

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАР-
СТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ – МСХА
ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА)

На правах рукописи

ВЛАДИМИРОВ СТАНИСЛАВ ОЛЕГОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ СТОЛОВОЙ
МОРКОВИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ
ВОДОРАЗДЕЛОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА
НЕЧЕРНОЗЁМНОЙ ЗОНЫ**

Специальность: 4.1.5 – Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Пчелкин Виктор Владимирович

МОСКВА – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ЮЖНОТАЁЖНОЙ ПОДЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ	8
1.1 Анализ открытых источников по теме диссертации и её обоснование	8
1.2 Климат Нечернозёмной зоны России	12
1.3 Опытный участок	15
1.3.1 Характеристика объекта исследований	15
1.3.2 Геология и гидрогеология объекта исследований	19
1.3.3 Почвы объекта исследований	22
ГЛАВА 2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	26
2.1 Опыты на делянках	26
2.2 Лизиметрические опыты	32
2.3 Определение физических свойств почвы	36
2.4 Фенологические и биометрические исследования	37
2.5 Агротехнические мероприятия при проведении научных исследований моркови столовой	38
2.6 Анализы почвенных образцов и растений	40
ГЛАВА 3 СУММАРНОЕ ИСПАРЕНИЕ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ	41
3.1 Анализ различных методов определения водопотребления моркови столовой	41
3.2 Количественный анализ связи водопотребления моркови столовой с рассчитанными по различным методикам	43
3.3 Получение формулы для расчёта суммарного испарения моркови столовой	48
3.4 Разработка формулы расчёта водопотребления столовой моркови на основе испаряемости с водной поверхности	50
3.5 Определение суммарного испарения столовой моркови в многолетнем периоде	52

ГЛАВА 4 ТРЕБОВАНИЯ РАСТЕНИЙ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ И ДЕР- НОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ К ВОДНОМУ РЕЖИМУ	54
4.1 Взаимосвязь урожайности моркови с влагозапасами почвы	60
4.2 Закономерности изменения составляющих водного баланса зоны аэрации в связи с влажностью дерново-подзолистой почвы при производстве моркови столовой	66
4.3 Корневая система моркови столовой	66
4.4 Связь скорости впитывания воды в почву с интенсивностью дождя	69
4.5 Биохимический состав моркови столовой	72
4.6 Связь плодородия дерново-подзолистых почв с их влажностью при производстве моркови столовой	78
4.7 Расчет водообмена между корнеобитаемым слоем почвы и нижерасположенными горизонтами	83
ГЛАВА 5 РАЗРАБОТКА РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ МОРКОВИ СТОЛО- ВОЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ВОДРАЗДЕ- ЛОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ	87
5.1 Анализ известных методов расчёта режима орошения моркови столовой при дождевании	87
5.2 Методика вычисления режима полива моркови столовой при дождевании	89
5.3 Режим орошение моркови столовой в условиях дерново-подзолистых почв водоразделов	94
5.4 Экономическая эффективность обоснованного режима орошения в условиях проведения исследований	97
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	109
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	112
ПРИЛОЖЕНИЯ	125

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Около 30% площади центральной части Нечернозёмной зоны РФ заняты дерново-подзолистыми почвами на возвышенных элементах рельефа местности. Производство на этих почвах большой урожайности моркови столовой связано с её влажностью, которую следует регулировать в наилучших, с точки зрения роста и развития моркови, пределах. В этой связи сельскохозяйственные земли рассматриваемого региона нуждаются в орошении дождеванием. Поэтому расчет режима орошения является составной и необходимой частью проекта оросительных систем.

Существующие в настоящее время методы определения режима орошения моркови столовой не в полной мере учитывают её биологические особенности и влажность почвы при определении суммарного испарения, не учитывают влагообмен между зоной аэрации и подземными водами. Поэтому для расчета водопотребления моркови столовой необходимо определить биологические коэффициенты и коэффициенты, позволяющие учитывать снижение влажности расчетного слоя почвы, а также коэффициенты уравнения регрессии, зависящие от климатической зоны и типа почвы.

Кроме этого, следует выяснить оптимальные параметры регулирования влажности дерново-подзолистых почв и глубину расчетного слоя при выращивании моркови столовой.

Из изложенного следует, что режим орошения моркови столовой в рассматриваемых условиях отсутствует. Поэтому необходимо провести научные исследования на дерново-подзолистых почвах, расположенных на возвышенных элементах рельефа местности южнотаёжной подзоны европейской зоны России. В качестве примера более подробно рассмотрена Московская область.

Степень разработанности темы исследования. Исследования в области режима орошения и водопотребления сельскохозяйственных культур в различных природных условиях опубликованы в работах: Аверьянова С.Ф., Алпатьева А.М., Бочарникова В.С., Будаговского А.И., Будыко М.И., Ваняна С.С., Голованова

А.И., Данильченко Н.В., Дубенка Н.Н., Иванова Н.Н., Кирейчевой Л.В., Костякова А.Н., Константинова А.Р., Максименко В.П., Ольгаренко Г.В., Пчелкина В.В., Сухарева Ю.И., Шуравилина А.В., Шабанова В.В., Харченко С.И. и других ученых.

При расчёте режима орошения необходимо иметь формулу для расчёта водопотребления. Известные формулы, включающие в себя биологические и другие коэффициенты, были разработаны в определенных природно-климатических зонах, для определенных сельскохозяйственных культур, поэтому применение их в других условиях вызывает необходимость соответствующей корректировки и уточнения.

В научной литературе известны рекомендации по диапазону регулирования влажности почвы следующих учёных Костякова А.Н., Константинова А.Р., Андреева Н.Г., Ванеяна С.С., Дубенка Н.Н., Маркова Е.С., Маслова Б.С., Максименко В.П., Минаева И.В., Никольского Ю.Н., Ольгаренко Г.В., Пчелкина В.В., Струнникова Э.А., Шабанова В.В. и других ученых. Однако рекомендации различных исследователей по наилучшим пределам регулирования влажности дерново-подзолистых почв при выращивании моркови столовой на возвышенных элементах рельефа местности не совпадают и требуют уточнения.

Известны публикации Вавилова П.П., Никитина И.С., Пчелкина В.В., Романова Ю.А., Абдель Таваба Зедана и других ученых по глубине промачиваемого слоя почвы при орошении. Различия рекомендаций по данному показателю составляют для моркови столовой 20...60 см. Значительный разброс этой величины требует выполнить экспериментальные исследования и уточнить глубину распространения корней моркови столовой и глубину расчетного слоя почвы для рассматриваемых условий.

Цель и задачи исследований. Целью работы является оптимизация поливного режима столовой моркови на дерново-подзолистых почвах водоразделов южнотаёжной подзоны европейской зоны России.

Согласно поставленной цели исследований были сформулированы и решены следующие задачи:

- обоснование поливного режима моркови столовой в условиях выполнения научных исследований;

- уточнение оптимальных параметров регулирования влажности дерново-подзолистых почв в течение периода вегетации, при выращивании моркови столовой;

- получение формулы для определения суммарного испарения моркови столовой. Получение биологических коэффициентов и коэффициентов, позволяющих учитывать снижение влажности почвы при производстве моркови столовой. Определение коэффициентов, характеризующих природную зону и почвы;

- уточнение величины промачиваемого слоя почвы при производстве моркови столовой и её орошении в течение вегетации;

- модернизация математической модели путем введения в модель результатов экспериментальных исследований для вычисления поливного режима моркови столовой при дождевании дерново-подзолистых почв водоразделов южнотаёжной подзоны Нечернозёмной зоны России.

Научная новизна. Научная новизна исследования режима орошения столовой моркови на дерново-подзолистых почвах водоразделов южно-таёжной подзоны европейской зоны России заключается в:

- разработке рационального режима орошения моркови столовой в рассматриваемых условиях;

- уточнении оптимальных параметров регулирования влажности дерново-подзолистых почв в течение периода вегетации моркови столовой;

- получении формулы для определения водопотребления моркови столовой, а также биологических коэффициентов и коэффициентов, позволяющих учитывать снижение влажности почвы при выращивании моркови столовой, при этом определены коэффициенты, учитывающие климатическую зону и тип почвы;

- уточнении глубины промачиваемого слоя почвы при орошении в период вегетации при производстве моркови столовой;

– модернизации математической модели путем введения в модель результатов экспериментальных исследований в период вегетации столовой моркови при дождевании дерново-подзолистых почв на водоразделах Московской области.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты диссертационных исследований позволили усовершенствовать поливной режим столовой моркови на дерново-подзолистых почвах, расположенных на возвышенных элементах рельефа южно-таёжной подзоны европейской части России. Это позволило повысить точность определения объема воды при орошении моркови столовой, улучшить водно-воздушный режим дерново-подзолистых почв и связанный с ним тепловой и питательный режимы, и на основе этого повысить урожайность исследуемой культуры. Вместе с тем для расчета режима орошения использовалась модернизированная автором математическая модель Голованова А.И., а также оценивалась продуктивность моркови столовой по Шабанову В.В. в зависимости от влажности дерново-подзолистых почв в расчетном слое. Полученные результаты научных исследований применимы при проектировании гидромелиоративных систем.

