам [4].

Основной причиной уменьшения содержания гумуса, в данном случае, является водная эрозия. В отдельных районах потери гумуса доходят до 1,1 %, особенно сильно дегумификация проявляется на орошаемых землях. В черноземах снижение гумуса произошло с 3,8 до 3,0 %, а в каштановых почвах – с 2,8 до 2,25 %.

Таблица 1 – Содержание гумуса в почвах Ростовской области [5]

Природно-сельскохозяйственная зона области	Среднее содержание гумуса по годам, %							
	1976–1980	1981–1985	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006–2010	2011–2014
Северо-Западная	3,80	3,79	3,71	3,46	3,20	3,14	3,13	3,10
Восточная	2,80	2,73	2,40	2,22	2,40	2,33	2,29	2,25
Северо-Восточная	3,10	3,10	3,00	2,90	2,80	2,73	2,67	2,66
Центральная	3,30	3,25	3,25	2,97	2,95	2,96	2,95	2,92
Приазовская	3,80	3,80	3,60	3,60	3,60	3,55	3,50	3,40
Южная	3,80	3,64	3,64	3,60	3,65	3,57	3,56	3,50

Данное снижение обусловлено тем, что на почвах Ростовской области наблюдается снижение трансформируемого органического вещества, в соотношении к содержанию его в целинных землях, вследствие биологической минерализации.

Дегумификация почв в Ростовской области также зависит от выноса гумуса с урожаем. В современных условиях дефицита удобрений, малых площадей посева многолетних трав (обогатителей почв гумусом), больших площадей эродированных почв процессы дегумификации усиливаются.

Наибольшие потери гумуса наблюдаются в районах с проявлениями водной эрозии почв и, в частности, на орошаемых массивах. Это районы Донской поймы – Семикаракорский, Константиновский, Багаевский, а также Донецкого края и его окраин (Белокалитвинский, Каменский, Красносулинский, Матвеево-Курганский, Куйбышевский и Родионово-Несветайский). С высокими потерями гумуса на севере Ростовской области выделяется Шолоховский район с территориями, расположенными в пределах Калачской гряды и ее южных склонов, а на юге – Песчанокоспский.

В естественных условиях процесс почвообразования и смыл почвы в результате эрозии сбалансирован, в свою очередь, плодородие почв – стабилизировано. Степень эродированности распаханых сельскохозяйственных угодий зависит от характера и количества осадков, расчлененности рельефа и, как немаловажный фактор, нарушения норм ведения сельскохозяйственной деятельности.

Доминирующим негативным процессом на почвах сельскохозяйственных угодий Ростовской области является водная эрозия почв, а также подтопление, переувлажнение, осолонцевание, засоление и опустынивание [6]. Водная эрозия, в свою очередь, подразделяется на плоскостную и линейную (глубинную или овражную). В результате эрозионных процессов снижается плодородие почв, увеличивается расчлененность сельскохозяйственных угодий, ухудшается водный режим почв и влагообеспеченность полей, что наносит ущерб сельскохозяйственному производству.

По долевого участию эродированных почв выделены контуры земель пяти классов (до 5 % – слабоэродированные, 6–25 % – умеренноэродированные, 26–50 % – среднеэродированные, 51–75 % – сильноэродированные, более 75 % – очень сильноэродированные).

Как следует из представленных данных, территория Ростовской области очень неоднородна по проявлению и интенсивности процессов водной эрозии. Северные и северо-восточные районы, характеризующиеся сильно расчлененным рельефом местности, в наибольшей степени подвержены процессам водной «талой» и «дождевой» эрозии. В южных районах степень эродированности почвы, вследствие водной эрозии, в большей степени слабая и умеренная, однако проявляются очаги с очень сильной эродированностью, что представляет значительную угрозу для почв. Созданный в 70–80-х гг. комплекс противоэрозионных мероприятий не может полностью прекратить процессы эрозии почв, и площади эродированных земель постоянно увеличиваются.

Опасность проявления водной эрозии во многом определяется распределением

сельскохозяйственных земель региона по уклонам. Так, сток и смыв почвы проявляется уже на уклонах 0,5–1,0°, в свою очередь, слабоэродированные почвы располагаются на склонах до 2,5°, среднеэродированные – от 2,5–4,5°, а сильноэродированные почвы – свыше 4,5–5,0° [7]. В Ростовской области преобладают территории с углами наклона поверхности – 2° (около 80 % площади). 16,9 % территории приходится на склоны крутизной от 2° до 5° и незначительная площадь (2,1 %) занята крутосклонами с уклонами превышающими 10°.

Вышеприведенные данные о состоянии сельскохозяйственных земель Ростовской области говорят о том, что, несмотря на проведение противоэрозионных мероприятий на почвах сельскохозяйственных угодий, почворазрушающие процессы продолжают прогрессировать и расширяться. В свою очередь, предотвращение эрозионных процессов и смыва почв поверхностным стоком, в частности при орошении дождеванием, применительно к южным черноземам Ростовской области может быть достигнуто разработкой и внедрением новых научно обоснованных противоэрозионных способов борьбы с ней при помощи структурообразующих материалов, повышающих сопротивляемость почв процессам ирригационной эрозии и способствующих сохранению плодородия почвы и повышению урожайности.

Список использованных источников

1 Государственный доклад «О состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: mcsx.ru/documents/file_document/v7_show/25792.133.htm, 2017.

2 Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1756>, 2017.

3 Доклад Государственного Комитета РФ по земельным ресурсам и землеустройству. – Псков, 2000. – 68 с.

4 Доклад «О состоянии и использовании земель в Ростовской области в 2014 году» [Электронный ресурс]. – Ростов н/Д., 2015. – Режим доступа: <https://rosreestr.ru/site/open-service/statistika-i-analitika/rostovskaya-oblast/svedeniya-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rostovskoy-oblasti/>, 2017.

5 Ерхов, Н. С. Методика экспериментального исследования безнапорного впитывания воды в почву при поливе дождеванием / Н. С. Ерхов // Труды ВНИИГиМ. – М., 1972. – С. 41–47.

6 Охрана окружающей среды в Российской Федерации: стат. сборник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1139919459344, 2017.

7 Полуэктов, Е. В. Эрозия и дефляция агроландшафтов Северного Кавказа / Е. В. Полуэктов. – Новочеркасск, 2003. – 297 с.

УДК 631.674.6

А. С. Штанько, В. Н. Шкура

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

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛОКАЛЬНЫХ КОНТУРОВ КАПЕЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ В ПОСТПОЛИВНОЙ ПЕРИОД

Целью исследования являлась динамика изменения глубины локальных контуров капельного увлажнения почв в постполивной период. В результате корреляционно-регрессивного анализа фактически измеренных и аппроксимированных контуров капельного увлажнения была получена экспериментальная зависимость, описывающая

в относительных координатах динамику изменения глубины контура увлажнения, формируемого и изменяющегося во времени в почвогрунтовой пространственной области в постполивной период. Предложенная зависимость для определения относительной глубины контура увлажнения учитывает одну из определяющих характеристик почвы – объем глинистых частиц в % от массы сухой почвы. Результаты расчета по предложенной зависимости для соответствующих условий капельного орошения сопоставлены в «рабочем» диапазоне изменения глубины контура с известными данными исследований параметров контуров капельного увлажнения. Результаты проведенного исследования показали, что предложенная зависимость в целом отражает динамику изменения глубины контура капельного увлажнения, но для повышения точности и адекватности опытным данным в дальнейшем требует корректировки путем учета и других факторов (почвенных, агроклиматических и фенологических) влияния на исследуемый процесс.

Ключевые слова: капельное орошение, контур увлажнения, глубина, почвенные характеристики.

A. S. Shtanko, V. N. Shkura

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

CHANGING PARAMETERS OF LOCAL CONTOURS OF DRIP MOISTURING SOILS IN POST-IRRIGATION PERIOD

The purpose of research was the dynamic pattern of local contours depth of soil drip irrigation in the post-irrigation period. As a result of correlation-regression analysis of the actually measured and approximated drip irrigation contours, an experimental dependence describing dynamics of changing moisture contour depth, being formed and varying in time in soil-and-earth space in the post-irrigation period in relative coordinates was obtained. The proposed dependence for determining the moisture contour relative depth takes into account one of the main soil characteristics – the volume of clay particles from dry soil mass in percentage. The calculation results on the proposed dependence for the corresponding moistening conditions are compared in the “working” range of the contour depth with the known research data of drip irrigation contour parameters. The results of the research conducted showed that the proposed dependence reflects the dynamics of the change of the drip irrigation contour depth on the whole, but in order to increase the accuracy and adequacy, the experimental data requires further correction by taking into account other factors’ (soil, agroclimatic and phenological) influence on the process under study.

Key words: drip irrigation, moisture contour, depth, soil characteristics.

При капельном поливе и в постполивной период в почвогрунтовой пространственной области протекает процесс формирования и переформирования контура увлажнения, физическая суть которого заключается в периферическом перетоке (перемещении) влаги из зон большей увлажненности к зонам с меньшим уровнем влажности. В результате явления гравитационного и капиллярного переноса влаги границы контура с определенным уровнем влажности радиально перемещаются из изначально сформировавшегося в процессе полива положения вглубь и в ширь почвогрунтовой толщи. При этом, в течение определенного времени (в пределах постполивного периода), наблюдается переформирование (изначально увеличение, а в последующем уменьшение) линейных, площадных и объемных параметров контура увлажнения и внутриконтурного распределения зон с разным уровнем влажности. В связи с вышеизложенным, целью научного исследования динамики изменения геометрических размеров локальных контуров капельного увлажнения почв в постполивном периоде является установление функциональной связи вида:

$$(h_{\text{кон}})_{t_{\text{п/п}}} / (h_{\text{кон}})_{t_{\text{п/п}}=0} = f(t_{\text{п/п}}), \quad (1)$$

где $(h_{\text{кон}})_{t_{\text{п/п}}}$ – глубина контура (зоны) капельного увлажнения почвогрунтовой толщи в постполивной период (т. е. при $t_{\text{п/п}} > 0$), м;

$(h_{\text{кон}})_{t_{\text{п/п}}=0}$ – глубина контура (зоны) увлажнения, формирующегося в почвогрунтовом пространстве при капельном поливе, измеренная непосредственно после завершения подачи поливной воды (т. е. при $t_{\text{п/п}} = 0$), м;

$t_{\text{п/п}}$ – время измерения глубины контура капельного увлажнения в постполивной период, отсчитываемое после завершения полива, ч.

В результате корреляционно-регрессивного анализа фактических и аппроксимированных контуров капельного увлажнения была получена экспериментальная зависимость, описывающая в относительных координатах динамику изменения глубины контура увлажнения, формируемого в постполивной период в различных почвенных условиях, в виде:

$$\frac{(h_{\text{кон}})_{t_{\text{п/п}}}}{(h_{\text{кон}})_{t_{\text{п/п}}=0}} = 1 + \left[\frac{1}{W_{\text{г/ч}}} \cdot t_{\text{п/п}}^{0,24} + \frac{0,339W_{\text{г/ч}}^{1,1} - W_{\text{г/ч}}^{0,05} - 0,33t_{\text{п/п}}^{1,24}}{8,44W_{\text{г/ч}} - t_{\text{п/п}}} \right] t_{\text{п/п}}^{0,316}, \quad (2)$$

где $W_{\text{г/ч}}$ – объем глинистых частиц, % от массы сухой почвы (% МСП).

Данная зависимость по определению относительной глубины контура увлажнения наряду с продолжительностью временного периода после окончания капельного полива учитывает такую характеристику почвы, как объем глинистых частиц в % МСП. Графическая интерпретация зависимости (2) для типичных почв, характеризующихся по содержанию в них физической глины, приведена на рисунке 1.

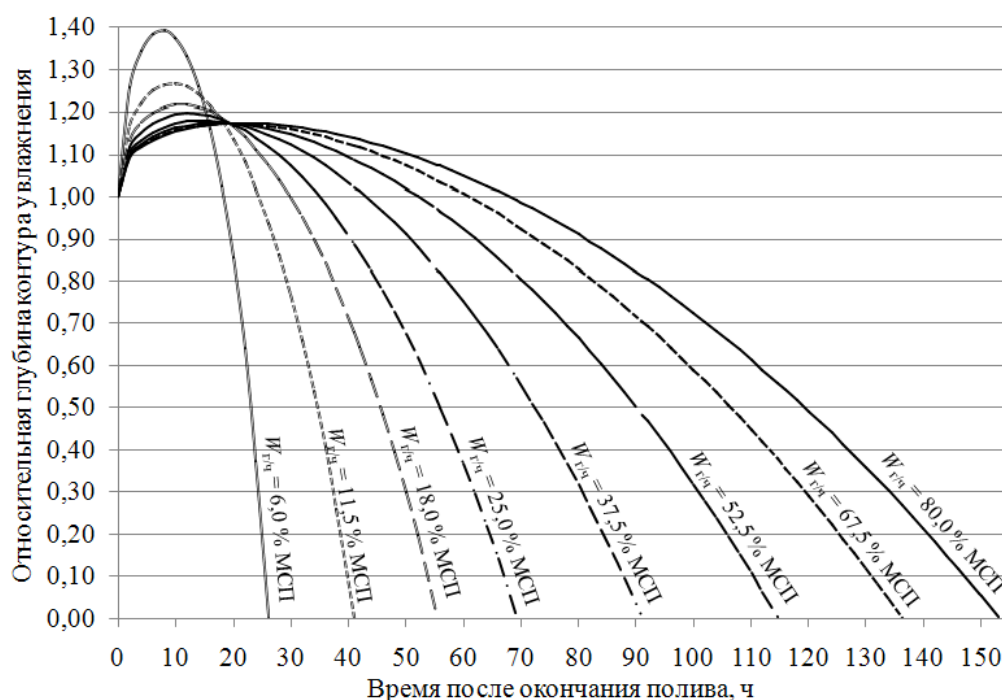


Рисунок 1 – Графическая интерпретация зависимости (2) для почв с различным содержанием физической глины

О приемлемости предлагаемой зависимости (2) можно судить по данным сопоставления рассчитанных по ней значений $(h_{\text{кон}})_{t_{\text{п/п}}} / (h_{\text{кон}})_{t_{\text{п/п}}=0}$ с опытными или расчетными значениями этого параметра, полученного другими специалистами («капельщиками») в различных почвенных и технологических условиях капельного полива сель-

скохозяйственных угодий. Для проведения такого сопоставления данные по динамике изменения глубины контуров увлажнения в постполивной период, представленные в публикациях других авторов, были нами обработаны и предложены в виде значений относительной глубины $(h_{\text{кон}})_{t_{\text{п/п}}} / (h_{\text{кон}})_{t_{\text{п/п}}=0}$.

Судя по заключению А. С. Овчинникова, В. С. Бочарникова и М. П. Мещерякова, «наибольшая площадь контура увлажнения (в исследованных ими условиях) ... наблюдается через одни сутки после окончания полива» [1]. Характер и динамика трансформации глубин контуров увлажнения во времени по зависимости (2) и по первичным данным, приведенным А. С. Овчинниковым и др. [1], проиллюстрированы рисунком 2.