Методика проведения исследований. Методика исследований заключалась в проведении комплекса экспериментальных и расчетно-теоретических работ, что позволило разработать рациональный проектный режим орошения столовой моркови на дерново-подзолистых почвах водоразделов Московской области, тем самым повысить точность определения объема воды для орошения моркови столовой, увеличить урожайность исследуемой культуры.

Методология диссертационных исследований заключалась в использовании общенаучных методов исследований: теоретических и практических. Практические методы с учетом специфики исследований включали в себя лабораторные, полевые и лизиметрические опыты, проводимые в различные по метеорологическим условиям годы. В полевых и лизиметрических экспериментах, использованы физическое и математическое моделирование, теория математической статистики, теория потока подземных вод, водобалансовый метод. Теоретические методы

включали в себя теорию математической статистики, теорию потока подземных вод, водобалансовый метод исследований, математическое моделирование.

Положения, выносимые на защиту:

- оптимальные параметры регулирования влажности дерново-подзолистых почв в течение периода вегетации моркови столовой;
- формула для определения водопотребления моркови столовой;
- биологические коэффициенты и коэффициенты, позволяющие учитывать снижение влажности почвы при выращивании моркови столовой;
- коэффициенты, учитывающие климатическую зону и тип почвы;
- рациональный режим орошения моркови столовой в рассматриваемых условиях.

Степень достоверности и апробация результатов исследований. Достоверность основных положений и выводов работы подтверждается применением стандартных экспериментальных методов исследования; поверенной контрольно-измерительной аппаратуры; проверенных программно-вычислительных комплексов; взаимным сопоставлением данных, полученных расчетным и экспериментальным способом.

Основные положения и результаты исследований по теме диссертации докладывались, обсуждались и были одобрены на V-ой Международной (9-ой Всероссийской) научной конференции молодых ученых и специалистов: «Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации» ФГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (Коломна, ФГНУ ВНИИ «Радуга», 17-19 октября 2012 г.); на VII-ой Международной (XI-ой Всероссийской) научной конференции молодых ученых и специалистов: «Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации» в рамках 16-ой Российской агропромышленной выставки «Золотая осень-2014» (Москва, ВДНХ, 11 октября 2014 г.); на Международном научном форуме «Проблемы управления водными и земельными ресурсами», посвященном 150-летию РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева и памяти Н.И. Же-

лезнова – первого ректора Петровской земледельческой и лесной академии (Москва, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 30 сентября 2015 г.).

Апробация работы проводилась в рамках XXIV Всероссийской агропромышленной выставки «Золотая осень 2022». Автор был награжден золотой медалью и дипломом за разработку: «Технология возделывания моркови на мелиорируемых землях»

Основные результаты, изложенные в диссертации, получены лично автором. Соискатель принимал непосредственное участие в экспериментальных исследованиях (проведении, обработке и анализе полученных данных).

Публикации результатов исследований. По материалам диссертации опубликовано девять печатных работ из них семь работ в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объём диссертации. Диссертация изложена на 171 странице, состоит из введения, основной части, содержащей 26 рисунков и 37 таблиц, заключения, списка литературы (включает 145 наименований) и 12 приложений.

Автор выражает благодарность научному руководителю: д.т.н., профессору Пчелкину В.В.; заслуженному деятелю науки, д.т.н., профессору Голованову А.И.; академику РАН, д.с.-х.н., профессору Дубенку Н.Н.; преподавателям и аспирантам кафедры сельскохозяйственных мелиораций за обсуждение работы и советы; сотрудникам стационара ОМП «Дубна» за помощь в организации и проведении опытов.

ГЛАВА 1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ЮЖНОТАЁЖНОЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

1.1. Анализ открытых источников по теме диссертации и её обоснование

Южнотаежная европейская зона России располагает большими площадями сельскохозяйственных земель, которые составляют более 20 млн. га. Существенная часть этих земель (57%) располагается на дерново-подзолистых почвах, 30% которых приурочена к водораздельным территориям. Интенсификация сельскохозяйственного производства на этих землях имеет огромное значение для России. Одним из факторов интенсификации сельскохозяйственного производства является орошение земель. Значительная часть южнотаёжной европейской зоны России, располагается на землях центрального района Нечернозёмной зоны РФ.

В Центральном регионе России можно выращивать основные сельскохозяйственные культуры, в том числе и морковь столовую. Следует отметить, что в этом регионе наблюдаются годы (1 раз в 6 лет) и периоды вегетации, сроком от 4 до 30 (50) суток, когда естественных осадков не хватает. В эти годы и периоды вегетации происходит иссушение почвы и ее не хватает для оптимального роста и развития сельскохозяйственных культур [1, 15, 29, 45, 61, 70, 71, 79, 94, 95, 99, 108, 119, 120, 127 и др.].

Максименко В.П. были выполнены расчеты по определению дефицита испаряемости сельскохозяйственных культур за период вегетации для Дмитровского района Московской области. Результаты расчетов приведены в таблице 1.1. Дефицит испаряемости определялся по разности испаряемости и осадков.

Таблица 1.1 – Стохастичность изменения дефицитов испаряемости по метеостанции Дмитров (2010...2017) за вегетационные периоды (IV...IX месяцы)*

Годы	Месяцы						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
2010	15,9	48,0	69,5	226,2	19,8	-39,6	339,9
2011	-3,0	37,0	67,1	49,0	54,5	-123,6	81,0
2012	-36,8	11,7	-69,2	47,8	-42,4	-62,4	-151,4
2013	-7,1	-126,0	21,3	-151,8	21,8	-216,3	-458,2
2014	62,4	38,8	7,7	100,8	-15,5	-8,3	185,9
2015	-29,2	-89,9	30,5	-149,5	49,0	-43,2	-232,3
2016	-1,4	4,5	-2,6	-33,9	-193,7	-57,6	-284,7
2017	-119,9	-12,0	-156,9	-88,7	65,1	-14,7	-327,1

* – по данным Максименко В.П.

Такое положение с естественными осадками вызывает потребность проведения дополнительного орошения расчетного слоя почв. При разработке проектов оросительных систем необходимо выполнить расчет режима орошения моркови столовой в данном регионе Нечернозёмной зоны России.

Существует определенное количество методов расчета режима орошения овощных культур для Нечернозёмной зоны РФ Алексанкин А.В., Дружинин Н.И. [7], Ванеян С.С., Меньших А.М. [29], Данильченко Н.В. [44], Дубенок Н.Н. [46], Зимин Ф.М. [54], Коротков Б.И. [62], Маслов Б.С. [70], Никольский Ю.Н., Пчелкин В.В., Бунина Н.П. [79], Ольгаренко Г.В., Цекоева Ф.К. [81], Мезенцев В.С. [73], Пчелкин В.В. [74, 94, 95], Харченко С.И. [119], Шабанов В.В., Шуравилин А.В. [127], Циприс Д.Б. [120] и др. Известные методы расчета режима орошения разрабатывались для конкретных условий: климатических, почвенных, гидрогеологических и для определенных сельскохозяйственных культур. Поэтому применение их в условиях, отличающихся от тех, в которых они были разработаны, приведет к значительным погрешностям при вычислении режима орошения. В этой связи следует провести научные исследования и уточнить, и скорректировать известные методики, или разработать для конкретных условий новую методику.

Водопотребление сельскохозяйственных культур представляет собой один из главных расходных составляющих водного баланса при определении режима

орошения. Рядом авторов были разработаны методы и способы определения суммарного водопотребления для различных культур, как в России Алпатьев А.М. [17, 18], Будаговский А.И. [26], Иванов Н.Н. [55], Льгов Г.К. [67], Будыко М.И. [27], Костяков А.Н. [61], Константинов А.Р. [59], Харченко С.И. [119], Данильченко Н.В. [44], Дубенок Н.Н. [46], Пчелкин В.В. [94], Ванеян С.С., Енгальчев Д.И., Меньших А.М. [28], Бородычев В.В., Мартынова А.А. [25], Вичюс Ю.А. [31] и другие, так и в других странах Badr A.E.; Bakeer G.A.; El-Tantawy M.T. [132], Blaney H.F., Criddle W.D [53], Turk L. [53], Eid H.M., Ainer N.G., Metwally M.A. [133], Klatt F. [135, 136] и другие. Известные формулы, включающие в себя биологические, и другие коэффициенты, были разработаны в определенных природно-климатических зонах, для определенных сельскохозяйственных культур, поэтому применение их в других условиях вызывает необходимость соответствующей корректировки и уточнения [94]. Значительный ряд существующих формул расчета водопотребления не учитывают влажность почвы. Надлежит сказать, что биологические коэффициенты за декадные периоды и коэффициенты, позволяющие учитывать снижение влажности почвы при выращивании моркови столовой в условиях дерново-подзолистых почв водораздельных территорий, отсутствуют.