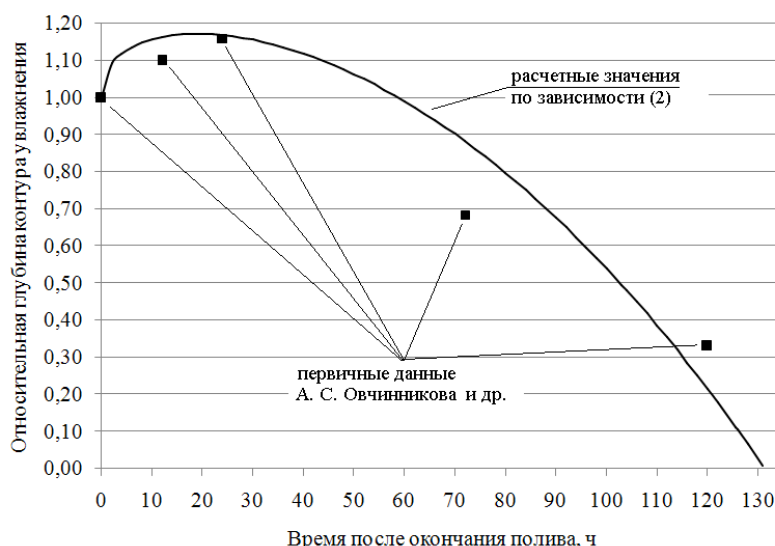


Рисунок 2 – Значения относительной глубины контура капельного увлажнения, полученные по зависимости (2) и по первичным данным А. С. Овчинникова, В. С. Бочарникова и М. П. Мещерякова [1] для $W_{г/ч} = 64$ % МСП

Анализ относительных отклонений расчетных данных по предложенной зависимости (2) и фактических данных, представленных в %, показывает приемлемую погрешность в интервалах от 0 до 110 ч и значительное отклонение при $t_{\text{п/п}} = 120$ ч. Необходимо отметить, что для практического применения наибольшую значимость имеет диапазон изменения значений относительной глубины от 0,88 и выше. Это объясняется тем, что при уменьшении относительной глубины $(h_{\text{кон}})_{t_{\text{п/п}}} / (h_{\text{кон}})_{t_{\text{п/п}}=0}$ менее 0,88 возникает необходимость проведения следующего полива. Поэтому для данных условий наибольший интерес представляет рабочий интервал от 0 до 72 ч после полива, в котором от 12 до 72 ч после полива отклонение между рассчитанными по зависимости (2) и фактическими данными А. С. Овчинникова в среднем по всему диапазону не превышает 5,9 %.

Известны данные А. Д. Ахметова по динамике изменения параметров контуров капельного увлажнения в постполивной период [2]. По заключению А. Д. Ахметова: «Через 12 ч после полива наблюдается заметное увеличение площади контура увлажнения, но наибольшая площадь контура увлажнения ... наблюдается через 1 сут после окончания полива». А. Д. Ахмедовым в [2] предложены зависимости, аппроксимирующие полученные фактические параметры контуров увлажнения. Для сопоставления были использованы параметры контуров, формируемых в условиях предполивной влажности почвы 60 % от наименьшей влагоемкости (НВ) при поливной норме $220 \text{ м}^3/\text{га}$. Опытные данные А. Д. Ахметова и результаты расчета по его зависимости в относительных координатах, а также данные расчета по зависимости (2) представлены на рисунке 3.

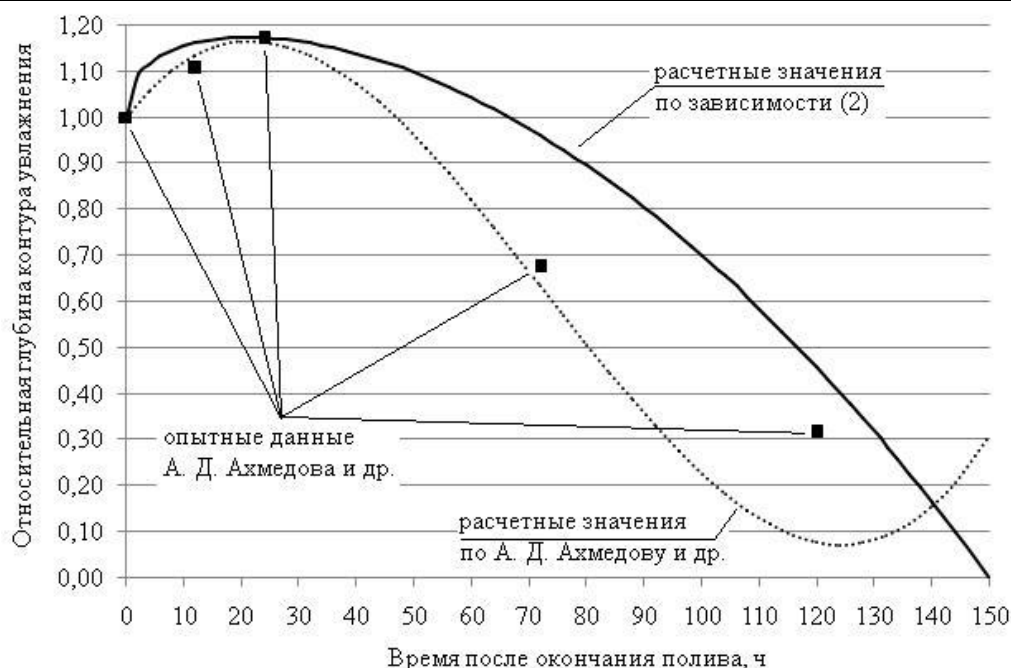


Рисунок 3 – Значения относительной глубины контура каплевого увлажнения, полученные по зависимости (2), по первичным данным и по уравнению А. Д. Ахмедова для $W_{г/ч} = 77,5 \%$ МСП

Для данных условий наибольший интерес представляет интервал постполивного периода от 0 до 90 ч после полива. В этом интервале допустимые отклонения расчетных и опытных значений (менее 12 %) наблюдаются в интервале от 0 до 72 ч после полива. Также необходимо отметить, что с 82 ч и далее после полива отклонения между опытными данными и аппроксимирующей их зависимостью А. Д. Ахмедова превышают допустимый принятый уровень.

На рисунке 4 представлены в относительных координатах опытные данные о глубине контуров каплевого увлажнения, полученные В. И. Торбовским [3]. Для нашего исследования выбран зафиксированный им контур каплевого орошения, ограниченный изоплетой, соответствующей влажности 75 % от НВ.

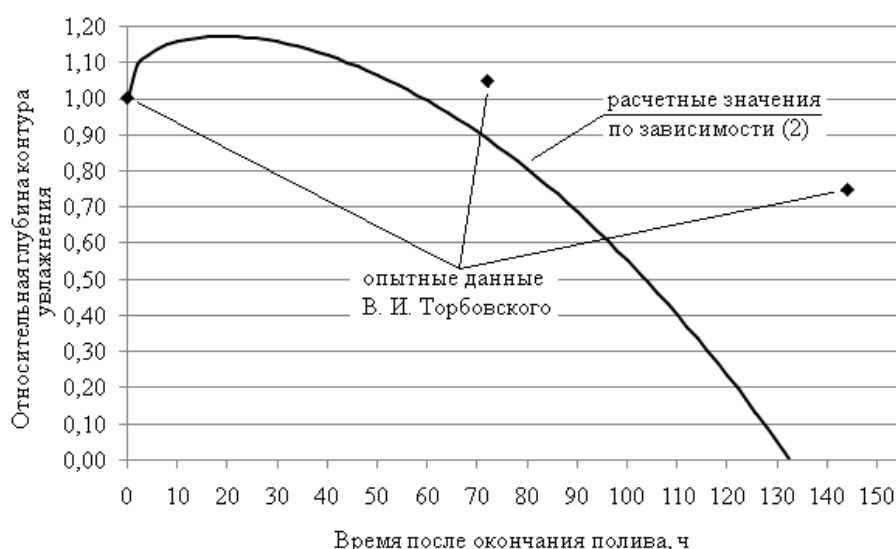


Рисунок 4 – Значения относительной глубины контура каплевого увлажнения, полученные по зависимости (2) и по первичным данным В. И. Торбовского для $W_{г/ч} = 64,8 \%$ МСП

Как следует из рисунка 4 в рабочем интервале от 0 до 72 ч имеются серьезные расхождения значений относительной глубины, полученных по предлагаемой нами зависимости и опытными данными В. И. Торбовского, как в большую, так и в меньшую сторону при среднем значении отклонений $(12 \pm 4) \%$. В последующий период при $t_{п/п} > 72$ ч отклонение расчетных по (2) и опытных значений $(h_{кон})_{t_{п/п}} / (h_{кон})_{t_{п/п}=0}$ существенно увеличивается.

Известны исследования динамики изменения параметров контуров капельного увлажнения в постполивной период, проведенные В. С. Бочарниковым [4], данные по которым для $W_{г/ч} = 48,4 \%$ МСП приведены на рисунке 5.

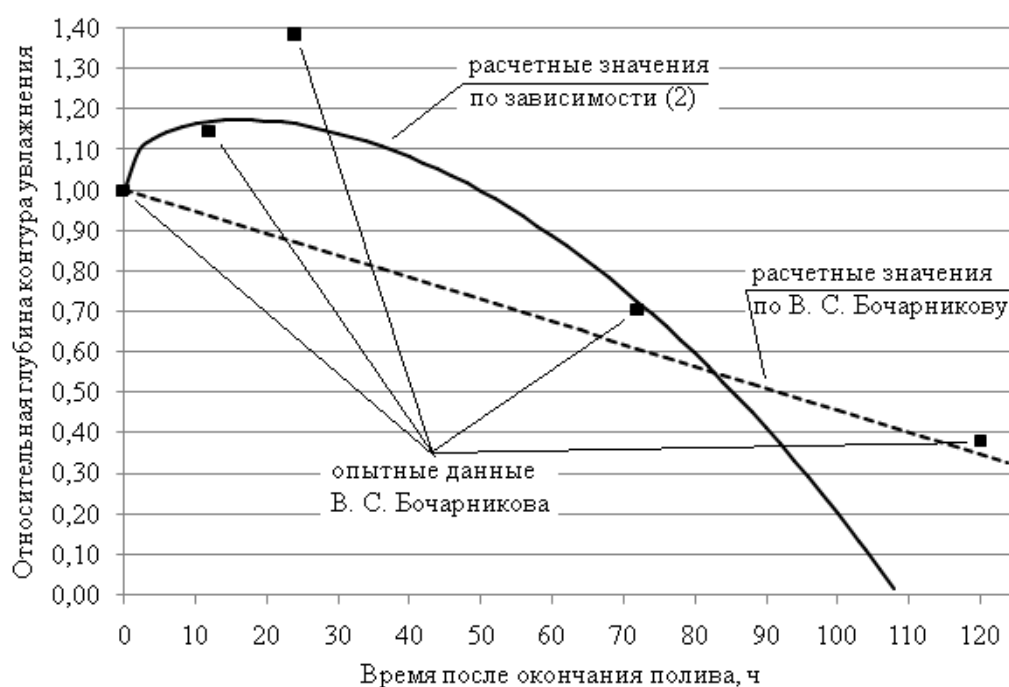


Рисунок 5 – Значения относительной глубины контура капельного увлажнения, полученные по зависимости (2), по расчетной зависимости и по первичным данным В. С. Бочарникова для $W_{г/ч} = 48,4 \%$ МСП

Результаты сопоставления расчета по зависимости (2) с опытными значениями $(h_{кон})_{t_{п/п}} / (h_{кон})_{t_{п/п}=0}$ по В. С. Бочарникову приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сопоставления первичных опытных данных В. С. Бочарникова с расчетом по зависимости (2)

Параметр	Значение параметра при различных $t_{п/п}$, ч		
	12	24	72
Опытные значения $(h_{кон})_{t_{п/п}} / (h_{кон})_{t_{п/п}=0}$ по В. С. Бочарникову	1,15	1,38	0,71
Расчетные значения $(h_{кон})_{t_{п/п}} / (h_{кон})_{t_{п/п}=0}$ по формуле (2)	1,17	1,16	0,73
Отклонение, %	1,71	19,00	2,74

По данным рисунка 5 и таблицы 1 можно заключить следующее.

1 Расчетная зависимость, приведенная В. С. Бочарниковым [4], качественно и количественно не адекватно описывает опытные данные ее автора и не может рассматриваться в качестве приемлемой для проведения расчетов значений $(h_{кон})_{t_{п/п}} / (h_{кон})_{t_{п/п}=0}$.

2 В диапазоне значений $t_{п/п}$ от 0 до 72 ч зависимость (2) качественно адекватно описывает исследуемый процесс изменения глубины контура увлажнения во времени и соответствующие опытные значения $(h_{кон})_{t_{п/п}}$, приведенные В. С. Бочарниковым [4]. При этом имеют место разнознаковые отклонения опытных и расчетных величин $(h_{кон})_{t_{п/п}} / (h_{кон})_{t_{п/п}=0}$ при различных значениях $t_{п/п}$.

Выводы.

1 Процесс трансформации локальных контуров увлажнения, сформировавшихся в почвогрунтовой среде при капельном поливе в постполивной период, в общем случае зависит от ряда биотических и абиотических факторов влияния (почвенных характеристик, режима эвапотранспирации, фенологических условий, изначальных геометрических и влажностных параметров контуров капельного увлажнения и др.). В качестве определяющего параметра, характеризующего процесс трансформации контура увлажнения во времени может рассматриваться его глубина $(h_{кон})_{t_{п/п}}$, а в качестве определяющей почвенной характеристики может быть принято содержание в почве физической глины $W_{г/ч}$.

2 Для принятого оценочного относительного показателя $(h_{кон})_{t_{п/п}} / (h_{кон})_{t_{п/п}=0}$ и выбранных факторов влияния ($W_{г/ч}$, % МСП; $t_{п/п}$, ч) по материалам исследований и корреляционно-регрессивного анализа опытных данных получена экспериментальная зависимость (2), описывающая динамику функциональной связи $(h_{кон})_{t_{п/п}} / (h_{кон})_{t_{п/п}=0} = f(W_{г/ч}; t_{п/п})$ в постполивной период для диапазона значений $W_{г/ч} = (10-79)$ % МСП.

3 С целью оценки адекватности предложенной модели для расчета глубин локальных контуров капельного увлажнения почв проведено сопоставление расчетных по зависимости (2) данных с опытными данными А. Д. Ахмедова, А. С. Овчинникова, В. И. Торбовского и В. С. Бочарникова. Полученные результаты свидетельствуют об адекватности модели. Имеющие место разнознаковые отклонения расчетных и опытных значений $(h_{кон})_{t_{п/п}} / (h_{кон})_{t_{п/п}=0}$ для различных значений $W_{г/ч}$ и $t_{п/п}$ в их «рабочем» диапазоне приемлемы для практического прогнозирования глубин трансформируемых контуров увлажнения.

4 Приведенная модель может быть принята для дальнейшего ее развития в части учета других (нерассмотренных в ней) почвенных, агроклиматических, фенологических и влагоемкостных характеристик локальных контуров капельного увлажнения почв.

Список использованных источников

1 Овчинников, А. С. Методика расчета и обоснование параметров контура увлажнения в условиях открытого и закрытого грунта / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков // Природообустройство. – 2012. – № 4. – С. 10–14.

2 Ахмедов, А. Д. Контуровое увлажнение почвы при капельном орошении / А. Д. Ахмедов, Е. Ю. Галиуллина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 3. – С. 183–188.

3 Торбовский, В. И. Режим и техника капельного орошения малины: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Торбовский Василий Иванович. – Новочеркасск, 1992. – 24 с.

4 Бочарников, В. С. Научно-экспериментальное обоснование повышения эффективности технологических средств локального орошения в овощеводстве открытого и закрытого грунта: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Бочарников Виктор Сергеевич – Волгоград, 2016. – 39 с.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 627.133:532.543

М. В. Вайнберг, А. А. Чураев

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

ОБОСНОВАНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ВОДЫ ПО МЕТОДУ «УКЛОН – ПЛОЩАДЬ» В ОТКРЫТЫХ КАНАЛАХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В статье описана действующая классификация методов водоизмерения на открытых водотоках и этапы развития эксплуатационной гидрометрии. Описаны применяемые методы измерения расхода воды на открытых каналах оросительных систем. Дано обоснование применения метода «уклон – площадь» для измерения расхода воды, на основе которого сделаны выводы о том, что данный метод по сравнению с методом «скорость – площадь» обеспечивает возможность максимально сократить время измерительного процесса и решить проблему водоучета в подпорно-переменном режиме движения жидкости.

Ключевые слова: расход воды, оросительная система, метод «уклон – площадь», метод «скорость – площадь», уклон водной поверхности.