Также данной проблемой занимались: Бородычев В.В. [25], Макарычева Е.А. [68], Ильинская И.Н. [56], Тарасенко Е.И. [116], Григоров М.С. [42], Гузенко Е.Ю. [43], Ванеян С.С., Енгальчев Д.И., Меньших А.М. [28], Дронова Т.Н., Карпов М.И. [47], Каланчук Н.В., Сатункин И.В., Гуляев А.И. [57, 109]. Шуравлин А.В., Сурикова Т.И., Бхандари [126] исследовали водный баланс почвы и водопотребление лука в зависимости от уровня увлажнения при капельном орошении в условиях Непала. Табук М.А. [115] рассчитывал суммарное испарение картофеля при капельном поливе на лёгкосуглинистых землях Омана.

Режимы орошения и водопотребления различных культур в разных условиях изучали: Аверьянов С.Ф. Голованов А.И. [36], Алпатьев А.А. [16], Бородычев В.В., Криволуцкий А.А. [24], Петин Н.С. [85], Новикова И.В. [80], Лихоманова М.А. [66], Лемякин Ю.Ю. [65], Шильникова Т.И. [125], Гузенко Е.Ю. [43], Шелковкина Н.С. [124], Шуран Т.Г. [128], Яковенко Е.А. [129], Айтпаев А.А. [14], Во-

робьев С.А., Сафонов А.Ф. [33], Абдель Таваб Зедан [1], Пчелкин В.В., Шильников Д.С. [97, 98], Сирота С.М., Беляков М.А. [111], Ванеян С.С., Меньших А.М. [29, 30] и др.

Лемякин Ю.Ю. [65] в своей работе на тему «Режим орошения и удобрение моркови на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья» рассмотрел такие вопросы, как воздействие водного и питательного режимов на качество корнеплодов моркови, выявил закономерность потребления воды растениями моркови при различной урожайности и т.д.

Известны режимы орошения и водопотребления рассмотренные в зарубежной литературе: Abdel-Hafez S.A.; Bengamen I.S.; El-Tantawy M.M.; Mesiha W.L.; Gad El-Rab G.M. [130], Awady M.N.; Vis E.G.; Kumar R.; Mitra S. [131], Badr A.E.; Bakeer G.A.; El-Tantawy M.T. and Awwad A. H. [132], Christiansen J.E. [133], Cid-Garcia N.M., Bravo-Lozano A.G., Rios-Solis Y.A. [134], Eid H.M.; Ainer N.G.; Metwally M.A. [133], FAO [136], Hagan R.M., Haise H.R., Edminster T.W. [137], Heerman D.F.; Martin D.L.; Jackson R.D. and Slegman E.C. [138], Klatt F. [139, 140], M. [141], Nastaran Basiri Jahromi, Amy Fulcher, Forbes Walker & James Altland [142], Ovchinnikov A.S., Borodychev V.V., M.N. Lytov, Bocharnikov V.S., Fomin S.D., Bocharnikova O.V., Vorontsova E.S. [143], Barker J.B., Franz T.E., Heeren D.M., Neale C.M.U., Luck J.D. [144], Steven R. Evett, Kenneth C. Stone, Robert C. Schwartz, Susan A. O'Shaughnessy, Paul D. Colaizzi, Scott K. [145] и др.

Вышесказанное показывает, специально разработанных методов определения водопотребления столовой моркови в рассматриваемых условиях нет. Поэтому возникает необходимость в получении расчетной формулы водопотребления для рассматриваемых условий.

Ряд авторов указывают на необходимость знать при разработке проектного режима орошения величину предполивной влажности почвы в расчетном слое, которая зависит от ее водно-физических свойств и биологических особенностей растений: Костяков А.Н. [61], Константинов А.Р. [60], Андреев Н.Г. [19], Ванеян С.С. [29], Марков Е.С. [110], Маслов Б.С., Минаев И.В. [71], Пчелкин В.В. [94], Струнников Э.А. [112] и другие.

Нормальный рост и развитие корнеплодов, в том числе моркови столовой требует поддержания объема воздуха в корнеобитаемом слое почвы в диапазоне (0,35...0,40) ПВ [110]. Из этого следует что, влажность этого слоя почвы должна составлять (0,60...0,65) ПВ. Маслов Б.С., Минаев И.В., Губер К.В. предлагают поддерживать нижний порог влажности среднесуглинистой почвы в Нечернозёмной зоне равным (0,70...0,75) НВ [72]. Ванеян С.С., Меньших А.М. для столовой моркови (0,6...0,70) ППВ [29]. Куликова М.Ф. указывает на то, что нижний предел оптимальной влажности среднесуглинистой почвы должен составлять 0,6 ПВ [64]. Бородычев В.В., Мартынова А.А. для моркови столовой при капельном орошении светло-каштановых почв 70-90-80% НВ [25].

Из анализа литературных источников видно, что рекомендации различных исследователей по регулированию в наилучших пределах влажности почв для моркови столовой не совпадают. Нижний порог допустимой влажности почвы определяется исходя из типа почв, способа орошения, природно-климатической зоны. Поэтому наилучшие пределы регулирования влажности дерново-подзолистых почв для возвышенных элементов рельефа местности следует уточнить.

В расчетную формулу для определения нормы подачи воды на полив входит величина промачиваемого слоя почвы при орошении, которая меняется от нарастания корней моркови столовой и обусловлена фазой её развития.

Анализ различных источников [1, 75, 94, 101, 105 и др.] по глубине расчетного слоя почвы овощных культур, в том числе и моркови столовой показывает, что мнения среди ученых по этому показателю различно. Амплитуда колебания слоя увлажнения составляет для моркови столовой 20...60 см. Для уточнения глубины расчетного слоя почвы следует выполнить экспериментальные исследования и определить глубину нарастания корней моркови столовой и глубину расчетного слоя почвы для рассматриваемых условий.

Из вышеизложенного следует, что необходимо проведение экспериментальных исследований и обоснование поливного режима моркови столовой на дерново-подзолистых почвах, расположенных на возвышенных элементах рельефа местности Московской области.

Цели можно добиться в результате решения выше сформулированных задач: уточнение наилучших величин регулирования влажности дерново-подзолистых почв в течение периода вегетации, при выращивании моркови столовой, создание формулы для расчета суммарного испарения моркови столовой, получения биологических коэффициентов и коэффициентов, учитывающих уменьшения влажности почвы, уточнения величины промачиваемого слоя почвы при орошении в течение вегетации при производстве моркови столовой.

1.2. Климат Нечернозёмной зоны России

Территория Нечернозёмной зоны РФ составляет 2411,2 тыс. км². В общей сложности эта зона включает в себя 29 субъекта федерации. Сельскохозяйственные угодья занимают 42,6 млн. га или 17,4 % от ее территории, в том числе мелиорируемые земли 10,8 млн. га. Нечернозёмная зона состоит из нескольких районов: Северо-Западного, Центрального, Волго-Вятского, Уральского. Наиболее благоприятные условия для развития сельского хозяйства сложились в Центральном экономическом районе. Это связано с географическим положением данного района, территория которого находится в южно-таежной подзоне. Здесь высокая плотность населения, развитая промышленность и развитое сельское хозяйство. Поэтому процент площади под сельскохозяйственными угодьями этого района составляет 32,3 %.

Разрушение хозяйственного уклада в начале 90-гг. привело к деградации мелиоративного состояния земель. В 2016 году в России осушенных угодий было 4,7 млн. га, а поливаемых 5 млн. га [41].

Климат Центрального района континентальный с умеренно прохладной зимой и в меру теплым летом. Данная территория расположена на Восточно-Европейской равнине, поэтому равнинный характер Центрального района создает такие условия, где нет резких перепадов в климате. Распределение температуры воздуха, гидротермического коэффициента и продолжительности безморозных

дней в областях Центрального района Нечернозёмной зоны РФ даны в таблице 1.2.1.

Таблица 1.2.1 – Распределение температуры воздуха, гидротермического коэффициента и продолжительности безморозных дней в областях Центрального района Нечернозёмной зоны РФ [94]

Область	Продолжительность безморозного периода, дней	Гидротермический коэффициент	Среднегодовая температура воздуха, °С	Средняя температура, °С		Сумма температур > 10°С за вегетационный период, °С
				января	июля	
1	2	3	4	5	6	7
Тульская	138...154	1,2...1,3	3,9...4,4	-10	19...20	2100...2200
Орловская	135...150	1,2...1,4	4,0...5,0	-9...-10	18...19	2200...3000
Брянская	130...150	1,3...1,4	4,7...5,9	-7...-9	18...19	2200...2400
Смоленская	125...148	1,5...1,7	3,5...4,9	-8...-10	17...18	1900...2150
Рязанская	135...145	1,0...1,3	3,7...4,2	-11	19	2150...2350
Калужская	125...140	1,3...1,6	4,1	-9...-10	17...18	2000...2200
Московская	120...140	1,3...1,6	3,2...3,7	-10...-11	17...18	1750...2200
Ярославская	125...135	1,8...2,0	3,4	-10...-11	17...18	1850...2000
Костромская	120...135	1,3...1,5	1,5...2,9	-12...-14	18	1700...1930
Тверская	120...135	1,6...1,7	3,1	-8...-11	17...18	1700...1900
Владимирская	116...135	2,0	3,7	-11...-12	17...19	2000...2100
Ивановская	115...125	1,8...1,9	2,6...3,3	-12	18...19	1950...2050

Январь наиболее холодный месяц в году со среднемесячной температурой воздуха в Московской области -10,5°С, Брянской области -8,0°С, Костромской области – 13,0°С. Наиболее теплый месяц в году июль со среднемесячной температурой воздуха в Московской области 17,5°С, Брянской области -18,5°С, Костромской области – 18,0°С. Переход среднесуточной температуры воздуха через 10,0°С в весенний период, соответствует началу активной вегетации, которая наступает в начале мая. Продолжительность активной вегетации в среднем составляет в Московской области 135 суток, в Брянской области 151 суток, Костромской области 113 суток [15].