M. V. Vaynberg, A. A. Churaev

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

WATER FLOW MEASUREMENT JUSTIFICATION BY METHOD “SLOPE – AREA” IN OPEN CANALS OF IRRIGATION SYSTEMS

The article describes the current classification of water measurement methods on flumes and the stages of operational hydrology development. The applied flow measurement methods in open canals of irrigation systems are described. The justification of application of “slope – area” method for water flow measurement is given, on its basis it was concluded that this method compared to the “speed – area” method makes it possible to minimize the time of the measuring process and solve the water discharge problem in dam-variable mode of flow motion.

Key words: water discharge, irrigation system, “slope – area” method, “speed – area” method, water surface slope.

В последние годы в нашей стране в сельском хозяйстве особая роль отводится гидромелиорации. В современных условиях, когда вода стала дорогостоящим товаром, для рациональной и эффективной эксплуатации оросительных систем должен производиться оперативный и достоверный учет воды.

Действующая классификация сводит все методы водоизмерения на открытых водотоках в две группы [1]:

- использующие существующие прямолинейные участки каналов и некоторые типы ГТС;

- требующие строительства специальных гидрометрических сооружений или установки дополнительных водомерных устройств.

Реализация первой группы средств водоучета основана на широком использовании либо сложных электронных средств измерений с автоматической обработкой по-

лучаемой информации, либо трудоемких операций с обязательным применением ручного труда. Однако в этих случаях применяются простые конструкции гидропостов по типу «фиксированное русло».

Реализация второй группы основана на использовании простейших, в том числе и механических средств измерений для непрерывных или дискретных наблюдений на специальных гидрометрических или некоторых типа гидротехнических сооружений, включая водомерные приставки к существующим щитовым регуляторам расхода.

В отечественной и мировой практике развития эксплуатационной гидрометрии выделяются три этапа, имеющие в своей основе различные методы и средства измерений [2].

Первоначальный этап оснащения оросительных систем водомерными устройствами реализовывался на основе второй группы методов измерений. Для создания средств водоучета разрабатывались специальные типы и конструкции гидрометрических сооружений, а также выявлялись типы существующих ГТС, которые могли служить первичными преобразователями «уровень – расход», «перепад – расход». Таким образом, единственным измеряемым параметром при свободном течении воды являлся либо уровень, либо перепад уровней. В качестве измерительных средств использовались водомерные рейки, поплавковые самописцы, дифманометры, а позднее – датчики уровня или перепада уровней.

С конца 40-х до начала 80-х годов нашего столетия осуществлялся второй этап развития средств водоучета – реализация первой группы методов измерений. В этот период бурного развития радиоэлектроники и вычислительной техники велись интенсивные разработки электронных расходомеров для открытых потоков. Были созданы точечные электромагнитные измерители скорости, ультразвуковые расходомерные установки, в том числе устройства с реализацией радиоактивного метода и др.

С начала 80-х годов XX века до сегодняшнего дня осуществляется третий этап развития средств водоучета – постепенный возврат ко второй группе методов измерений с частичным сохранением первой группы (в безальтернативных случаях или при экономической эффективности их использования). В этот период устанавливаются границы эффективного применения электронных расходомеров и интенсифицируется разработка специальных гидрометрических сооружений, расширяющих диапазон их использования или улучшающих их метрологические характеристики. Причем водовыделы в фермерских хозяйствах оборудуются, как правило, гидрометрическими сооружениями или устройствами с регистрацией измеряемого параметра на носителе информации, удобном для ввода данных в ЭВМ. В настоящее время реализуется концепция развития гидрометрии с использованием всех методов измерения, но с четким разграничением эффективности использования технических решений по первой и второй группам методов измерений [3].

В последние годы в нашей стране эксплуатационным организациям, обслуживающим современные оросительные системы, необходима организация автоматизированного водоучета, который будет характеризоваться следующими достоинствами:

- отслеживание в режиме реального времени значений уровней воды в створах и перепада уровней между створами;
- оперативное определение расхода;
- полная автоматизация процесса измерений;
- повышение надежности в эксплуатации.

В настоящее время для измерения расхода воды в открытых каналах оросительных систем широко применяются косвенные методы измерения, такие как «скорость – площадь» и «уклон – площадь».

Метод «скорость – площадь» основан на измерении двух параметров: средней скорости течения жидкости, проходящей через створ гидротехнического сооружения, и площади живого сечения потока [4]. Вычисление средней скорости потока производится путем последовательного во времени снятия некоторого количества точек значений

скорости по створу гидрометрического сооружения и их осреднения. Данный метод применим только при свободном истечении и установившемся движении жидкости. При наличии подпорно-переменного режима движения жидкости возникают трудности измерения скорости в различных точках его потока, т. к. расход воды может меняться в достаточно обширных пределах, что снижает точность и достоверность измерения. Следовательно, необходимо максимально сократить время измерительного процесса и решить проблему водоучета в подпорно-переменном режиме движения жидкости.

Для устранения вышеперечисленных недостатков можно использовать метод «уклон – площадь», который основан на измерении перепада уровней воды, в контрольных створах специально спрофилированного русла канала [5]. По полученным данным определяется значение расхода воды путем использования алгоритмов и формул, исходящих из самих уравнений движения потока. Данный метод применяется для определения расходов на средних (более 50 м³/с) и больших водотоках. Эффективное применение этого метода обуславливается наличием на гидрометрическом створе подпорно-переменного режима, интенсивных русловых деформаций, затапливаемой в половодье или паводок широкой поймы. Он применяется также при резко выраженном неустановившемся течении в русле, где расход зависит не только от уровня, но и от уклона водной поверхности [4, 6, 7]. Применение различных успокоителей и защиты от волнения существенно повышают точность измерений уровней.

Для больших и средних каналов вычисление расхода путем измерения уклона водной поверхности является достаточно целесообразным в силу возможности автоматизации измерений. Для точного определения уклона водной поверхности большое значение имеет расстояние между уклонными постами, которое назначается исходя из минимального падения на изучаемом участке и требуемой точности его определения [8, 9].

Большие расстояния между водомерными постами стали основной причиной, по которой метод «уклон – площадь» редко используется для определения расхода воды на каналах оросительных систем.

Для повышения точности определения расхода воды по данному методу измерительные участки каналов выполняют прямолинейными и, как правило, облицовывают. Применение современных программно-аппаратных средств повышает точность измерения уклона водной поверхности и сокращает промежуток времени на его измерение. Исходя из этого, уклон водной поверхности следует измерять приборами, погрешность которых позволит максимально уменьшить расстояние между створами измерительного участка.

На основе проведенного анализа применения косвенного метода измерения можно сделать выводы, что метод «уклон – площадь» обеспечивает:

- возможность определения расхода воды при любых режимах установившегося медленно-изменяющегося режима течения воды;
- улучшение условий эксплуатации водомерного поста ввиду близости друг к другу мерных створов;
- повышение точности определения расхода воды использованием алгоритмов и формул, полученных из самих уравнений движения потока;
- увеличение точности измерения расхода путем укорачивания промежутка времени, необходимого на его получение.

Список использованных источников

- 1 Орлова, В. В. Гидрометрия / В. В. Орлова. – 2-е изд., перераб. и доп. – В 2 ч. – Ч. 1 – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 414 с.
- 2 Слабожанин, Г. Д. Гидрометрия: учеб. пособие к самостоятельной работе по гидрометрии / Г. Д. Слабожанин. – Томск, 2014. – 58 с.
- 3 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – В 2 ч. – Ч. 1 – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 283 с.

4 Системные принципы водоучета и управления водораспределением на оросительной сети / В. Н. Щедрин, Ю. Г. Иваненко, В. И. Ольгаренко, А. М. Жарковский, Е. Г. Филиппов. – Новочеркасск: НГТУ, 1994. – 235 с.

5 Провести исследования и разработать проект стандарта организации Минсельхоза России «Мелиоративные системы и сооружения. Эксплуатация. Правила определения расхода воды в открытых каналах оросительных систем с использованием метода одноточечного измерения скорости потока»: отчет о НИР (промежуточный): 2.1.4 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Чураев А. А. – Новочеркасск, 2013. – 68 с. – Исполн.: Юченко Л. В., Бородина Т. С., Митров В. В.

6 Ясинецкий, В. Г. Организация и технология гидромелиоративных работ / В. Г. Ясинецкий, Н. К. Фенин. – М.: Агропромиздат, 1986. – 352 с.

7 Методика речной гидрометрии и учета вод / под ред. И. Ф. Карасева. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 133 с.

8 Железняков, Г. В. Точность гидрологических измерений и расчетов / Г. В. Железняков, Б. Б. Данилевич. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 240 с.

9 Кисаров, О. П. Системное управление в эксплуатации оросительных систем: учеб. пособие / О. П. Кисаров, А. Е. Косолапов. – Новочеркасск: НИМИ, 1980. – 90 с.

УДК 681.3.066:626.81

Г. А. Сенчуков, А. С. Капустян

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО МОНИТОРИНГУ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

Целью работы являлась подготовка методических основ формирования отчетных форм представления сведений для государственного мониторинга водных объектов. Основанием для выполнения наблюдений за водными объектами являлось постановление Правительства РФ № 219 от 10 апреля 2007 г. Представление сведений по наблюдениям за водными объектами, используемыми в сельском хозяйстве, осуществляют эксплуатационные организации Департамента мелиорации Минсельхоза России. Сбор и анализ представляемых сведений показал отсутствие в них единого подхода в подготовке сведений, что не позволяет автоматизировать систему учета, наполнения, проверки и анализа информации. В статье приведены методы определения основных показателей водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений, позволяющие упорядочить и систематизировать следующие данные учета: код эксплуатирующей организации, код водохозяйственной системы (ВХС), код гидротехнического сооружения (ГТС), тип ВХС, тип ГТС, назначение ГТС, класс ГТС, характеристика уровня безопасности ГТС, оценка технического состояния, особенности режима эксплуатации водного объекта, данные мониторинга технического состояния, общий вывод о техническом состоянии ГТС.

Ключевые слова: мониторинг водных объектов, водохозяйственная система, гидротехническое сооружение, коды ВХС, коды ГТС.

G. A. Senchukov, A. S. Kapustyan

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

METHODICAL BASES OF WORK PERFORMANCE ON WATER BODIES MONITORING ON IRRIGATION SYSTEMS

The aim of this work was the preparation of methodical bases of reporting forms for notification for state water bodies monitoring. The basis for water bodies observations was the RF Government Decree no. 219 of April, 10th, 2007. The operating organizations of Land Reclamation Department of Ministry of Agriculture of Russia carry out reporting observations for water bodies used in agriculture. The collection and analysis of the submitted information showed a lack of uniform approach in information preparation that doesn't allow to computerize the accounting, acquisition, control and data analysis. The methods for determining the basis of structural indicators of water management systems and hydraulic structures allowing them to sort and organize the following data: code of operating organization, code of water management system (WKHS), code for hydraulic structures (GTS), type of WKHS, type of GTS, purpose of GTS, class GTS, characteristics of safety level of hydraulic structures (GTS), technical assessment, properties of water body operation mode, the data of technical condition monitoring data, overall conclusion on technical condition are introduced.

Key words: water monitoring, water management system, hydraulic structure, codes of water management system, codes of hydraulic structure.

В соответствии с постановлением Правительства РФ № 219 от 10 апреля 2007 г. Министерство сельского хозяйства РФ ежегодно представляет в Федеральное агентство водных ресурсов сведения о результатах наблюдения за водными объектами, находящимися в их ведении (ГМВО) [1].

Сведения представляют подведомственные Департаменту мелиорации Минсельхоза России эксплуатирующие организации (ФГБУ).

В состав сведений включаются наблюдения за водохозяйственными системами (ВХС), в том числе и гидротехническими сооружениями (ГТС), находящимися на балансе у эксплуатирующих организаций и проходящих по бухгалтерской отчетности. Сведения представляются на электронных носителях в виде файлов с сопроводительным письмом, в котором указывается количество представляемых файлов, их наименования, размер, дата модификации, а также объем представляемых сведений (количество объектов, заполненных строк в составе представляемых сведений). Сведения должны быть актуализированы по состоянию на 1 января года, следующего за отчетным, и представлены в формах и таблицах, сформированных в программе для работы с электронными таблицами «Excel». При наличии технической возможности представляемые сведения заверяются электронной подписью.

Методической основой осуществления наблюдения и подготовки отчетной информации являются Водный кодекс РФ, приказы Министерства природных ресурсов и нормативно-методические документы, определяющие порядок, формы, сроки и состав представляемых сведений [2–7].

Анализ сведений, представленных для внесения в государственный мониторинг водных объектов, показал отсутствие единого подхода к заполнению необходимых форм, что не позволяет использовать автоматизированную процедуру учета, сбора и обработки информации.

В статье приведена унифицированная характеристика и методы определения основных показателей водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений, позволяющие упорядочить и систематизировать необходимые для заполнения форм отчетности следующие данные учета: код эксплуатирующей организации, код водохозяйственной системы, код гидротехнического сооружения, тип ВХС, тип ГТС, назначение ГТС, класс ГТС, характеристика уровня безопасности ГТС, оценка технического состояния, особенности режима эксплуатации водного объекта, данные мониторинга технического состояния, общий вывод о техническом состоянии ГТС.

Коды эксплуатирующих организаций, водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений необходимы для их идентификации в связи с широким внедрением в организационную деятельность и технологические процессы автоматизированных

процедур (учета, управления, сбора и обработки информации и т. д.), построенных с применением баз данных на основе вычислительной техники.

Разработанная в ФГБНУ «РосНИИПМ» инструкция устанавливает порядок кодирования регистрируемых эксплуатирующих организаций, водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений.

Система кодирования предназначена для подведомственных Департаменту мелиорации Минсельхоза России эксплуатирующих организаций, осуществляющих наблюдения за водными объектами и представляющих сведения для внесения в государственный мониторинг водных объектов.

Регистрационные коды мелиоративных объектов в системе кодирования Минсельхоза России разработаны в соответствии с требованиями Единой системы классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации в Российской Федерации и присваиваются эксплуатирующим организациям, ВХС и ГТС.

Структура цифрового кода каждого ФГБУ Департамента мелиорации Минсельхоза России состоит из двухзначного числа (таблица 1).

Таблица 1 – Коды эксплуатирующих организаций Департамента мелиорации Минсельхоза России

Наименование эксплуатационной организации	Код эксплуатационной организации
1	2
1 ФГБУ «Минмелиоводхоз Республики Дагестан»	28
2 ФГБУ «Управление «Адыгемелиоводхоз»	27
3 ФГБУ «Управление «Алтаймелиоводхоз»	67
4 ФГБУ «Управление «Амурмелиоводхоз»	78
5 ФГБУ «Управление «Астраханмелиоводхоз»	36
6 ФГБУ «Управление «Башмелиоводхоз»	45
7 ФГБУ «Управление «Белгородмелиоводхоз»	01
8 ФГБУ «Управление «Биробиджанмелиоводхоз»	55
9 ФГБУ «Управление «Брянскмелиоводхоз»	02
10 ФГБУ «Управление «Бурятмелиоводхоз»	64
11 ФГБУ «Управление «Владимирмелиоводхоз»	03
12 ФГБУ «Управление «Волгоградмелиоводхоз»	37
13 ФГБУ «Управление «Вологдамелиоводхоз»	21
14 ФГБУ «Управление «Воронежмелиоводхоз»	04
15 ФГБУ «Управление «Забайкалмелиоводхоз»	74
16 ФГБУ «Управление «Ивановомелиоводхоз»	05
17 ФГБУ «Управление «Ингушмелиоводхоз»	29
18 ФГБУ «Управление «Иркутскмелиоводхоз»	69
19 ФГБУ «Управление «Каббалкмелиоводхоз»	30
20 ФГБУ «Управление «Калининградмелиоводхоз»	22
21 ФГБУ «Управление «Калммелиоводхоз»	31
22 ФГБУ «Управление «Калугамелиоводхоз»	06
23 ФГБУ «Управление «Камчатскмелиоводхоз»	79
24 ФГБУ «Управление «Карачаевочеркесскмелиоводхоз»	32
25 ФГБУ «Управление «Карелмелиоводхоз»	18
26 ФГБУ «Управление «Кемеровомелиоводхоз»	70
27 ФГБУ «Управление «Кировмелиоводхоз»	51
28 ФГБУ «Управление «Комимелиоводхоз»	19
29 ФГБУ «Управление «Костромамелиоводхоз»	07
30 ФГБУ «Управление «Красноярскмелиоводхоз»	68

Продолжение таблицы 1

1	2
31 ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз»	34
32 ФГБУ «Управление «Курганмелиоводхоз»	59
33 ФГБУ «Управление «Курскмелиоводхоз»	08
34 ФГБУ «Управление «Ленмелиоводхоз»	23
35 ФГБУ «Управление «Липецкмелиоводхоз»	09
36 ФГБУ «Управление «Магаданмелиоводхоз»	80
37 ФГБУ «Управление «Мармелмелиоводхоз»	46
38 ФГБУ «Управление «Мелиоводхоз по Республике Алтай»	63
39 ФГБУ «Управление «Мордовмелиоводхоз»	47
40 ФГБУ «Управление «Нижегородмелиоводхоз»	52
41 ФГБУ «Управление «Новгородмелиоводхоз»	25
42 ФГБУ «Управление «Новосибирскмелиоводхоз»	71
43 ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз»	72
44 ФГБУ «Управление «Орелмелиоводхоз»	11
45 ФГБУ «Управление «Оренбургмелиоводхоз»	53
46 ФГБУ «Управление «Пензамелиоводхоз»	54
47 ФГБУ «Управление «Перммелиоводхоз»	44
48 ФГБУ «Управление «Приммелиоводхоз»	76
49 ФГБУ «Управление «Псковмелиоводхоз»	26
50 ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз»	38
51 ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз»	12
52 ФГБУ «Управление «Самарамелиоводхоз»	56
53 ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз»	57
54 ФГБУ «Управление «Сахалинмелиоводхоз»	81
55 ФГБУ «Управление «Свердловскмелиоводхоз»	60
56 ФГБУ «Управление «Севосетинмелиоводхоз»	33
57 ФГБУ «Управление «Смоленскмелиоводхоз»	13
58 ФГБУ «Управление «Спецмелиоводхоз Ногинский район п. Обухово»	10
59 ФГБУ «Управление «Ставропольмелиоводхоз»	35
60 ФГБУ «Управление «Тамбовмелиоводхоз»	14
61 ФГБУ «Управление «Татмелиоводхоз»	48
62 ФГБУ «Управление «Томскмелиоводхоз»	73
63 ФГБУ «Управление «Туламелиоводхоз»	16
64 ФГБУ «Управление «Тывамелиоводхоз»	65
65 ФГБУ «Управление «Тюменьмелиоводхоз»	61
66 ФГБУ «Управление «Удмурдмелиоводхоз»	49
67 ФГБУ «Управлением «Ульяновскмелиоводхоз»	58
68 ФГБУ «УЭБСК»	42
69 ФГБУ «УЭКГ и ЧВ»	43
70 ФГБУ «УЭММК»	40
71 ФГБУ «УЭТКГ»	41
72 ФГБУ «Управление «Хакасмелиоводхоз»	66
73 ФГБУ «Управление «Челябмелиоводхоз»	62
74 ФГБУ «Управление «Чеченмелиоводхоз»	39
75 ФГБУ «Управление «Чувашмелиоводхоз»	50
76 ФГБУ «Управление «Ярославмелиоводхоз»	17

В основу кодирования всех ФГБУ положен порядковый номер Республики, края, области в соответствии с Административно-территориальным делением Российской Фе-

дерации на основании Указа Президента России В. В. Путина № 849 от 13 мая 2000 г. С дополнением к Северо-Кавказскому федеральному округу управлений эксплуатации магистральных каналов и водохранилищ.

Код ВХС состоит из буквенно-цифрового кода, включающего 4 группы знаков: 1 – код эксплуатирующей организации, 2 – нижнее подчеркивание, 3 – порядковый номер ВХС в составе ФГБУ, 4 – буквенное отображение типа ВХС (таблица 2).

Таблица 2 – Типы ВХС

ор	оросительная
ос	осушительная
вх	комплексного назначения
пр	прочие

Структура кода ГТС состоит из 3-х знаков: 1 – код эксплуатирующей организации, 2 – нижнее подчеркивание, 3 – порядковый номер ГТС в составе ФГБУ.

При определении типа ВХС следует руководствоваться Водным кодексом РФ от 03.06.2006 № 74-ФЗ [2], в соответствии с которым ВХС – это комплекс водных объектов и предназначенных для обеспечения рационального использования и охраны водных ресурсов ГТС: водохранилища, мелиоративные (оросительная, осушительная) системы, каналы различного назначения, системы технического водоснабжения промузлов предприятий, электростанций, системы очистки и сброса сточных, коллекторно-дренажных вод.

Согласно приказа Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25 апреля 2016 г. № 159 [3] определены следующие типы ГТС: плотины водохранилищ, дамбы водозащитные, перегораживающие сооружения, шлюзы-регуляторы, вододелители, открытые водосбросы, шахтные и трубчатые поверхностные водосбросы, туннельные и глубинные водосбросы, траншейные водосбросы, сифонные водосбросы, водоспуски, донные водовыпуски, поверхностные водозаборы, глубинные водозаборы, водоводы, пульпопроводы и золошлакопроводы, акведуки, туннели, лотки, каналы и дрены, дюкеры, берегоукрепительные и дноукрепительные сооружения, струнаправляющие и отклоняющие дамбы, сооружения, ограждающие хранилища жидких отходов, котлованные сооружения для хранения жидких отходов, здания ГЭС, насосные станции, судопропускные сооружения, лесосплавные сооружения, рыбопропускные сооружения, отстойники, причальные сооружения.

В соответствии с приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25 апреля 2016 г. № 159 [3] выделены следующие назначения ГТС: энергетика, транспорт, сельское хозяйство, водоснабжение, промышленность, защита от негативного воздействия вод, комплексное.

Класс ГТС определяется действующей декларацией безопасности ГТС. Согласно постановления Правительства РФ от 2 ноября 2013 г. № 986 «О классификации гидротехнических сооружений» [4], установлено, что ГТС подразделяются на следующие классы:

- I класс – ГТС чрезвычайно высокой опасности;
- II класс – ГТС высокой опасности;
- III класс – ГТС средней опасности;
- IV класс – ГТС низкой опасности.

Характеристика уровня безопасности соответствует параметрам действующей декларации безопасности ГТС. В соответствии с приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 августа 2015 г. № 312 [5], выделены следующие характеристики уровней безопасности ГТС:

- нормальный уровень безопасности: ГТС соответствуют проекту, действующим нормам и правилам, значения критериев безопасности не превышают предельно допу-

стимых для работоспособного состояния сооружений и оснований, эксплуатация осуществляется без нарушений действующих законодательных актов, норм и правил, предписания органов государственного контроля и надзора выполняются;

- пониженный уровень безопасности: невыполнение первоочередных мероприятий или неполное выполнение предписаний органов государственного контроля и надзора по обеспечению безопасности ГТС и другие нарушения правил эксплуатации при прочих условиях, соответствующих нормальному уровню безопасности;

- неудовлетворительный уровень безопасности: снижение механической или фильтрационной прочности, превышение предельно допустимых значений критериев безопасности для работоспособного состояния, другие отклонения от проектного состояния, способные привести к развитию аварии;

- опасный уровень безопасности: наступает вследствие развивающихся процессов снижения прочности и устойчивости элементов ГТС и их оснований, превышения предельно допустимых значений критериев безопасности, характеризующих переход от частично неработоспособного к неработоспособному состоянию сооружений и оснований.

Оценка технического состояния – в соответствии с приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 30 ноября 2007 г. № 316 (приложение 2) [6], техническое состояние ГТС классифицируется по износу (амортизации) по четырем классам: 1 класс – 0–25 %, 2 класс – 26–50 %, 3 класс – 51–75 %, 4 класс – 76–100 %.

При заполнении форм указываются особенности режима эксплуатации водного объекта: эксплуатация осуществляется в штатном режиме, не эксплуатируется, понижение уровня, повышение уровня, заиливание русла (ложа водоема), наблюдения не проводились.

Результаты текущего контроля, предусматривающего комплексный анализ состояния сооружения в годичном (многолетнем) цикле наблюдений приводятся в следующем виде: мониторинг не проводился, требуется текущий ремонт, требуется капитальный ремонт, требуется реконструкция, требует списания, соответствует проектно-му, не эксплуатируется, стадия строительства, реконструкции.

Общий вывод о техническом состоянии ГТС устанавливают по результатам контроля и надзора за безопасностью ГТС.

В соответствии с ГОСТ Р 54523-2011 «Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [7], установлены следующие категории технического состояния сооружений:

- нормативное техническое состояние;
- работоспособное техническое состояние;
- ограниченно-работоспособное техническое состояние;
- неработоспособное техническое состояние;
- предельное (аварийное) техническое состояние.

С целью формирования единого подхода при представлении сведений о результатах наблюдений за водными объектами в ФГБНУ «РосНИИПМ» разработаны инструкция по кодированию ВХС и ГТС и методические указания по ведению государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации.

Список использованных источников

1 Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов: постановление Правительства РФ от 10 апреля 2007 г. № 219 // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

3 Водный кодекс РФ от 03 июня 2006 г. № 74-ФЗ // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

4 Об утверждении состава, формы представления сведений о гидротехническом сооружении, необходимых для формирования и ведения Российского регистра гидро-

технических сооружений, и правил ее заполнения: утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25.04.2016 № 159 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://i-risk.ru/upload/iblock/a52/Pr_R_159.pdf, 2016.

5 О классификации гидротехнических сооружений: постановление Правительства РФ от 2 ноября 2013 г. № 986 // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

6 Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по предоставлению государственной услуги по утверждению деклараций безопасности поднадзорных гидротехнических сооружений, находящихся в эксплуатации: утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 августа 2015 г. № 312 // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

7 Об утверждении порядка представления и состава сведений, представляемых Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, для внесения в государственный водный реестр: утв. приказом МПР от 30 ноября 2007 г. № 316 // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

8 ГОСТ Р 54523-2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – Введ. 2011-11-25. – М.: Стандартинформ, 2012. – 203 с.

УДК 627.133:532.543

А. А. Чураев, Л. В. Юченко

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

УСКОРЕННЫЕ И СОКРАЩЕННЫЕ МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ВОДЫ В ОТКРЫТЫХ ВОДОТОКАХ И КАНАЛАХ

Цель исследования – изучение и анализ существующих ускоренных и сокращенных методов и способов измерения расхода воды с возможностью их использования в открытых водотоках и каналах. В результате исследований отобраны и проанализированы сокращенные методы и способы измерения расхода воды, приемлемые для использования на мелиоративных каналах.

Ключевые слова: способ, метод, расход воды, скоростная вертикаль, репрезентативный элемент, глубина потока, скорость потока, погрешность измерения.

A. A. Churaev, L. V. Yuchenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

RAPID AND SHORT-CUT METHODS AND FLOW MEASUREMENT TECHNIQUES IN OPEN CHANNELS AND CANALS

The purpose of the research is to study and analyze existing rapid and short-cut methods and techniques for flow measurement with the possibility of their use in open channels and canals. As a result of research, the short-cut methods and techniques for flow measurement acceptable for use on irrigation canals were selected and analyzed.

Key words: method, technique, water flow, velocity vertical, representative element, flow depth, flow velocity, measurement error.

Использование распространенного метода измерений расхода воды «скорость – площадь» на открытых водотоках и каналах требует значительных затрат времени на многоточечные измерения приборами как детальным, так и основным способами. Эф-

фективность использования данного метода возрастает при ускорении или сокращении времени процесса измерений. Способы ускоренных измерений расхода воды на открытых каналах и водотоках многообразны. Они включают сокращенные способы измерения, интеграционные измерения с движущегося судна, измерения с помощью гидроакустических установок, аэрогидрометрический метод. Считается, что для открытых каналов мелиоративных систем наиболее приемлем способ измерения, основанный на уменьшении количества скоростных вертикалей или числа точек измерения. При ускоренных способах измерения точечного наблюдения возможно уменьшение количества скоростных вертикалей (до одной – трех) с условием, что среднее квадратическое отклонение получаемых расходов воды не превышает 5 % от результатов измерения основным способом.

Существуют два варианта сокращенных измерений расхода воды на открытых водотоках и каналах [1]:

- применение интерполяционно-гидравлической модели;
- использование его репрезентативных элементов.

Интерполяционно-гидравлическая модель расхода воды основывается на представлении измеренной средней скорости на вертикали v_i в виде суммы двух составляющих:

$$v_i = \bar{v}_i + w_i, \quad (1)$$

где $\bar{v}_i$ – компонента измеренной скорости, гидравлически обусловленная глубиной на вертикали, м/с;

w_i – структурная составляющая средней скорости на вертикали, зависящая от особенностей кинематической структуры потока (она включает также случайные погрешности измерения).

Если считать уклон свободной поверхности и коэффициент шероховатости неизменными по ширине потока, то:

$$\bar{v}_i = ah_i^{2/3}, \text{ причем } a = \sqrt{I}/n, \quad (2)$$

где h_i – рабочая глубина, м;

I – уклон свободной поверхности;

n – коэффициент шероховатости.

Величины w_i и w_j не следуют за изменением глубин. Поэтому для определения среднего по ширине отсека значения w_s допустима их линейная интерполяция:

$$w_s = 0,5(w_i + w_j). \quad (3)$$

На основе приведенных предпосылок И. Ф. Карасевым [1] синтезирована следующая модель расхода воды, названная интерполяционно-гидравлической:

$$Q = \sum_{s=1}^N \left\{ a_0 h_s^{2/3} + P_s [v_i + v_j - a_0 (h_i^{2/3} + h_j^{2/3})] \right\} f_s, \quad (4)$$

где h_s – средняя глубина в отсеке между скоростными вертикалями, м;

P_s – весовой коэффициент ($P_s = 0,7$ для прибрежных отсеков ($s=1$; $s=N$), $P_s = 0,5$ для всех остальных отсеков ($1 < s < N$)).

Значения a_0 устанавливаются по характерным фазам режима на основе специальных многоточечных (детальных) измерений. Вместе с тем величину a_0 вполне допустимо вычислять непосредственно по данным каждого конкретного измерения элементов расхода воды:

$$a_0 = \frac{1}{N_b} \sum_{i=1}^{N_b} \frac{v_i}{h^{2/3}}, \quad (5)$$

где N_b – количество скоростных вертикалей, шт.

При устойчивом русле, когда площадь живого сечения F , м^2 , становится однозначной функцией уровня, все измерения расхода воды сводятся к определению средней скорости потока $v_{\text{ср}}$, м/с . Давно замечено, что ее значение тесно связано со скоростями течения в какой-либо точке или со средней скоростью на вертикали, которые и носят название репрезентативных. В качестве репрезентативной скорости принимается максимальная скорость в поперечном сечении потока или в точке стержневой вертикали на глубине $0,2h$. При этом по данным предшествующих многоточечных измерений строится зависимость $v_{\text{ср}} = f(v_{\text{макс}})$ или $v_{\text{ср}} = f(v_{0,2h})$, которая аналитически может быть представлена в виде уравнения регрессии:

$$v_{\text{ср}} = a_0 + a_1 u_{\text{макс}(0,2h)}. \quad (6)$$

Заслуживает внимания предложение Е. П. Буравлева использовать в качестве репрезентативных средние скорости на вертикалях в прибрежных частях потока, расположенных на расстояниях $0,2B$ и $0,8B$ (считая от одного из урезов воды) [2]. Расчетное уравнение регрессии в таком случае приобретает вид:

$$v_{\text{ср}} = a_0 + a_1 v_{0,2B} + a_2 v_{0,8B}, \quad (7)$$

где B – ширина потока, м .