Сумма среднесуточных температур воздуха Центрального района изменяется от 1700°С (Костромская область) до 3000°С (Орловская область). В Московской области этот показатель составляет 1700...2200°С. Для выращивания овощных культур этот показатель должен составлять 1200...2000°С.

Радиационный баланс в среднем за год на севере составляет 860 мДж/м², а на юге 1565 мДж/м² [106]. Снежный покров продолжается 120 суток.

Центральный район расположен в гумидной зоне, где относительно много выпадает атмосферных осадков в Московской области 460...680 мм, Брянской области 560...600 мм, Костромской области 550...650 мм. В течение года осадки выпадают неравномерно. Летом осадков выпадает больше, чем в осенне-зимний и весенний периоды. За период с температурой воздуха выше 10°С атмосферных осадков в Московской области выпадает 282 мм, Брянской области 300 мм, Костромской области 279 мм. Значения суммы осадков за год, теплый период года и распределение их количества по месяцам вегетационного периода приведены в таблице. 1.2.2.

Таблица 1.2.2 – Сумма осадков за год, теплый период года и распределение их количества по месяцам вегетационного периода [94]

Область	Годовая сумма осадков, мм	Кол-во дней в году с температурой >10°С	Месяцы				
			IV - V	VI	VII	VIII	IX
1	2	3	4	5	6	7	8
Смоленская	750	365	95	67	83	67	53
Костромская	747	279	87	71	79	72	70
Тверская	737	285	92	74	87	78	65
Ярославская	733	270	84	71	78	74	71
Брянская	720	300	90	94	94	63	46
Ивановская	716	276	89	72	75	68	62
Калужская	702	342	41	71	90	88	52
Владимирская	694	281	89	62	76	68	58
Орловская	687	301	88	71	80	57	45
Московская	680	282	100	71	80	75	62
Тульская	636	330	94	64	78	66	46
Рязанская	583	256	82	52	73	59	101

Важным фактором климата в Центральном районе является пониженная или повышенная обеспеченность овощных культур влагой и достаточная или недостаточная обеспеченность тепловыми ресурсами. Данные Алексанкина А.В., Дружинина Н.И. показывают, что по степени увлажненности этот регион неустойчиво

влажный. Вероятность засушливых лет составляет 20%, слабо засушливых 30%. Поэтому в этом районе применяют орошение дождеванием или увлажнение шлюзованием.

В центральной части Нечернозёмной зоны распространены следующие типы почв: серые лесные, подзолистые и дерново-подзолистые, дерново-глеевые (аллювиальные), торфяно-болотные и торфяно-подзолистые.

В этом районе протекает много больших (Волга, Днепр, Ока, Москва, Клязьма) и малых (Дубна, Сестра, Протва, Пра, Истра, Яхрома и др.) рек, расположены водохранилища, озера и болота.

1.3. Опытный участок

1.3.1. Характеристика объекта исследований

Натурные исследования проводились на стационаре (ОМП) «Дубна» РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, находящемся в Московской области, Сергиево-Посадского района, д. Селково.

Под водоразделом понимается территория между бассейнами рек, которая характеризуется расположением на возвышенных элементах рельефа местности, глубоким залеганием грунтовых вод от поверхности земли, водный режим которой носит промывной характер, при этом формируются дерново-подзолистые почвы. На данной территории выращивается столовая морковь.

Дополнительное орошение дождеванием водораздельных площадей при возделывании сельскохозяйственных культур усиливает инфильтрационное питание, что ведет к вымыву питательных веществ из пахатного слоя почвы в более глубокие горизонты. Эти особенности определили цель диссертационной работы.

Расположение научного стационара ОМП «Дубна» представлено на рисунке 1.3.1.1.

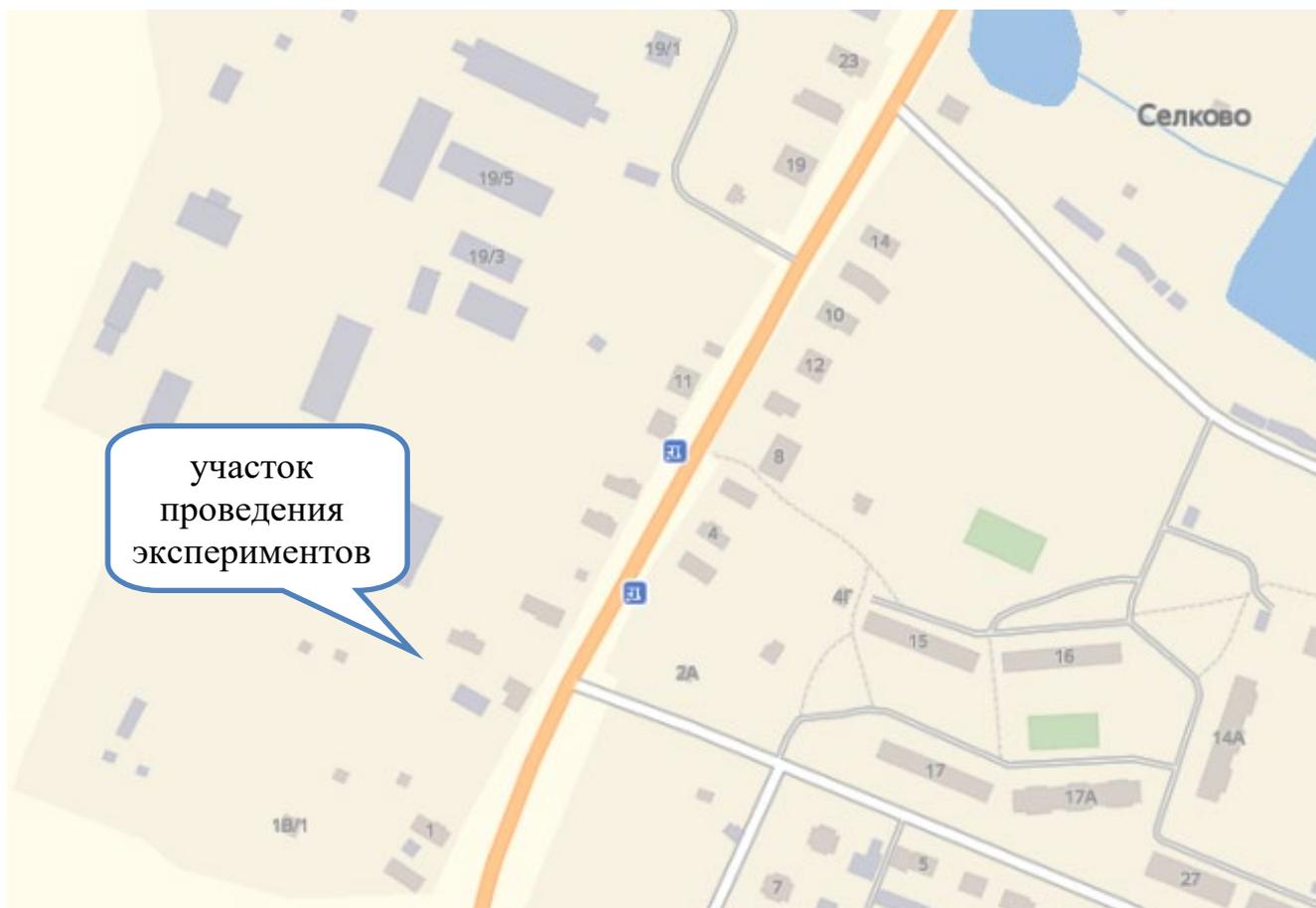


Рисунок 1.3.1.1 – Местоположение научного стационара ОМП «Дубна»

По данным наблюдений на метеорологическом посту г. Дмитрова в среднем за 44 года интегральная величина температур воздуха выше 0°C за период возделывания моркови столовой составляет $1800\dots 2100^{\circ}\text{C}$.

Средняя температура за год в южнотаёжной европейской зоне России составляет $3,4^{\circ}\text{C}$. Самая низкая температура в году наступает в январе и составляет $-10,5^{\circ}\text{C}$, а наиболее высокая в июле $17,8^{\circ}\text{C}$. В зимние месяцы на территории проведения исследований бывают оттепели, с повышением температуры до 4°C [94].