По мнению Г. В. Железнякова, сокращенный способ предусматривает измерение скоростей в открытом русле на одной-двух репрезентативных вертикалях в точках на $0,2h$ и $0,8h$ или в одной точке на $0,6h$; при ледяном покрове и заросшем русле – на трех вертикалях в точках на $0,15h$, $0,50h$ и $0,85h$ [3]. Указанный способ применим для русел с незначительными деформациями и при надлежащем его обосновании на основе расходов, измеренных детальным или основным способом.

Известен сокращенный способ определения расходов воды в каналах трапецидального сечения по средней скорости потока, измеренной в одной точке живого сечения. Наиболее высокая точность измерения по этому способу обеспечивалась в гидрометрических створах с фиксированным руслом, где между параметрами потока сохранялась устойчивая связь.

По исследованиям А. А. Осиповича, теоретической основой этого способа являются закономерности распределения продольных осредненных скоростей в трапецидальных каналах [4, 5]. Формула для расчета местных скоростей имеет вид:

$$U = V + LU_{\text{ж1}} \left[\ln \frac{D(x_1)}{\delta_1} + 2,9 - \frac{\delta_1}{D(x_1)} \right] + MU_{\text{ж2}} \left[\ln \frac{D(x_2)}{\delta_2} + 2,9 - \frac{\delta_2}{D(x_2)} \right] - S, \quad (8)$$

где V – средняя скорость потока, м/с ;

L , M – параметры, имеющие смысл весовых функций влияния на местную скорость границ сечения;

$U_{\text{ж1}}$, $U_{\text{ж2}}$ – динамическая скорость плоского потока соответственно по вертикали и по горизонтали, м/с ;

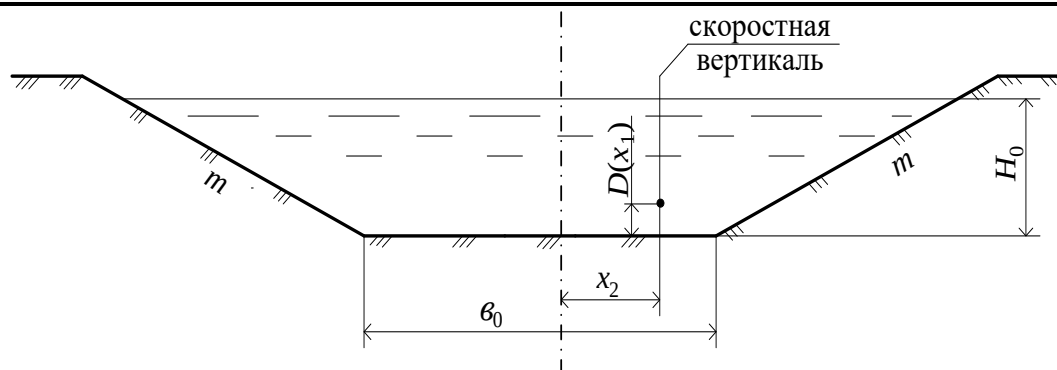
$D(x_1)$ – расстояние от дна, м ;

$D(x_2)$ – расстояние от боковой стенки до точки, в которой определяется скорость, м ;

δ_1 , δ_2 – толщины пристенных слоев соответственно плоского потока по вертикали и горизонтали, м ;

S – параметр, зависящий от величины L и M .

Приняв $U = V$, с помощью формулы (8) получают неявную функцию $f[D(x_1), D(x_2)]$, график которой является изотаксой средней скорости потока. Используя функцию, для заданных значений x_2 находят величины $D(x_1)$, которые и определяют глубины на вертикалях, где местная скорость равна средней скорости потока (рисунок 1).



H_0 – глубина потока воды, м; b_0 – ширина по дну, м; m – коэффициент заложения откосов;
 x_2 – расстояние от оси или боковой стенки канала до точки, в которой определяется
 средняя скорость потока, м; $D(x_1)$ – расстояние от дна канала до точки,
 в которой местная скорость равна средней скорости потока, м

Рисунок 1 – Схема способа измерения расхода воды в каналах трапециевидного сечения по средней скорости потока, измеренной в одной точке живого сечения

Для обоснования выбора вертикали, на которой погрешность измерения будет минимальной, проведены многократные измерения расходов воды детальным способом, и была получена разность между средней скоростью потока и местной скоростью на глубине $D(x_1)$, которая характеризовала возможную погрешность измерения средней скорости на данной вертикали. Значения погрешностей были объединены в ряды и обработаны статистическими методами. В результате двухточечной оценки погрешности измерения средней скорости для четырех положений вертикали было определено, что значения погрешности измерения по ширине потока неодинаковы. Средняя погрешность не превышает 5 %, а предельная с доверительной вероятностью 0,95–6,00 %. Однако имеются вертикали, погрешность измерения на которых вдвое меньше. Они располагаются в окрестности значений x_2 / b_0 , близких к 0,4. Именно здесь и целесообразно размечать скоростную вертикаль, так как погрешность измерения на ней составляет не более 2 %, а предельная погрешность с доверительной вероятностью 0,95–3,00 %.

Аналогичный способ по выполнению измерений содержат методические указания 1992 г. [6]. Методические указания устанавливают основные положения выполнения измерений расхода воды по средней скорости потока, измеренной в одной точке гидрометрического створа при равномерном, неравномерном и неустановившемся движении воды. Метод измерения расхода воды по средней скорости потока, является разновидностью метода «скорость – площадь» и основан на закономерности распределения продольных скоростей в открытых потоках.

Известна научная работа Т. В. Казаченко, в которой автор на основе исследований, проведенных на мелиоративных сооружениях Ставропольского края, предлагает два ускоренных гидрометрических способа измерений расхода:

- по первому способу средняя скорость потока измеряется по двум представительным вертикалям или двум представительным точкам, расположенным на этих вертикалях;

- по второму способу средняя скорость потока определяется по уравнению связи:

$$v = f(u_{0,2\text{ось}}) \text{ или } v = f(u_{0,6\text{ось}}), \quad (9)$$

где $v = f(u_{0,2\text{ось}})$, $v = f(u_{0,6\text{ось}})$ – местные скорости в представительных точках $0,2h$ или $0,6h$ (h – глубина воды на осевой вертикали гидрометрического створа, м) [7].

Предлагаемые ускоренные гидрометрические способы рекомендуются для водо-

учета в магистральных, межхозяйственных и хозяйственных каналах глубиной от 0,5 до 2,5 м и расходами воды до 15 м³/с.

Для гидрометрических створов, расположенных на облицованных участках трапециевидных каналов с равномерным движением, расход воды рекомендуется определять измерением средней скорости всего потока по двум представительным вертикалям или по двум представительным точкам на этих вертикалях.

В облицованных и земляных каналах с устойчивым руслом при равномерном и плавно изменяющемся движении расход воды предлагается определять по скорости, измеренной в точке, расположенной на глубине $0,6h$ или $0,2h$ осевой вертикали гидрометрического створа. При зарастании и заилении канала, изменении его профиля поперечного сечения (приближающегося к параболическому) расход воды определяется измерением местной скорости в стандартной точке на глубине $0,2h$ стержневой вертикали гидрометрического створа. Затраты времени на измерение одного расхода воды предлагаемыми способами составляют 8–13 минут.

В начале 60-х годов прошлого столетия практическая гидрометрия для определения средних скоростей по вертикали пользовалась обычно упрощенными методами с сокращенным количеством точек измерения [8]. К таким методам относился трехточечный метод, при котором скорости измерялись в точках, расположенных на 0,2; 0,6 и 0,8 глубины вертикали от поверхности. Величина v_{cp} в этом случае определялась по формуле:

$$v_{cp} = \frac{v_{0,2h} + 2v_{0,6h} + v_{0,8h}}{4}. \quad (10)$$

В дальнейшем этот метод в эксплуатационной гидрометрии заменяют двухточечным методом, который, не уступая по точности трехточечному, требует при измерении расходов воды меньшей затраты времени, а v_{cp} определяют как среднеарифметическое от этих скоростей:

$$v_{cp} = \frac{v_{0,2h} + v_{0,8h}}{2}. \quad (11)$$

Этот метод считается основным, так как он обеспечивает достаточную для практики точность определения средней скорости (возможные ошибки не выходят из пределов $\pm(2-3)\%$).

К наиболее простому и наименее точному относится одноточечный метод [9], при котором v_{cp} определяют по скорости, измеренной на 0,6 глубины вертикали, принимая их приближенно равными:

$$v_{cp} = v_{0,6h}. \quad (12)$$

Основанием для применения указанного метода служит установленная опытом особенность распределения скоростей по глубине. Эта особенность заключается в том, что средние скорости течения по вертикали по своей величине достаточно близки к скоростям, расположенным примерно на $0,6h$. Обычно этот метод применяют на вертикалях с малыми глубинами, где измерение скоростей $0,8h$ (например, при двухточечном методе) невозможно из-за размера измерительного прибора, или, когда целостности прибора грозит опасность от движущихся по дну крупных наносов. Вероятные ошибки определения v_{cp} при этом методе равны примерно $\pm(5-6)\%$.

К одноточечному методу относится также метод определения средней скорости поверхностной скорости $v_{пов}$ с введением некоторого поправочного коэффициента k , выражающего отношение:

$$v_{cp} = kv_{пов}. \quad (13)$$

Рядом сопоставлений поверхностных и средних скоростей по отдельным верти-

калям установлено, что отношение $v_{\text{ср}}$ к $v_{\text{пов}}$ в различных условиях колеблется от 0,70 до 0,98 с довольно устойчивыми средними значениями от 0,84 до 0,87.

Достаточная устойчивость среднего значения поправочного коэффициента k допускает на практике принимать его равным 0,85, а среднюю скорость по вертикали вычислять из выражения:

$$v_{\text{ср}} = 0,85v_{\text{пов}}. \quad (14)$$

Применение осредненного значения k может довести в наиболее неблагоприятных случаях ошибку в определении $v_{\text{ср}}$ до $\pm(15-20) \%$.

Таким образом практикуемый на мелиоративных каналах детальный (многоточечный) гидрометрический способ измерения расходов воды имеет достаточную для практики водоучета точность, но требует больших затрат труда и времени на измерение одного расхода. Путь совершенствования этого метода водоучета направлен на ускорение и облегчение работ по измерению расхода воды без существенного снижения точности его определения. Этого можно добиться путем использования представительных (репрезентативных) элементов водного потока – максимальной поверхностной скорости, средней скорости на вертикали, средней скорости всего потока, площади живого сечения, глубины и т. п.

На основе анализа рассмотренных сокращенных способов и методов измерения расхода воды для дальнейших исследований были выбраны два наиболее приемлемых метода [10, 11]:

- сокращенный метод одноточечного измерения средней скорости на 0,6 глубины каждой вертикали;
- метод измерения средней скорости в одной точке сечения на одной вертикали гидрометрического створа.

Одноточечный сокращенный метод измерения скорости потока может быть применен на малых каналах с небольшой глубиной (до 0,75 м) и расходом (до 20 м³/с) в устойчивых необлицованных и облицованных руслах при равномерном движении потока воды.

Метод измерений по средней скорости в одной точке гидрометрического створа, может быть применен на каналах с различной глубиной в устойчивых необлицованных и облицованных руслах при равномерном и неравномерном движении потока воды.

Список использованных источников

- 1 Карасев, И. Ф. Гидрометрия: учеб. для техникумов / И. Ф. Карасев, И. Г. Шумков. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 384 с.
- 2 Буравлев, Е. П. Упрощенный способ измерения расхода воды на судоходных реках: информ. письмо № 2(81) УГМС АзССР / Е. П. Буравлев. – Баку, 1975. – 26 с.
- 3 Железняков, Г. В. Гидрометрия / Г. В. Железняков. – М.: Колос, 1964. – 303 с.
- 4 Осипович, А. А. Способ измерения средней скорости потока в каналах трапецеидального сечения / А. А. Осипович // Гидравлика открытых русел: сб. науч. тр. / ЦНИИКИВР. – М.: ВНИИГиМ, 1984. – С. 40–45.
- 5 Осипович, А. А. Способ измерения расходов воды / А. А. Осипович // Гидротехника и мелиорация. – 1982. – № 1. – С. 56–57.
- 6 Методические указания. Расход воды в каналах. Методика выполнения измерений по средней скорости в одной точке гидрометрического створа: МИ 13-92: утв. Минским центром эталонов, стандартизации и метрологии и ЦНИИКИВР 11.03.92, 1992. – 20 с.
- 7 Казаченко, Т. В. Ускоренные гидрометрические способы определения расходов воды на открытых оросительных системах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Казаченко Тамара Витальевна. – Новочеркасск, 2001. – 24 с.
- 8 Ярцев, В. Н. Эксплуатационная гидрометрия / В. Н. Ярцев. – М.: Сельхозгиз, 1951. – 280 с.

9 МИ 1759-87. Расход воды на реках и каналах. Методика выполнения измерений методом «скорость – площадь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4293792/4293792595.htm>, 2017.

10 Вайнберг, М. В. Водоучет на открытых каналах оросительных систем / М. В. Вайнберг // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2(62). – С. 27–31.

11 Провести исследования и разработать стандарт организации Минсельхоза России «Мелиоративные системы и сооружения. Эксплуатация. Правила определения расхода воды в открытых каналах оросительных систем с использованием метода односточечного измерения скорости потока»: отчет о НИР (закл.): 2.1.4 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Чураев А. А. – Новочеркасск, 2013. – 113 с. – Исполн.: Юченко Л. В., Митров В. В., Кокарев Я. В. – № ГР 01201374904. – Инв. № 02201363151.

УДК 626.823.6.002.56

М. В. Вайнберг, А. А. Чураев

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

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СРЕДСТВАМ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОДНОГО ПОТОКА С УЧЕТОМ НОВЫХ УСЛОВИЙ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

В статье приведены основные требования к средствам измерения параметров водного потока согласно федеральному закону «Об обеспечении единства измерений». Рассмотрены применяемые средства измерения для определения уровня воды от простейших до позволяющих организовать автоматизированный сбор и обработку данных. Определены основные требования, предъявляемые к средствам водоизмерения с целью использования их на государственных мелиоративных системах, которые помогут при выборе того или иного прибора по преобладающим факторам для конкретного объекта с учетом специфики условий установки и эксплуатации.

Ключевые слова: средства измерения, водный поток, водопользование, оросительная сеть, приборное обеспечение, водоучет.

M. V. Vaynberg, A. A. Churaev

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

BASIC REQUIREMENTS FOR MEASURING DEVICES OF WATER FLOW PARAMETERS IN TERMS OF NEW WATER USE CONDITIONS

The article gives the main requirements to the measuring devices of the water flow parameters according to the Federal law “On ensuring uniformity of measurements”. The applied measuring devices for determining the water level from the simplest to those that allow to organize the automated data collection and processing are considered. The main requirements for water measuring devices aimed at using them on the national reclamation projects are determined, that will help in choosing a particular device based on the predominant factors for a particular facility, taking into account the specific conditions of installation and operation.

Key words: measuring devices, water flow, water use, irrigation network, instrumentation, water accounting.

Приборное обеспечение водоучета определяется принятой технологией измерения контролируемых параметров. Оно должно формироваться из средств измерения и специального оборудования, серийно выпускаемых отечественной или зарубежной приборостроительной промышленностью и имеющих метрологическое обеспечение

по требованиям закона РФ № 102-ФЗ от 2008 года [1]. Данный закон регулирует отношения, возникающие при выполнении измерений в Российской Федерации. Он устанавливает требования к измерениям, единицам величин, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, применению стандартных образцов, средств измерений, методик (методов) измерений, а также осуществлению деятельности по обеспечению единства измерений.

Согласно федеральному закону (статья 9) [1] в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений необходимо выполнение следующих требований:

- к применению допускаются средства измерений утвержденного типа, прошедшие поверку в соответствии с положениями настоящего Федерального закона;
- конструкция средств измерений должна обеспечивать ограничение доступа к определенным частям средств измерений (включая программное обеспечение) в целях предотвращения несанкционированных настройки и вмешательства, которые могут привести к искажениям результатов измерений;
- порядок отнесения технических средств к средствам измерений устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений.

Применительно к мелиорации государственному регулированию обеспечения единства измерений подвергаются нормативные документы и средства измерений, обеспечивающие только учет объема стока воды на мелиоративных системах. Прочие виды измерений в соответствии с новым законодательством отнесены к технологическим измерениям, точность и достоверность которых обеспечивается ведомственными метрологическими службами эксплуатации мелиоративных систем [2].

При определении параметров водного потока применяются национальные стандарты, касающиеся области водоучета, а именно:

- ГОСТ Р 51657.5-2000 «Водоучет на гидромелиоративных и водохозяйственных системах. Способ измерения расходов воды с использованием ультразвуковых (акустических) измерителей скорости. Общие технические требования», который устанавливает общие технические требования к способу измерения и условиям применения ультразвуковых (акустических) измерителей скорости с целью измерения расходов воды в открытых водотоках, реках, каналах или закрытых водоводах со свободной поверхностью воды методом «скорость – площадь» [3];

- ГОСТ 15528-86 «Средства измерений расхода, объема или массы протекающих жидкости и газа. Термины и определения», который устанавливает термины и определения понятий в области средств измерений расхода, объема или массы протекающей жидкости [4];

- ГОСТ 28725-90 ГСИ. «Приборы для измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов. Общие технические требования и методы испытаний», который устанавливает общие технические требования и методы испытаний уровнемеров, предназначенных для определения положения границы раздела двух сред (уровня) с различными физическими свойствами, и датчиков (измерительных преобразователей) уровня, предназначенных для преобразования значения уровня в электрические или пневматические унифицированные выходные сигналы, изготавливаемых для нужд хозяйства и экспорта [5].

Приборное обеспечение водоучета и водоизмерения должно представлять собой унифицированные контрольно-измерительные комплексы, которые могут иметь различия в зависимости от вида объекта (открытая оросительная сеть, закрытая оросительная сеть, трубопроводы насосных станций) и состава измеряемых параметров. Обязательными условиями применения таких комплексов должны быть: стабильность работы в условиях нестабильного энергоснабжения; наличие стандартных выходных сигналов для передачи информации через телекоммуникационные системы; блочное построение для безопасного демонтажа оборудования на зимнее хранение.

Рассмотрим применяемые средства измерения водного потока для определения уровня воды [6]. К простейшим измерителям уровня воды относятся водомерные переносные рейки. Данные средства дешевы, просты в производстве, эксплуатации и метрологическом обеспечении.

Другое интересное семейство уровнемеров – емкостные приборы. Принцип их действия основан на зависимости электрической емкости между двумя частично погруженными в воду проводниками от уровня воды. Емкостный принцип является весьма перспективным для построения уровнемеров, поскольку позволяет создавать исключительно экономичные устройства. Однако, существенную проблему составляет наличие зависимости показаний таких приборов от диэлектрической проницаемости воды, которая в реальных условиях может меняться в достаточно широких пределах.

Ультразвуковые уровнемеры являются наиболее перспективными при наличии на гидрометрических постах электрической энергии. Они обладают целым рядом положительных свойств: полностью автоматизируется процесс измерений и передачи информации, расходы и объемы воды можно измерять не только при свободном, но и при подтопленном движении воды в канале, не требуется размещения в движущемся потоке каких-либо измерительных устройств. К недостаткам этих способов следует отнести необходимость наличия электрической энергии, сложность электронных схем измерительных устройств, требующих для эксплуатации и ремонта высококвалифицированных специалистов и современного сервисного обслуживания. При использовании ультразвуковых установок погрешность определения расходов воды с использованием одноканальных ультразвуковых измерителей скорости по данным зарубежных исследований достигает 7,0 % [7]. По результатам отечественных метрологических исследований погрешность определения расходов воды может быть уменьшена и достигать 4,0–5,0 % в результате использования многоканальных ультразвуковых установок (8–10 каналов).

Выпускается также серия пневматических уровнемеров, принцип действия которых основан на измерении разности атмосферного и гидравлического давлений. Данные устройства надежны, просты в установке и эксплуатации.

В серии уровнемеров интересны уровнемеры, использующие пузырьковый принцип. Принцип работы заключается в том, что специальный микропроцессор создает давление в капилляре, опущенном в воду. При достижении давлением в капилляре определенной величины образуется пузырек воздуха. Давление в момент образования пузырька прямо пропорционально глубине погружения выходного отверстия капилляра. Отличительной особенностью приборов подобного типа является то, что они не требуют наличия успокоительного колодца, однако у них имеется и существенный недостаток – зависимость показаний от плотности жидкости, что может послужить препятствием для применения приборов подобного типа в условиях сильно загрязненных стоков.

Интересны бесконтактные уровнемеры, работающие на микроволновом принципе. Их отличительная особенность – низкая потребляемая мощность, что позволяет осуществлять электропитание от солнечной батареи. Также возможна дистанционная передача результатов измерения на удаленное устройство по радиоканалу.

Разумеется, весь спектр технических средств водоучета не исчерпывается рассмотренными устройствами. Однако уже на примере вышеописанных приборов отчетливо прослеживается тенденция создания универсальных, стыкуемых между собой блочно-модульных комплексов, позволяющих организовать автоматизированный сбор и обработку измерительных данных и, при необходимости, осуществлять управление исполнительными устройствами по стандартным каналам телемеханики.

Для снижения финансовых и материальных затрат на приборное обеспечение водоучета необходимо [8]:

- минимизировать номенклатуру средств измерений водных параметров;

- использовать серийно выпускаемые средства измерения общепромышленного применения для создания средств водоучета и водоизмерения;
- максимально унифицировать приборы и оборудование при полной информационно-технической совместимости и блочно-модульном построении измерительных комплексов;
- обеспечить возможность поэтапного перехода от простых средств измерений к сложным, высокоточным информационно-измерительным комплексам;
- проводить сравнительные испытания выпускаемых приборов на предмет их пригодности к использованию в мелиоративной отрасли;
- готовить предложения, исходные требования и заказы на приборостроительные предприятия по доработке приборного обеспечения с учетом изменения ситуации на мелиоративных системах.

Итак, к основным требованиям, предъявляемым к приборам водоизмерения с целью использования их на государственных мелиоративных системах относятся:

- диапазон измерения уровня и перепада уровней;
- диапазон измерения расхода;
- диапазон измерения стока;
- типы датчиков (для напорных трубопроводов);
- допустимая погрешность измерения;
- максимальное допустимое расстояние между датчиком и вторичным преобразователем;
- наличие интерфейса для связи с системами удаленного сбора информации или автоматики;
- напряжение питания устройства;
- максимальная допустимая потребляемая мощность;
- степень защиты устройства от внешних воздействий;
- вариант конструктивного исполнения вторичного прибора;
- температура окружающей среды;
- завоздушенность водного потока (в напорных трубопроводах);
- средний срок службы;
- среднее время наработки на отказ;
- стоимость устанавливаемого прибора.

Перечисленные требования необходимы для выбора того или иного прибора по преобладающим факторам для конкретного объекта с учетом специфики условий установки и эксплуатации. Данные требования помогут эксплуатационным организациям, обслуживающим современные оросительные системы, организовать точный и достоверный водоучет.

Список использованных источников

1 Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон от 11 июня 2008 г. № 102-ФЗ: по состоянию на 13 июля 2015 г. // Техэксперт 2017 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт», 2017.

2 Бочкарев, В. Я. Перспективы развития нормативно-методической базы метрологического обеспечения водоучета на мелиоративных системах / В. Я. Бочкарев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: Геликон, 2008. – Вып. 40. – Ч. II. – С. 117–128.

3 ГОСТ Р 51657.5-2000. Водоучет на гидромелиоративных и водохозяйственных системах. Способ измерения расходов воды с использованием ультразвуковых (акустических) измерителей скорости. Общие технические требования. – Введ. 2003-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 24 с.

4 ГОСТ 15528-86. Средства измерений расхода, объема или массы протекающей

жидкости и газа. Термины и определения. – Введ. 1988-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 43 с.

5 ГОСТ 28725-90. Приборы для измерения уровня жидкости и сыпучих материалов. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 1992-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 26 с.

6 Бочкарев, В. Я. Новые технологии и средства измерений, методы организации водоучета на оросительных системах / В. Я. Бочкарев; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2012. – 227 с. – Деп. в ВИНТИ 27.04.12, № 196-B2012.

7 Кизяев, Б. М. Водопользование и водоучет на водохозяйственных и мелиоративных системах агропромышленного комплекса страны / Б. М. Кизяев, А. Е. Погодаев, Е. Г. Филиппов. – М.: ВНИИА, 2004. – 132 с.

8 Карасев, И. Ф. Гидрометрия / И. Ф. Карасев, А. В. Васильев, Е. С. Субботина. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 390 с.

УДК 626/627

Т. М. Мавланов, Э. С. Тошматов, Ж. А. Ярашев, М. Р. Хуразбоев

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

РАСЧЕТ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДОМ

В работе на основе теории оболочек исследована задача о напряженно-деформированном состоянии неоднородных по толщине ортотропных призматических в плане элементов гидротехнических сооружений. На конкретном примере была рассмотрена слоистая полая оболочка в форме прямоугольника со сторонами a и b . Как следует из полученных результатов, напряжения по толщине для каждого слоя при $n > 1$ распределяются по законам близким к линейным. Распределение тангенциальных напряжений в каждом слое незначительно отклоняется от линейного закона при $n = 1, 2$. Несущественное изменение нормального перемещения по толщине имеет место лишь при $n = 1, 2$. Перемещения u_x, u_y распределены по толщине по нелинейному закону, который для $n = 1, 2$ близок к ломаной линии.

Ключевые слова: неоднородные конструкции, призматические элементы, теория оболочек, гидротехнические сооружения.

T. M. Mavlanov, E. S. Toshmatov, Zh. A. Yarashev, M. P. Khurazboev

Tashkent Institute of Irrigation and Melioration, Tashkent, Republic of Uzbekistan

CALCULATION OF PRISMATIC ELEMENTS OF HYDROTECHNICAL STRUCTURES BY NUMERICAL METHOD

In the work on the basis of the theory of shells, the problem of the strain-stress state of hydrotechnical structures heterogeneous in thickness orthotropic prismatic in terms of elements was investigated. A layered shallow shell in the form of a rectangle with sides a and b was considered in a specific context. As follows from the results obtained, thicknesses stresses for each layer for $n > 1$ are distributed according to near-linear laws. The membrane stress distribution in each layer slightly departs from the linearity for $n = 1, 2$. A minor variation in the normal displacement over the thickness occurs only for $n = 1, 2$. The displacements u_x, u_y are distributed over the thickness by a nonlinear law, which for $n = 1, 2$ is close to a polygonal line.

Key words: heterogeneous structures, prismatic elements, theory of shells, hydrotechnical structures.

Неоднородные призматические тонкостенные конструкции в качестве конструктивных элементов часто используются в гидротехническом строительстве. Основы

теории и методы расчета однородных тонкостенных конструкций подробно изложены в работе Т. Мавланова [1]. Решение пространственных задач теории упругости для прямоугольных однородных изотропных и ортотропных пластин сравнительно просто может быть получено при определении граничных условий. В этих случаях решаемая система уравнений имеет постоянные коэффициенты и ее решение представляется в виде комбинаций экспоненциальных и тригонометрических функций.

В настоящей работе рассматриваются задачи для произвольно неоднородных по толщине ортотропных призматических в плане пологих оболочек и пластин при некоторых видах граничных условий, допускающих разделение переменных в исходных уравнениях теории упругости [2].

В частности, рассмотрим задачу о напряженно-деформированном состоянии ортотропных слоистых пологих оболочек, координатная поверхность которых имеет в плане форму прямоугольника со сторонами a и b . Для этих оболочек принимаются допущения геометрических характеристик координатной поверхности [2]. Предполагаем, что внутренняя геометрия координатной поверхности не отличается от геометрии плоскости. В исходных уравнениях полагаем, что $a = x$, $b = y$, $y = z$, $H_1 = 1 + k_1 z$, $H_2 = 1 + k_2 z$, $H_3 = 1$, где x , y , z – декартовы координаты.

Второе допущение, принимаемое для пологой оболочки, состоит в том, что главные кривизны k_1 и k_2 рассматриваются как постоянные величины, т. е. $k_1 = \text{const}$, $k_2 = \text{const}$. Согласно исследованиям А. С. Вольмира [2] с учетом этих допущений исходные уравнения для i -го слоя принимают вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x}(H_1 \sigma_y^i) + \frac{\partial}{\partial y}(H_1 \tau_{xy}^i) + \frac{\partial}{\partial z}(H_1 H_2 \tau_{xz}^i) + k_1 H_2 \tau_{xz}^i + H_1 H_2 F_x^i &= 0, \\ \frac{\partial}{\partial y}(H_1 \sigma_y^i) + \frac{\partial}{\partial z}(H_1 H_2 \tau_{xz}^i) + \frac{\partial}{\partial x}(H_1 \tau_{xy}^i) + k_2 H_1 \tau_{yz}^i + H_1 H_2 F_y^i &= 0, \\ \frac{\partial}{\partial z}(H_1 H_2 \sigma_z^i) + \frac{\partial}{\partial x}(H_2 \tau_{xz}^i) + \frac{\partial}{\partial y}(H_1 \tau_{yz}^i) - k_1 H_2 \sigma_x^i - k_2 H_1 \sigma_y^i + H_1 H_2 F_z^i &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Выражения для деформаций через перемещения:

$$\begin{aligned} e_x^i &= \frac{1}{H_1} \frac{\partial u_x^i}{\partial x} + \frac{k_1}{H_1} u_z^i, \\ e_y^i &= \frac{1}{H_2} \frac{\partial u_y^i}{\partial y} + \frac{k_2}{H_1} u_z^i, \\ e_z^i &= \frac{\partial u_z^i}{\partial z}, \\ e_{xy}^i &= \frac{H_1}{H_2} \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{u_x^i}{H_1} \right) + \frac{H_2}{H_1} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{u_y^i}{H_2} \right), \\ e_{xz}^i &= \frac{1}{H_1} \frac{\partial u_x^i}{\partial x} + H_1 \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{u_x^i}{H_1} \right), \\ e_{yz}^i &= H_2 \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{u_y^i}{H_2} \right) + \frac{1}{H_2} \frac{\partial u_z^i}{\partial y}. \end{aligned} \quad (2)$$

Соотношения обобщенного закона Гука:

$$e_x^i = a_{11}^i \sigma_x^i + a_{12}^i \sigma_y^i + a_{13}^i \sigma_z^i,$$

$$e_y^i = a_{12}^i \sigma_x^i + a_{22}^i \sigma_y^i + a_{23}^i \sigma_z^i,$$

$$e_z^i = a_{13}^i \sigma_x^i + a_{23}^i \sigma_y^i + a_{33}^i \sigma_z^i,$$

$$e_{yz}^i = a_{44}^i \tau_{yz}^i, e_{xz}^i = a_{55}^i \tau_{xz}^i, e_{xy}^i = a_{66}^i \tau_{xy}^i,$$

где $i = 1, 2, \dots, N$; $0 \leq x \leq a$; $0 \leq y \leq b$; $z_{i-1} \leq z \leq z_i$;

$a_{11}^i, a_{12}^i, \dots, a_{66}^i$ – упругие характеристики в каждом слое являются произвольными функциями координаты z .