Среднее месячные параметры температуры воздуха, атмосферных осадков, влажности воздуха и скорости ветра представлены в таблице 3. Наибольшая температура воздуха $+40^{\circ}\text{C}$ наблюдалась в июле, а наименьшая – $-48,9^{\circ}\text{C}$ в январе.

Радиационный баланс в сумме за май-август равен 1110 мДж/м^2 [94].

Таблица 1.3.1.1 – Среднемесячные показатели температуры воздуха, осадков, влажности воздуха и скорости ветра (данные метеопоста г. Дмитров) [94]

Месяцы	Осадки, мм	Влажность воздуха		Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С
		абсолютная, мб	относительная, %		
1	26	2,9	84	-10,3	4,1
2	23	2,8	80	-10,0	2,7
3	26	3,7	74	-5,4	2,7
4	33	6,3	64	3,2	2,3
5	46	8,9	52	11,0	2,0
6	71	12,7	58	15,0	1,9
7	83	15,2	61	17,5	1,9
8	75	13,6	61	15,5	2,1
9	68	10,0	65	10,0	2,6
10	50	6,9	73	3,7	2,8
11	37	5,1	83	-2,5	2,8
12	34	3,3	87	-8,4	3,1
	Сумма за год	Среднемесячные значения за год			
-	мм	мб	%	м/с	°С
	546	7,4	63,2	4,1	2,2

Как правило, полное промерзание почвы наступает во второй декаде ноября. Полное оттаивание наступает во второй декаде апреля. Таяние начинается 16 марта, а заканчивается 1 июня. Время промерзания почвы в среднем многолетнем периоде равно 165 суток. Период без заморозков в среднем равен 128 суткам.

Распределение основных климатических параметров на стационаре (ОМП) «Дубна» в 2011...2013 гг. представлены в таблицах 1.3.1.2 и 1.3.1.3. Обеспеченность испаряемости моркови столовой за период вегетации 2011, 2012, 2013 гг. оказалась равной соответственно годам 93,0, 60,0 и 26%% или 444, 350 и 302 мм. Следовательно, 2011 г.- оказался острозасушливым, 2012 г. - засушливым. а 2013 г- влажным.

Таблица 1.3.1.2 – Размер осадков, среднесуточной температуры воздуха и дефицита влажности воздуха, в зоне проведения опытов (данные МС г. Дмитров) за 2011...2013 гг.

Годы	Месяцы					май...август
	V	VI	VII	VIII	IX	
Количество влаги от дождей, мм						
2011	11	32	74	78	-	195
2012	29	139	60	11	-	239
2013	62	22	75	30	-	189
Среднесуточная температура воздуха, °С						
2011	13,6	18,0	22,9	18,0	-	18,2
2012	14,2	16,5	19,8	16,8	-	16,8
2013	16,2	19,2	18,2	17,6	-	17,8
Дефицит влажности воздуха, мб						
2011	5,5	6,7	9,9	6,4	-	7,1
2012	5,8	5,9	7,4	5,6	-	6,2
2013	6,2	7,4	5,1	5,2	-	6,0

Анализ таблицы 1.3.1.2 показывает, что по величине дождевых осадков 2011, 2013 гг. за вегетацию моркови были острозасушливыми, а 2012 г. засушливым. В 2011...2013 гг. осадков выпало 195, 282 и 189 мм, что составило 12, 38 и 11 % обеспеченности.

Обеспеченность дефицита влажности воздуха, испаряемости моркови столовой и дождевых осадков за 42 года (май-август) даны на рисунке 1.3.1.2.

Из данных таблицы 1.3.1.3 видно, что по дефициту испаряемости (Е-Ос) за период вегетации 2011 г. оказался острозасушливым, а 2012...2013 гг. – средними. Обеспеченность дефицита испаряемости моркови столовой за период вегетации во время выполнения экспериментов составила соответственно годам 87, 50 и 46 % или 234, 79 и 64 мм.

Таблица 1.3.1.3 – Распределение главных метеорологических параметров за время возделывания моркови столовой 2011...2013 гг. (данные МС г. Дмитров)

Годы	ΣE , мм	ΣOc , мм	ΣD_s , мм
1	2	3	4
2011	429	195	234
2012	361	282	79
2013	253	189	64

Из анализа результатов наблюдений (табл. 1.3.1.2) видно, что по температуре воздуха 2011 г. был очень жарким, 2012 г – средним, а 2013 г – теплым, среднемесячная температура воздуха за вегетацию моркови была сообразно годам 18,2°С; 16,8°С, 17,8°С.

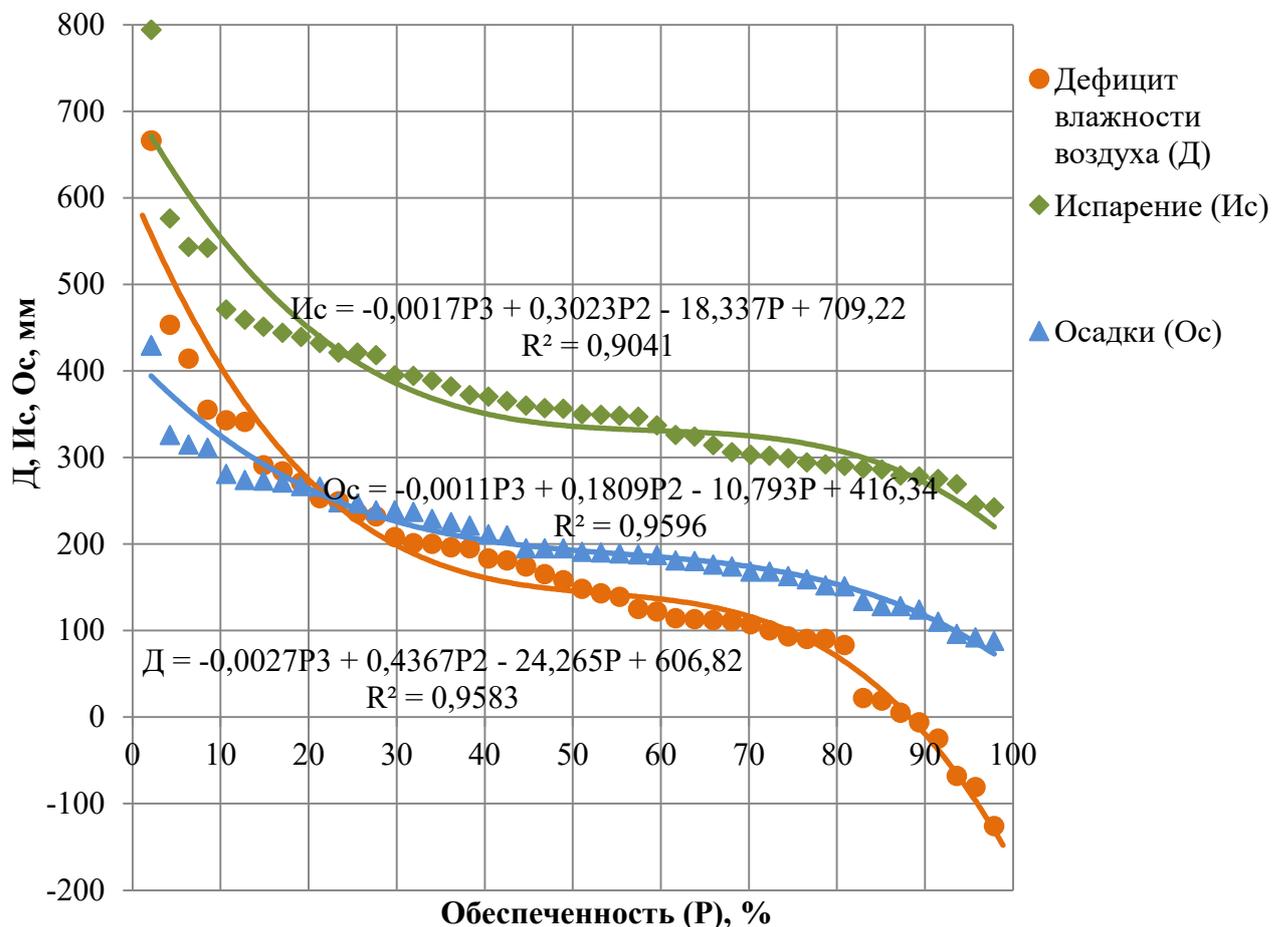


Рисунок 1.3.1.2 – Обеспеченность дефицита влажности воздуха, испаряемости моркови столовой и дождевых осадков за 42 года (май...август) МС г. Дмитров

1.3.2. Геология и гидрогеология объекта исследований

Научные исследования проводились в районе Клинско-Дмитровской гряды, которая имеет слабо- и среднерасчлененный рельеф и приурочена к доледниковой возвышенности. Абсолютные отметки данной территории изменяются от 200 до 250 м. Гидрогеологический разрез района исследований дан на рисунке 1.3.2.

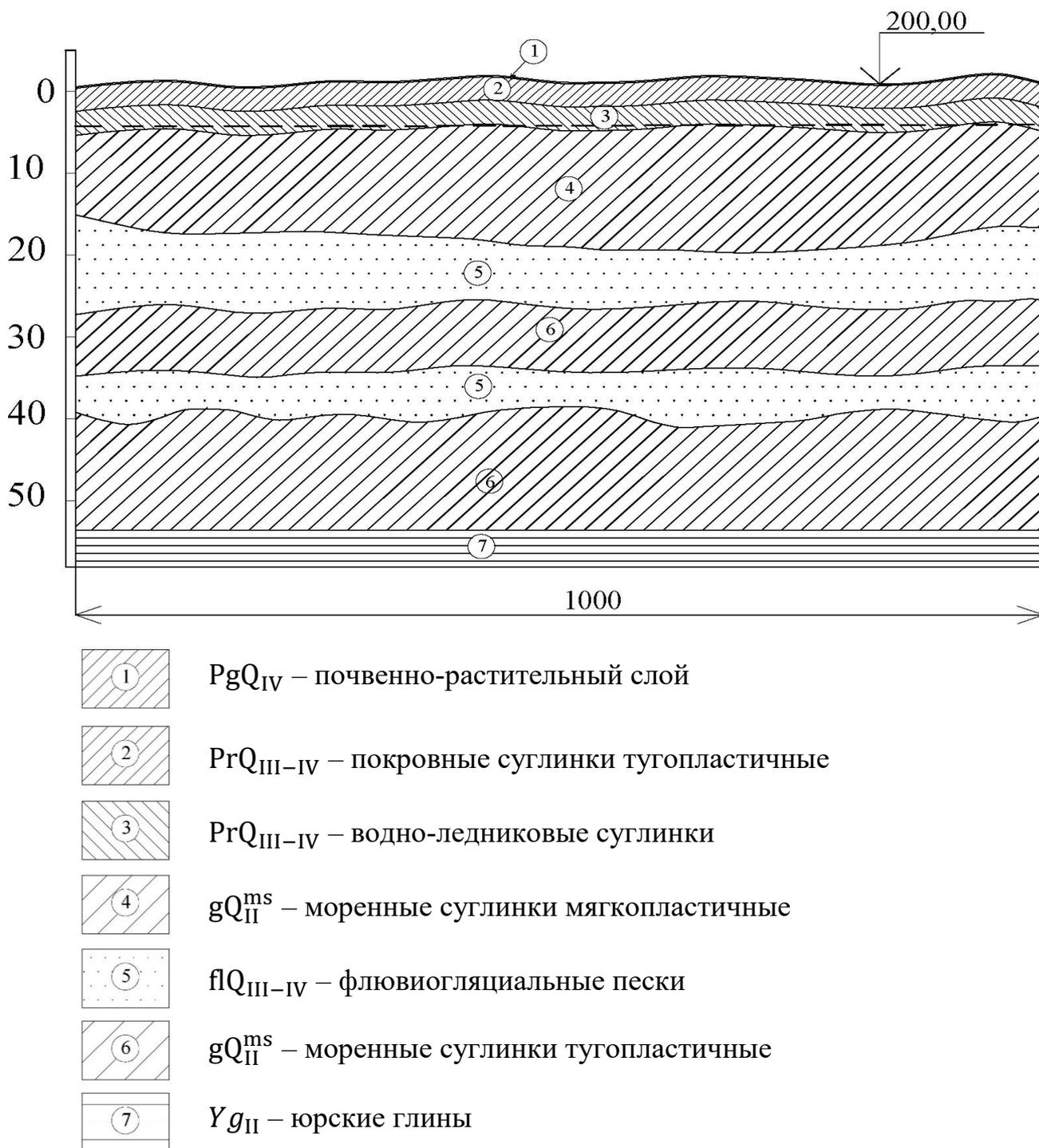


Рисунок 1.3.2 – Гидрогеологический разрез района исследований

В геоморфологическом отношении участок относится к водоразделу. Участок исследований приурочен к Дубнинскому ландшафту 6(13) и представляет местность моренных равнин. Дубнинский ландшафт граничит с Селковским ландшафтом 27(12) холмистых, моренно-водноледниковых, мокрых и влажных равнинных территорий. Относительно ландшафтов Смоленско-Московской возвышенности Селковский ландшафт имеет пониженное расположение, есть наклон, сложен в основном песками. На данной местности доминируют морено-водноледниковые равнины. В геологическом строении участка принимают участие четвертичные покровные, водноледниковые и моренные суглинки. С поверхности земли залегает почвенно-растительный слой (PgQ_{IV}) мощностью 0,1...1,4 м, который подстилается покровным суглинком (PrQ_{III-IV}) (слой 2), бурым, светло-бурым, в основном полутвердым, участками тугопластичным, пылеватым, мощностью 1,4...6,2 м. Слой 3 представляет собой водно-ледниковый суглинок (PrQ_{III-IV}) серый, светло-серый, тугопластичный, твердый, с включениями прослоев песка, редко гравия и гальки, мощностью 0,7...4,7 м. Слой 4 представляет собой моренные мягкопластичные суглинки (gQ_{II}). Слой 5 сложен песками серыми, мелкозернистыми гравелистыми, с редкими включениями гравия. Слой 6 представляет собой моренные тугопластичные суглинки (gQ_{II}). Слой 6 подстилается верхнеюрскими черными глинами (Yg_{II}) слой 7.

Уровень залегания подземных вод в период весеннего снеготаяния составляет 1,5...2,0 м от поверхности земли, а в период летней и зимней межени 4,0...4,5 м.

Горизонт водноледниковых образований составляет 30 м (данные разведочного бурения института Мосгипроводхоз) [94]. Нижняя граница моренных отложений достигает 38 м. Четвертичные образования подстилаются верхнеюрскими черными глинами.

Региональным водоупором служат верхнеюрские слабоводопроницаемые глины. Верхнечетвертичные и современные отложения составляют объединенный водоносный слой. Уклон поверхности грунтовых вод направлен в сторону р. Дубны и ее притоки, которые являются природными дренами. Основными водами,

питающими верхний водоносный горизонт, являются атмосферные осадки, а также воды водно-ледниковых горизонтов [94].

Слабоводопроницаемые почвы вызывают низкую их дренированность, поэтому на повышениях формируются дерново-подзолистые почвы, а в понижениях глееватые. Эти площади заняты или сельскохозяйственными угодьями, или – лесом.

Грунтовые воды не засоленные гидрокарбонатно-кальциевые и натриевые, $pH = 6,5 \dots 7,7$; содержание NH_4 в целом не более 1,0 мг/л. Следует отметить, что большое содержание ионов двухвалентного железа находится в грунтовых водах [94].

1.3.3. Почвы объекта исследований

Абсолютной отметка опытного участка составляет 200 м, и до проведения исследований участок представлял собой целину. На опытном участке было откопано и описано 4 шурфа, глубиной вскрытия 1,2...2,1 м. В отношении водораздельной территории почвенный разрез типичен: ландшафту, типу и подтипу почв, залегающих на морене. В микропонижениях из-за повышенной влажности формируется оглеение почвы. Разрез дерново-подзолистой почвы представлен на рисунке 1.3.3 (глубина 180 см) и в таблице 1.3.3.1.

Содержание в дерново-подзолистых почвах железомарганцевых и других конкреций говорит о формировании в почвенном профиле скрытого оглеения.

На опытном участке были определены следующие физические и агрохимические характеристики почв: гранулометрический состав, плотность почвы, плотность твердой фазы, пористость, влагоемкость, максимальная гигроскопичность, коэффициент фильтрации.