Разрешающая система уравнений для рассматриваемого класса оболочек после применения метода разделения переменных сводится к системе дифференциальных уравнений вида:

$$\begin{cases} \frac{d\bar{\sigma}}{dz} = B(z)\bar{\sigma}(z) + \bar{f}, \quad \bar{\sigma} = \{\sigma_z, \tau_{xz}, \tau_{yz}, w, u, v\}, \\ B(z) = \|b_{ij}(z)\| (i, j = 1, 2, \dots, 6), \quad \bar{f} = \{f_1, f_2, \dots, f_6\}. \end{cases} \quad (3)$$

Ненулевые элементы матрицы B и компоненты вектора $\bar{f}$ записываются в виде:

$$\begin{aligned} b_{11} &= \frac{k_1}{H_1} \left(\frac{\Delta_1}{\Delta} - 1 \right) + \frac{k_2}{H_2} \left(\frac{\Delta_2}{\Delta} - 1 \right), \quad b_{12} = \frac{\lambda_m}{H_1}, \quad b_{13} = \frac{\lambda_n}{H_2}, \\ b_{14} &= \frac{1}{\Delta} \left[\frac{k_1}{H_1} \left(a_{22} \frac{k_1}{H_1} - a_{12} \frac{k_2}{H_2} \right) + \frac{k_2}{H_2} \left(a_{11} \frac{k_2}{H_2} - a_{12} \frac{k_1}{H_1} \right) \right], \\ b_{15} &= -\frac{\lambda_m}{\Delta H_1} \left(a_{22} \frac{k_1}{H_1} - a_{12} \frac{k_2}{H_2} \right), \quad b_{16} = -\frac{\lambda_n}{\Delta H_2} \left(a_{11} \frac{k_2}{H_2} - a_{12} \frac{k_1}{H_1} \right), \\ b_{21} &= \frac{\Delta_1 \lambda_m}{\Delta H_1}, \quad b_{22} = -\left(\frac{2k_1}{H_1} + \frac{k_2}{H_2} \right), \quad b_{24} = b_{15}, \\ b_{25} &= -\frac{a_{22} \lambda_m^2}{\Delta H_1^2} + \frac{\lambda_n^2}{H_2^2 a_{66}}, \quad b_{26} = -\frac{\lambda_m \lambda_n}{H_1 H_2} \left(\frac{a_{12}}{\Delta} - \frac{1}{a_{66}} \right), \\ b_{31} &= -\frac{\Delta_2 \lambda_n}{\Delta H_2}, \quad b_{33} = -\left(\frac{2k_2}{H_2} + \frac{k_1}{H_1} \right), \quad b_{34} = b_{16}, \\ b_{35} &= b_{26}, \quad b_{36} = \frac{a_{11} \lambda_n^2}{\Delta H_2^2} + \frac{\lambda_m^2}{H_1^2 a_{66}}, \quad b_{41} = a_{33} + \frac{\Delta_1 a_{13} + \Delta_2 a_{23}}{\Delta}, \\ b_{44} &= -\frac{1}{\Delta} \left(\frac{k_1}{H_1} \Delta_1 + \frac{k_2}{H_2} \Delta_2 \right), \quad b_{45} = -b_{21}, \quad b_{46} = -b_{31}, \quad b_{52} = a_{55}, \\ b_{54} &= -b_{12}, \quad b_{55} = \frac{k_1}{H_1}, \quad b_{63} = a_{44}, \quad b_{64} = -b_{13}, \quad b_{66} = \frac{k_2}{H_2}, \\ f_1 &= -F_z, \quad f_2 = -F_x, \quad f_3 = -F_y. \end{aligned} \quad (4)$$

Амплитудные значения остальных факторов напряженно-деформированного состояния определяются через решения системы уравнений (3):

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{1}{\Delta} \left[-\frac{\lambda_m a_{22}}{H_1} u + \frac{a_{12} \lambda_n}{H_2} v + \left(\frac{a_{22} k_1}{H_1} - \frac{a_{12} k_2}{H_2} \right) w + \Delta_1 \sigma_z \right], \\ \sigma_y &= \frac{1}{\Delta} \left[-\frac{\lambda_m a_{12}}{H_1} u - \frac{a_{11} \lambda_n}{H_2} v + \left(\frac{a_{11} k_2}{H_2} - \frac{a_{12} k_1}{H_1} \right) w + \Delta_2 \sigma_z \right], \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{xy} &= \frac{1}{a_{66}} \left(\frac{\lambda_n}{H_2} u + \frac{\lambda_m}{H_1} v \right), \\ e_x &= \frac{1}{H_1} (-\lambda_m u + k_1 w), \\ e_y &= \frac{1}{H_2} (-\lambda_n v + k_2 w), \\ e_z &= \left(a_{33} + \frac{\Delta_1 a_{13} + \Delta_2 a_{23}}{\Delta} \right) \sigma_z - \frac{1}{\Delta} \left(\frac{k_1}{H_1} \Delta_1 + \frac{k_2}{H_2} \Delta_2 \right) w + \frac{\Delta_1}{\Delta} \frac{\lambda_m}{H_1} u + \frac{\Delta_2}{\Delta} \frac{\lambda_n}{H_2} v.\end{aligned}\quad (5)$$

Таким образом, как и для рассмотренных ранее классов оболочек, имеем краевую задачу для системы обыкновенных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами, разрывными в конечном числе точек интервала интегрирования $[z_0, z_N]$. На ограничивающих поверхностях $z = z_0, z = z_n$ граничные условия могут быть заданы как в напряжениях, так и в перемещениях.

Рассмотрим теперь случай, когда на торцах действуют лишь нормальные напряжения, распределенные таким образом, что торцы остаются плоскими, т. е. имеют место граничные условия:

$$\tau_{xy} = \tau_{xz} = u_x = 0 \text{ при } x = 0, x = a, \quad (6)$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yz} = u_y = 0 \text{ при } y = 0, y = b. \quad (7)$$

Для решения задач рассматриваемого класса использован программный комплекс «Mathcad». В соответствии с вычислительным алгоритмом, сначала для каждой пары значений n и m находятся амплитудные значения всех факторов напряженно-деформированного состояния, а затем производится автоматическое суммирование полученных амплитудных величин для нагрузки, задаваемой конечным отрезком ряда вида (7). Такой процесс позволяет получать распределение напряжений, перемещений и деформаций в произвольной точке рассматриваемой оболочки. Применение на этапе численного решения однородной задачи устойчивого метода дискретной ортогонализации позволяет получать решения с высокой степенью точности.

В качестве конкретного примера рассмотрим задачу о действии на внешнюю поверхность трехслойной призматической оболочки симметричного строения, координатная поверхность которой представляет эллиптический параболоид:

$$z = \frac{\delta}{a+b} \left(x + y - \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} \right), \quad (8)$$

$$\text{нагрузки вида } (x, y, z_n) = -\frac{16q}{m\pi^2} \sin \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} y.$$

Несущие слои оболочки изотропные с модулем упругости E и коэффициентом Пуассона $\nu = 0,3$. Средний слой расположен трансверсально с характеристиками:

$$\begin{aligned}a_{11} = a_{22} &= \frac{E^{-1}}{0,28}, \quad a_{12} = \frac{0,25E^{-1}}{0,28}, \quad a_{33} = \frac{E^{-1}}{3,52}, \\ a_{13} = a_{23} &= \frac{0,25E^{-1}}{3,52}, \quad a_{44} = a_{55} = \frac{E^{-1}}{0,42}, \quad a_{66} = \frac{0,25E^{-1}}{0,28}.\end{aligned}$$

Толщина каждого несущего слоя равна h , заполнителя $2h$, а всего пакета – H . Решение задачи выполнено для $H = \delta = 2$, $h = \frac{1}{4}\delta$, $a = 6$, $b = 8$, $m = 1$, $n = 1, 2, 3, 4$.

Результаты решения даны в виде графиков распределения по толщине тангенциальных σ_x и σ_y и касательных τ_{xz} , τ_{yz} напряжений (рисунок 1).

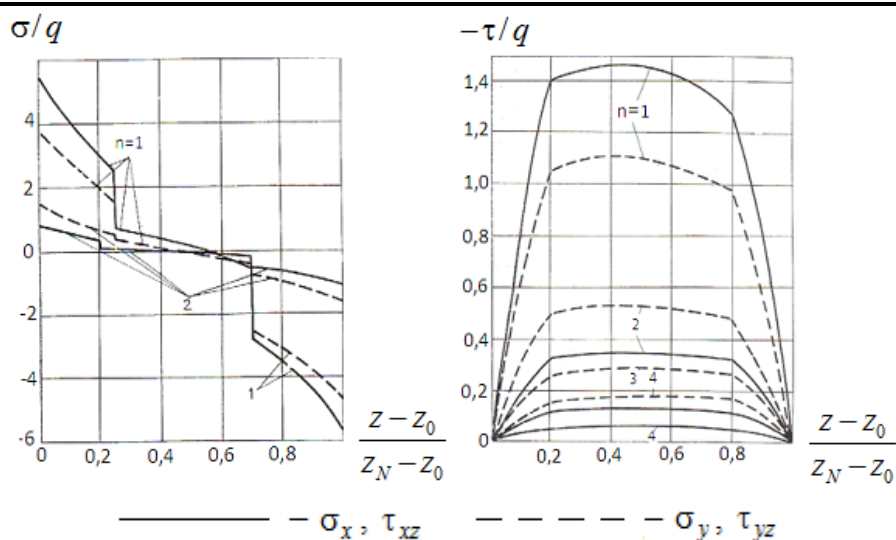


Рисунок 1 – Графики распределения по толщине тангенциальных тангенциальных σ_x и σ_y и касательных τ_{xz} , τ_{yz} напряжений

Как следует из полученных результатов, напряжения по толщине каждого слоя для $n > 1$ распределяются по законам, близким к линейным. Распределение тангенциальных напряжений в каждом слое незначительно отклоняется от линейного при $n = 1, 2$. Несущественное изменение нормального перемещения u_z по толщине имеет место лишь при $n = 1, 2$. Перемещения u_x, u_y распределены по толщине по нелинейному закону, который для $n = 1, 2$ близок к ломаной линии.

Список использованных источников

1 Мавланов, Т. Динамика вязкоупругих осесимметричных и призматических конструкций. Расчеты на прочность / Т. Мавланов. – М.: Машиностроение, 1988. – Вып. 28. – С. 186–199.

2 Вольмир, А. С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек / А. С. Вольмир – М.: Наука, 1987. – 432 с.

3 Мяченков, В. И. Методы и алгоритмы расчета пространственных конструкций на ЭВМ / В. И. Мяченков, В. П. Мальцев. – М.: Машиностроение, 1984. – 277 с.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 633.11:631.811.98(477.72)

**В. В. Гамаюнова, В. Ф. Дворецкий, А. А. Литовченко, Н. Н. Музыка,
Т. А. Касаткина**

Николаевский национальный аграрный университет, Николаев, Украина

Т. В. Глушко

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЛАГИ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

В статье показаны задачи современного земледелия южной зоны Украины, решение которых будет способствовать увеличению зернопроизводства, обосновано значение севооборота и лучших предшественников для зерновых культур, что обеспечивает увеличение урожая и более эффективное использование почвенной влаги и осадков при формировании продуктивности. Приведены результаты исследований по оптимизации питания зерновых культур путем использования современных рострегулирующих препаратов для предпосевной обработки семян и посевов растений в основные периоды вегетации по фону невысоких доз минеральных удобрений. При этом существенно снижается водопотребление культур, повышается окупаемость применения удобрений и рострегулирующих препаратов.

Ключевые слова: озимые, пшеница, ячмень, рожь, тритикале, предшественник, яровые зерновые, урожайность зерна, водопотребление, рострегулирующие препараты, окупаемость.

V. V. Gamayunova, V. F. Dvoretzky, A. A. Litovchenko, N. N. Musyka, T. A. Kasatkina
Nikolaev National Agrarian University, Nikolaev, Ukraine

T. V. Glushko

Kherson State Agrarian University, Kherson, Ukraine

WAYS OF INCREASING GRAIN PRODUCTION AND EFFICIENCY OF MOISTURE USE UNDER THE CONDITIONS OF SOUTHERN STEPPE OF UKRAINE

The problems of modern agriculture in the southern zone of Ukraine the solution of which will contribute to the increase in grain production are shown; the importance of crop rotation and the best preceding crops is justified, that ensures an increase in yield and a more efficient use of soil moisture and precipitation for productivity. The results of studies on optimization of grain crops nutrition by using modern growth-regulating agents for pre-seeding treatment of seeds and plants in the basic vegetation periods on the background of low doses of mineral fertilizers are presented. At the same time, the water consumption of crops is significantly reduced, the payback of fertilizers and growth-regulating agents use is increasing.

Key words: winter crops, wheat, barley, rye, triticale, preceding crop, spring cereals, grain yield, water consumption, growth-regulating agents, payback.

Введение. Проблема стабильного производства зерна высокого качества в Украине всегда была и остается приоритетной, что настраивает земледельцев на разработку мер, позволяющих не только повышать уровень урожайности, но и существенно улучшать основные показатели качества зерна. Важным резервом роста зернопроизводства

может стать внедрение современных сортов зерновых колосовых культур с высоким потенциалом урожайности и качества зерна. Они должны быть адаптированы к условиям выращивания, устойчивыми к неблагоприятным стрессовым абиотическим факторам среды, характеризоваться высоким качеством зерна и продуктов его переработки [1, 2]. Потенциал урожайности современных сортов пшеницы яровой достаточно высокий и достигает 5,0 даже 7,0 т/га, озимой – 8–15 т/га. Вместе с тем в производстве она формируется значительно ниже – на уровне от 2,5–3 до 5 т/га в зависимости от культуры, биологических и сортовых особенностей, погодных условий года и элементов технологии возделывания. К сожалению, выращенное зерно обычно характеризуется и низкими показателями качества. К главным причинам этого следует отнести отсутствие научно обоснованного чередования культур в севооборотах, внесение недостаточного количества органических и минеральных удобрений, низкое содержание доступных элементов питания в почве и в целом снижение их плодородия [3]. Вместе с тем известно, что урожайность и качество зерна всех возделываемых культур, в том числе пшеницы озимой и яровой, значительно зависит от оптимизации питания, и особенно от обеспеченности растений азотом [4–6]. Из зерновых колосовых в наибольшей степени на улучшение фона питания реагирует ячмень. Известно также, что высокую эффективность всех сельскохозяйственных культур обеспечивает использование современных сортов [7]. Их значение, совместно с оптимизацией питания растений, подтверждено и нашими исследованиями, проведенными с рядом сортов зерновых и другими культурами [8].

Материалы и методы. Цель исследований заключается в подборе предшественника и совершенствовании питания пяти сортов пшеницы озимой, озимых ячменя, ржи и тритикале, яровых пшеницы сорт Элегия Мироновская, тритикале сорт Соловей Харьковский и двух сортов ячменя ярового – Сталкер и Вакула путем применения предпосевной обработки семян и посева рострегулирующими веществами в основные периоды вегетации и усовершенствования других элементов технологии.

Исследования проводили на черноземе южном в учебном научно-практическом центре Николаевского НАУ в стационарных севооборотах и на основе краткосрочных опытов. Погодные условия в зоне исследований характеризуются высоким температурным режимом, засушливостью, недостаточным количеством осадков и неравномерным их распределением в течение вегетации. По температурному режиму все годы исследований были типичными для юга Украины. Однако они существенно отличались по обеспеченности растений атмосферными осадками в течение их вегетации. При этом известно, что в условиях Южной Степи Украины именно этот фактор является лимитирующим в формировании высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. Второе место в этой зоне среди лимитирующих факторов принадлежит питанию растений, и в первую очередь азотному [6].

Почва опытного участка представлена черноземом южным тяжелосуглинистым. В слое почвы 0–30 см в среднем содержится: гумуса (по Тюрину) – 2,9–3,2 %, легкогидролизуемого азота – 45–62 мг/кг, нитратов (по Грандваль-Ляжу) – 20–25 мг/кг, подвижного фосфора (по Мачигину) – 36–40 мг/кг, обменного калия (на пламенном фотометре) – 320–460 мг/кг, pH – 6,8–7,2. Общая площадь делянок 80–100 м², учетных – 20–36 м², повторность опытов – трех-четырекратная. Исследования со всеми культурами проводили согласно методике полевого опыта [9].

Результаты и обсуждение. Опытами, проведенными в длительных севооборотах с озимыми культурами, установлено, что наиболее высокой, независимо от погодных условий года возделывания, урожайность зерна формируется при размещении по черному пару в сравнении с другими предшественниками. Покажем это на примере пшеницы озимой (рисунок 1).

Следует отметить существенное ее увеличение при внесении по естественному фону предшественника минеральных удобрений, что убедительно иллюстрирует рису-

нок. К тому же с оптимизацией питания растений, и особенно в неблагоприятные по климатическим условиям годы, роль предшественника несколько нивелируется, однако преимущество пара остается.

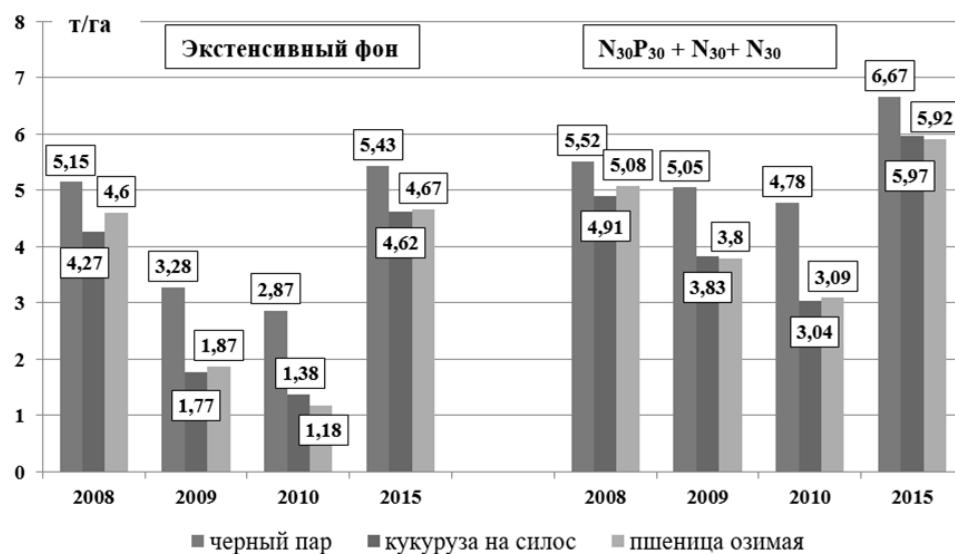


Рисунок 1 – Урожайность зерна пшеницы озимой в зависимости от предшественника, фона питания и условий года (среднее по сортам)

Аналогично пшенице озимой изменялась урожайность зерна и других озимых культур в зависимости от исследуемых факторов и климатических условий года, и прежде всего от его влагообеспеченности (рисунок 2).

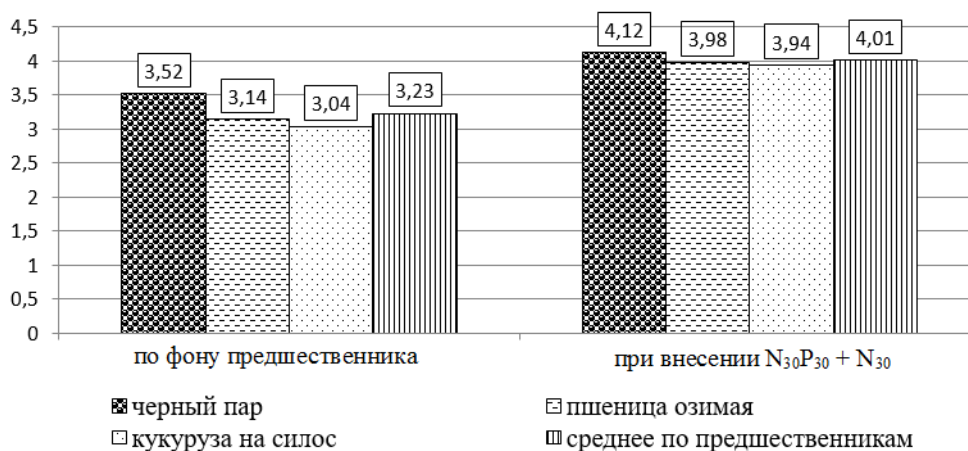
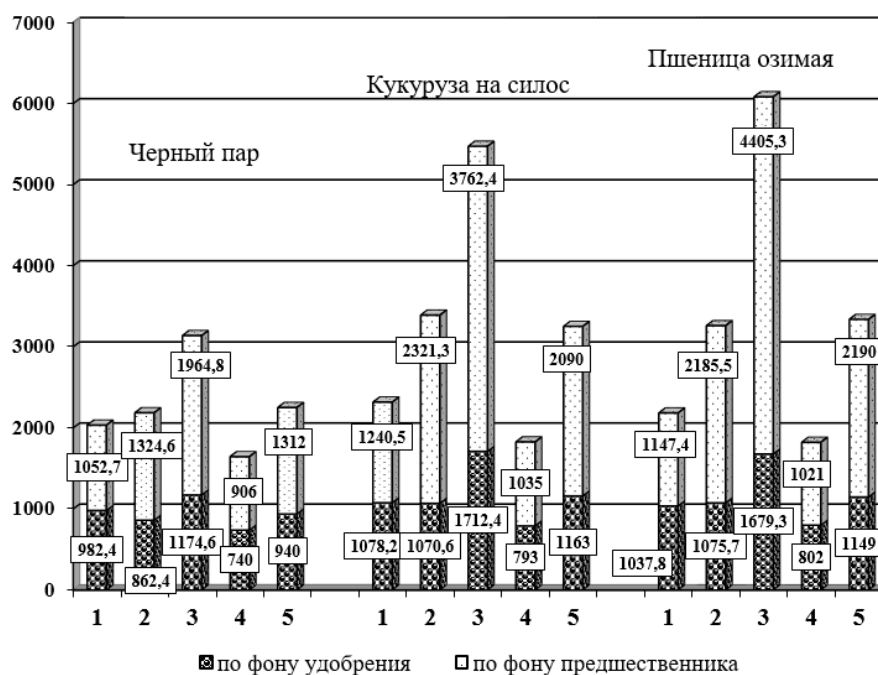


Рисунок 2 – Влияние предшественника и фона питания на урожайность озимых зерновых культур: ячменя, тритикале и ржи (среднее по культурам), т/га

Следует отметить, что из изучаемых нами озимых культур наиболее высокую урожайность в среднем за годы возделывания и в разрезе всех исследуемых сортов после пшеницы формирует ячмень, затем тритикале, а наименьшую – рожь. Вместе с тем все озимые культуры положительно отзываются на улучшение фона питания приростами урожая зерна. Кроме этого, что является очень важным в зоне засушливой Южной Степи Украины, при оптимизации питания растений значительно эффективнее используются запасы почвенной влаги и осадки вегетационного периода при формировании урожая (рисунок 3).

Приведенные результаты исследований убедительно свидетельствуют о том, что размещать озимые зерновые культуры целесообразно после благоприятных для них предшественников, а также обязательно применять минеральные удобрения, которые

позволяют как существенно увеличить уровень урожая, так и значительно улучшить качество зерна. К тому же по фону их внесения, и это установлено нашими длительными исследованиями, значение предшественника несколько нивелируется.



1 – 2008 г.; 2 – 2009 г.; 3 – 2010 г.; 4 – 2015 г.; 5 – в среднем за все годы

Рисунок 3 – Водопотребление пшеницы озимой в зависимости от предшественника и фона питания в годы исследований (среднее по сортам), м³/т

Учитывая, что в последние годы удобрений в сравнении с научно рекомендованными нормами применяют меньше, так как стоимость их значительно возросла, необходимо разрабатывать ресурсосберегающие приемы оптимизации питания, которые бы при минимуме затрат повышали урожайность и улучшали качество выращенной продукции. Одним из них должно стать применение современных рострегулирующих препаратов, содержащих биологически активные вещества и различные микроэлементы. Их эффективность мы изучали в краткосрочных опытах на яровых зерновых культурах.

Нашими исследованиями установлено, что применение невысокой дозы минеральных удобрений и опрыскивание растений пшеницы яровой рострегулирующими препаратами способствует значительному увеличению урожайности зерна (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность зерна пшеницы яровой в зависимости от оптимизации питания в годы исследований

Вариант питания (фактор А)	Предпосевная обработка семян (фактор В)							
	без обработки семян				с обработкой семян			
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	среднее	2014 г.	2015 г.	2016 г.	среднее
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1) Без удобрений – контроль	1,20	1,93	2,03	1,72	1,34	2,10	2,14	1,86
2) N ₃₀ P ₃₀ под предпосевную культивацию – фон	1,85	3,09	3,23	2,72	2,05	3,36	3,42	2,94
3) N ₆₀ P ₃₀ под предпосевную культивацию	2,36	3,67	3,75	3,26	2,56	3,96	4,04	3,52
4) Фон + N ₃₀ (аммиачная селитра) в фазу 1	2,45	3,69	3,77	3,30	2,67	3,98	4,08	3,58

В т/га

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5) Фон + обработка Д ₂ в фазу 1	1,98	3,36	3,42	2,92	2,16	3,65	3,70	3,17
6) Фон + обработка эс-кортом в фазу 1	2,01	3,40	3,46	2,96	2,18	3,68	3,72	3,19
7) Фон + обработка Д ₂ в фазы 1 и 2	2,11	3,51	3,58	3,08	2,33	3,79	3,83	3,32
8) Фон + обработка эс-кортом в фазы 1 и 2	2,15	3,55	3,61	3,10	2,36	3,82	3,86	3,35
9) Фон + N ₃₀ (карбамид) в фазу 2	2,20	3,47	3,55	3,07	2,41	3,75	3,81	3,32
НСР ₀₅ , т/га	по фактору А				0,09	0,12	0,17	
	по фактору В				0,03	0,04	0,09	
	по фактору АВ				0,11	0,13	0,20	
Примечание – фаза 1 – выход в трубку; фаза 2 – начало колошения.								

Так, в среднем за три года исследований урожайность зерна пшеницы яровой при выращивании без удобрений сформирована на уровне 1,72 т/га. При внесении N₃₀P₃₀ она повысилась до 2,72 или на 1,0 т/га (58,1 %). При двукратном увеличении дозы азота до N₆₀P₃₀ до сева зерна собрано 3,26 т/га, что превысило контроль на 89,5 %. К тому же установлено, что применение такого количества азота в два приема: N₃₀P₃₀ до сева и N₃₀ в форме аммиачной селитры в подкормку в начале выхода растений в трубку – имело тенденцию дальнейшего, хоть и незначительного, роста урожая зерна до 3,30 т/га (на 91,9 % к контролю).

При обработке посева растений пшеницы яровой в фазу их выхода в трубку по фону основного внесения до сева N₃₀P₃₀ препаратом Д₂ урожайность зерна составила 2,92 т/га, а эс-кортом-био 2,96 т/га или возросла в сравнении с фоном на 0,20 и 0,24 т/га. При двукратном опрыскивании растений еще и в начале колошения уровни урожайности зерна составили 3,08 и 3,10 т/га при соответствующем увеличении к фону 0,36 и 0,38 т/га. Практически такой она сформирована и при внесении в подкормку в фазу колошения N₃₀ в форме карбамида по тому же фону удобрений в основное предпосевное применение (N₃₀P₃₀), где получено 3,07 т/га зерна, что больше фона на 0,35 т/га.

Нашими исследованиями установлено, что зерновая продуктивность пшеницы яровой увеличивается более существенно при проведении листовых подкормок растений биопрепаратами по фону предпосевной обработки семян эс-кортом-био. По сравнению с неудобренным вариантом без инокуляции семян от этого приема урожайность увеличилась с 1,72 до 1,86 т/га – на 0,14 т/га, а по фону внесения минеральных удобрений и подкормок посевов биопрепаратами еще в большей степени, сформировавшись в среднем за три года исследований по всем вариантам питания на уровне 3 т/га и больше. Максимальной – 3,58 т/га урожайность определена при обработке семян по фону применения N₆₀P₃₀, что на 0,28 т/га превысило аналогичный вариант – N₆₀P₃₀ до сева, в котором собрано зерна 3,30 т/га.

Аналогичные результаты получены и с другими яровыми культурами: тритикале и ячменем. Например, сорта последнего Вакула и Сталкер под влиянием обработки растений рострегулирующими веществами повышали урожайность зерна в среднем на 15–17 % в зависимости от сорта, препарата, фазы обработки и погодных условий года. Так, если в неудобренном контроле сортом Вакула сформировано 2,44 т/га зерна, то при одноразовой обработке растений в фазу выхода в трубку эс-кортом-био урожайность повысилась до 2,72 т/га, а при двукратной (еще и в начале колошения) – до 3,04 т/га. При этом масса 1000 зерен ячменя ярового увеличилась соответственно с 41,25 до 42,03

и 43,64 г. Улучшались и другие показатели качества зерна, в том числе увеличивалось и содержание белка.

Естественно, что при более высокой продуктивности культуры значительно возрастает эффективность ее водопотребления, так как на единицу сформированной урожайности меньше используется влаги. Повышается при этом и окупаемость невысокой стартовой дозы минерального удобрения, внесенной до сева культуры, а также применяемых рострегулирующих веществ. Например, в среднем за три года исследований окупаемость 1 кг действующего вещества минерального удобрения при соответствующих обработках растений препаратами (по схеме опыта, приведенной в таблице 1) зерном пшеницы яровой составила от 15,0–16,67 до 23,0 кг без обработки семян и соответственно 16,22–18,00 до 24,83 кг/кг с их предпосевной обработкой.

Таким образом, путем соблюдения основных законов земледелия и применения ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур возможно увеличивать продуктивность большинства зерновых культур и в целом достичь высоких показателей зернопроизводства даже в зоне нестабильного увлажнения, которой является Южная Степь Украины.

Список использованных источников

- 1 Созинов, А. А. Улучшение качества зерна озимой пшеницы и кукурузы / А. А. Созинов, Г. П. Жемела. – М.: Колос, 1983. – 270 с.
- 2 Попереля, Ф. А. О стандарте на пшеницу и не только о нем / Ф. А. Попереля // Пропозиция. – Киев, 2003. – № 8/9. – С. 102–104.
- 3 Гамаюнова, В. В. Изменение плодородия почв южной Степи Украины под влиянием удобрений и подходы к их эффективному применению в современном земледелии / В. В. Гамаюнова // Агрохимия и почвоведение: межвед. темат. науч. сб. / IX съезд Украинского общества почвоведов и агрохимиков. – Харьков, 2015. – Кн. I. Пленарные доклады. – Специальный выпуск. – С. 38–47.
- 4 Лапа, В. В. Качество урожая зерновых культур в зависимости от плодородия почв и применения удобрений / В. В. Лапа // Агрохимия и почвоведение: межвед. темат. науч. сб. – Харьков, 2002. – Кн. 3. – С. 240–241.
- 5 Дрозд, М. О. Эффективность элементов технологии выращивания пшеницы яровой в северной лесостепи / М. О. Дрозд // Сб. науч. трудов ННЦ «Институт земледелия УААН». – Киев, 2015. – Вып. 4. – С. 53–58.
- 6 Гамаюнова, В. В. Влияние систематического применения азотных удобрений на урожай и качество культур в условиях орошения на юге Украины / В. В. Гамаюнова // Агрохимия. – М., 1997. – № 2. – С. 47–50.
- 7 Кравченко, В. С. Формирования агроценозов, урожайность и качество зерна разноспелых сортов пшеницы яровой мягкой при разных сроках сева в южной части Правобережной Лесостепи / В. С. Кравченко // Вестник Харьковского НАУ. – Харьков, 2012. – Вып. 1. – С. 244–249.
- 8 Современные подходы к увеличению эффективности удобрений под сельскохозяйственные культуры в земледелии Южной Степи Украины / В. В. Гамаюнова, О. Ш. Исакова, В. Ф. Дворецкий, Н. Н. Музыка, И. С. Москва // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 4(60). – С. 75–80.
- 9 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М., 1985. – 352 с.