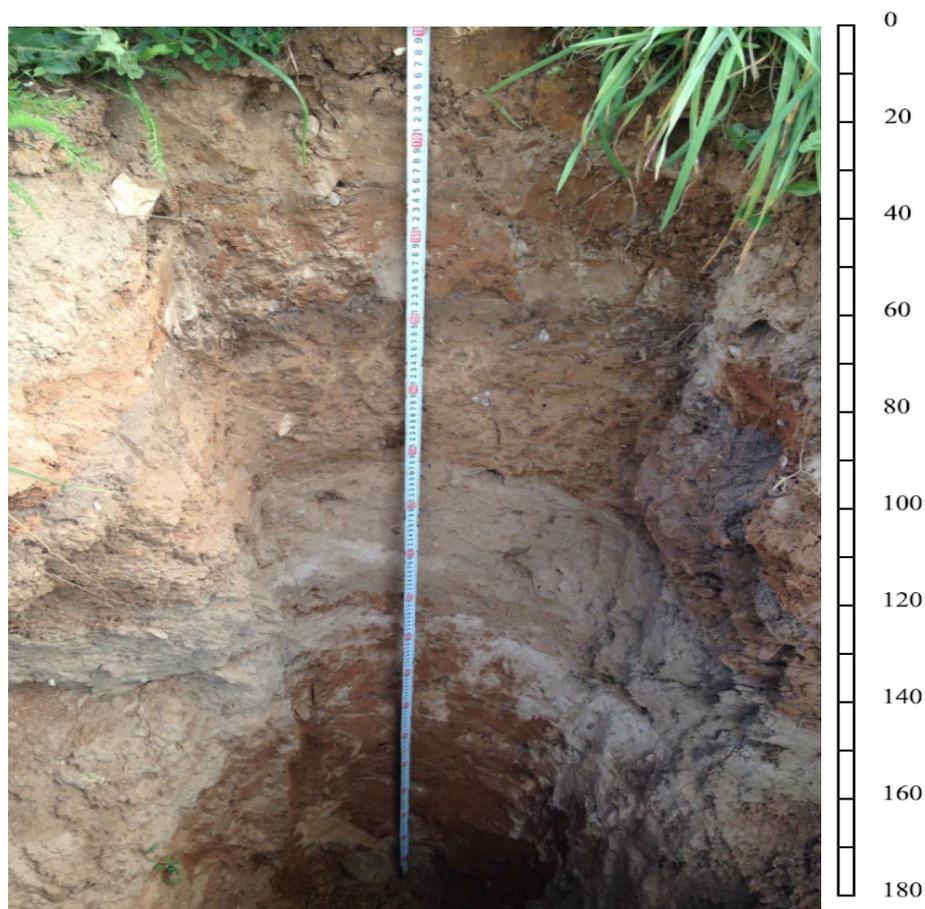


Рисунок 1.3.3 – Почвенный разрез участка исследований

Таблица 1.3.3.1 – Разрез дерново-подзолистой почвы на опытном участке

Глубина, см	Наименование горизонта	Характеристика почв опытного участка
0 – 6	A_0	Дерновый слой. Состоит из опада прошлого года: травы, листьев, хвои
6 – 25	A_d	Дерновый гумусовый горизонт 17 см, серого цвета, с внушительной корневой системой
25 – 41	A_2	Подзолистый слой 16 см серо-белесого окраса, с пластинчато-слоевой структурой.
41 – 78	A_2-B	Иллювиальный горизонт красновато-коричневого окраса, с включением серых гумусированных пятен и подтеков, губчатого строения 37 см.
76 и глубже (вскрыт до 180 см)	B	Горизонт вымывания продуктов выщелачивания представлен тяжелыми моренными суглинками, оструктуренными. Цвет почвы от красновато-коричневого до ржавого, с включениями камней размерами 20...50 мм.

Физические показатели почвенного профиля даны в таблице 1.3.3.2.

Таблица 1.3.3.2 – Основные параметры дерново-подзолистой почвы экспериментальных участков

Слой, см	Плотность почвы, г/см ³			Плотность твердой фазы, г/см ³			Пористость, см ³ /см ³		
	Макс.	Мин.	Средняя	Макс.	Мин.	Средняя	Макс.	Мин.	Средняя
0-20	1.31	1.25	1.28	2.45	2.17	2.40	0.46	0.42	0.44
20-40	1.50	1.42	1.47	2.62	2.45	2.53	0.43	0.42	0.42
40-60	1.58	1.42	1.54	2.70	2.61	2.65	0.44	0.40	0.42
60-80	1.53	1.30	1.42	2.70	2.64	2.67	0.46	0.40	0.43
80-100	1.78	1.68	1.73	2.72	2.66	2.70	0.39	0.34	0.36
100-120	1.83	1.67	1.75	2.67	2.61	2.64	0.36	0.34	0.35
120-140	1.80	1.77	1.78	2.75	2.61	2.70	0.35	0.32	0.33
140-160	1.88	1.82	1.85	2.77	2.61	2.69	0.32	0.30	0.31
160-180	1.80	1.77	1.78	2.75	2.61	2.70	0.35	0.32	0.33
Слой, см	Полная влагоёмкость (ПВ), см ³ /см ³			Наименьшая влагоёмкость (НВ), см ³ /см ³			Максимальная гигроскопичность, см ³ /см ³		
	Макс.	Мин.	Средняя	Макс.	Мин.	Средняя	Макс.	Мин.	Средняя
0-20	0.41	0.39	0.40	0.38	0.36	0.37	0.07	0.04	0.055
20-40	0.39	0.38	0.38	0.37	0.31	0.33	0.06	0.03	0.045
40-60	0.41	0.37	0.39	0.36	0.31	0.34	0.05	0.04	0.045
60-80	0.42	0.35	0.38	0.36	0.30	0.33	0.07	0.03	0.05
80-100	0.36	0.31	0.33	0.30	0.24	0.27	0.07	0.01	0.04
100-120							0.05	0.03	0.04
Слой, см	Коэффициент фильтрации, м/сут			Гумус, %					
	Макс.	Мин.	Средняя						
0-20	0.44	0.024	0.23	2.2					
20-40	0.48	0.038	0.26	0.4					
40-60	0.23	0.010	0.12	0.3					
60-80	0.38	0.010	0.20	0.2					
80-100	0.75	0.007	0.38	0.2					
100-120	0.80	0.034	0.42	0.3					

Анализ этой таблицы показывает, что плотность твердой фазы почвы меняется в вертикальной плоскости в диапазоне от 2,31 до 2,72 г/см³. Колебания значений плотности почвы по глубине составляет 1,29...1,92 см³/см³. Плотность пахотного горизонта почвы меньше, а нижних горизонтов выше. Изменение пористости почвы составляет 0,46...0,34 см³/см³. Значения полной влагоёмкости (ПВ) меняются от 0,43 до 0,30 см³/см³. Варьирование предельной полевой влагоёмкости (ППВ) равняется 0,37...0,25 см³/см³. Максимальная гигроскопичность находится в пределах от 0,02 до 0,07 см³/см³. Водопроницаемость почвы опытного участка

низкая; коэффициент фильтрации (K_f) в верхнем пахотном горизонте составляет 0,23 м/сут, а в более глубоком иллювиальном горизонте (80 см) - 0,42 м/сут.

Размеры частиц (в мм) дерново-подзолистой почвы и их процентное содержание определены в агрохимической лаборатории ФГБУ ГЦАС «Московский» и даны в таблице 1.3.3.3. В соответствии с классификацией Н.А. Качинского [86], почвы экспериментального участка состоят из легких суглинков, мелкопесчаных, крупнопылеватых. Гранулометрические показатели дерново-подзолистых почв опытного участка мало меняются с изменением глубины, и только с глубины 60...80 см наблюдается повышение включения илстых частиц.

Таблица 1.3.3.3 – Гранулометрические параметры дерново-подзолистой почвы экспериментального участка

Номера опытных делянок	Величина элементов (в мм) и их содержание (%)							Классификация почвы по гранулометрическому составу	
	1,0 - 0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001	Кол-во частиц >0,01		
Контроль	18,3	41,0	18,9	6,6	4,4	10,8	78,2	21,8	Легкий суглинок мелкопесчаный крупнопылеватый
Делянка 1	18,9	40,5	24,2	5,8	4,7	5,9	83,6	16,4	Супесь мелкопесчаная крупнопылеватая
Делянка 2	17,0	36,6	29,4	5,7	4,5	6,8	83,0	17,0	Супесь мелкопесчаная крупнопылеватая
Делянка 3	18,6	47,1	18,5	2,9	4,7	8,2	84,2	15,8	Супесь мелкопесчаная крупнопылеватая
Лизиметр	29,4	28,2	18,2	4,1	5,2	14,9	76,4	24,2	Легкий суглинок мелкопесчаный крупнопылеватый

Выводы по первой главе:

1. Экспериментальные исследования на дерново-подзолистых почвах водоразделов Московской области выполнялись на стационаре РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в аномально жарком и острозасушливом (2011 г.), в среднем по температуре и засушливом по осадкам (2012 г.), и в теплом и засушливом 2013 году.

2. Селковский ландшафт занимает относительно пониженное расположение, имеет наклон, сложен в основном песками и суглинками. На данной местности

доминируют морено-водноледниковые равнины. В геологическом строении участка принимают участие четвертичные покровные, водноледниковые и моренные суглинки.

3. Сверху залегают водно-ледниковые отложения, представленные суглинками, которые подстилаются суглинками морских отложений. Региональным водопором являются слабоводопроницаемые юрские черные глины.

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научные исследования проводились в лабораторных и натурных условиях, с использованием физического и математического моделирования в 2011, 2012 и 2013 гг., с меняющимися по годам метеорологическими характеристиками. Опыты в лизиметрах и на делянках выполнялись с морковью столовой сорта «Шантанэ». В лизиметрах моделировались закономерности изменения элементов водного баланса при наилучшей влажности почвы. На опытных делянках моделировались закономерности изменения урожайности моркови столовой в зависимости от влажности почвы. Обработка результатов научных исследований опирались на методы, предложенные Головановым А. И. [34, 35, 36], Доспеховым Б.А. [45]. В основу научных исследований были положены методики, разработанные на кафедре сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, И.П. Айдаровым, А.И. Головановым, Ю.Н. Никольским [13], Ю.Н. Никольским и Н.П. Буниной [76], В.В. Пчелкиным [94], В.В. Шабановым [122].

2.1. Опыты на делянках

На рисунке 2.1.1 представлена схема расположения опытного участка в плане. На экспериментальном участке исследовались разнообразные режимы влажности увлажняемого горизонта дерново-подзолистой почвы возвышенных элементов рельефа и связь ее с продуктивностью столовой моркови.

Площадь делянок составляла 80 м² каждая. При этом все делянки делили на 4 площадки величиной 3,2х3,2 м (рисунок 2.1.3). Влажность почвы поддерживалась с помощью поливов в следующем диапазоне: 1 вариант – (0,60...0,70) ПВ; 2 вариант – (0,70...0,80) ПВ; 3 вариант – (0,80...0,90) ПВ; 4 – контроль (без орошения). При снижении влажности почвы до нижней границы в течение вегетации моркови (1 – 0,6ПВ; 2 – 0,7ПВ; 3 – 0,8ПВ) назначали поливы.

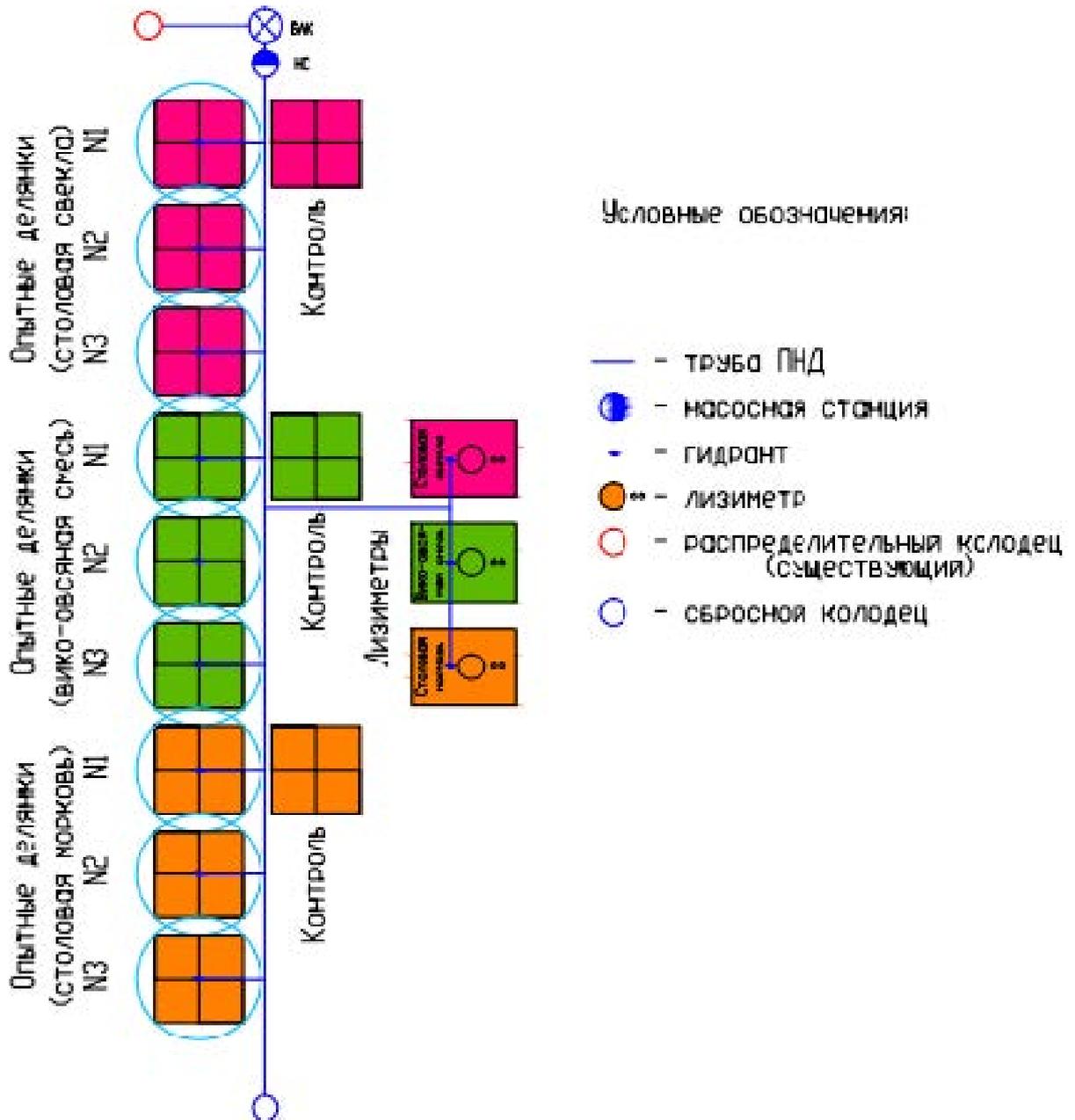


Рисунок 2.1.1 – Схема расположения опытного участка в плане

Полив моркови столовой в 2011...2013 гг. осуществлялся при помощи оросительной системы Rain Bird (модель 1812 с форсункой U-15, рисунок 2.1.2). В центре делянок были смонтированы гидранты, представляющие собой форсунки дождя с телескопической частью.



Рисунок 2.1.2 – Гидрант – дождеватель Rain Bird (модель 1812)

Дождеватель Rain Bird (модель 1812) с форсункой U-15 имеет следующие параметры: радиус полива – 4,6 м, длина корпуса – 40 см, высота выдвижной части – 30 см, напор – 2 бар, угол вращения форсунки – 360°.

Вода к гидранту подавалась по оросительной сети, для этого под землей была проложена коллекторная труба диаметром 32 мм, сопряженная с поливными трубопроводами диаметром 20 мм. Вода на полив забиралась из поселкового водопровода. В начале до полива, вода подается в аккумулирующую полимерную емкость объемом 3 м³, далее из емкости вода подается по соединительному водоводу к насосу, затем от него попадает к гидрантам и форсункам, которые распыляют воду в виде дождя на делянках. Насосная станция колодезного типа собрана из железобетонных элементов. Диаметр колодца – 1,5 м, глубина – 2,0 м. Насос марки «Grundfos» модель CR5-9, имеет напор 5 бар, расход 4,5 м³/ч.

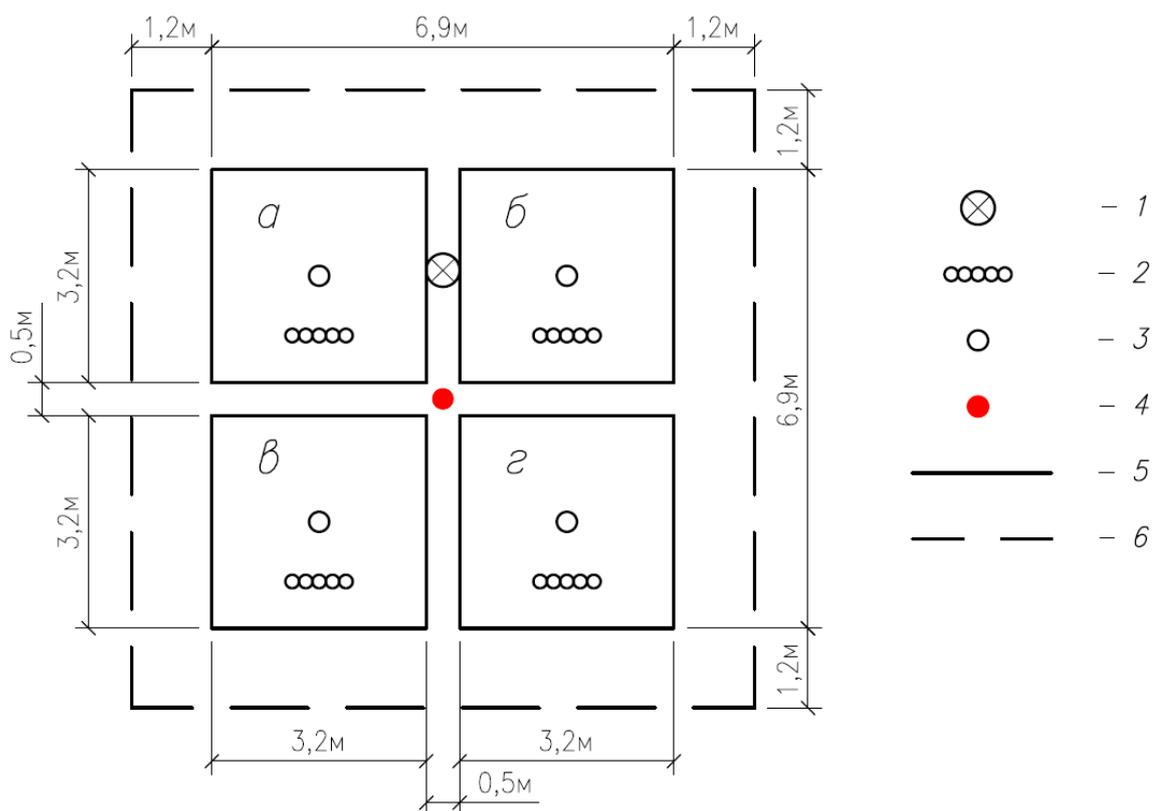


Рисунок 2.1.3 – Размещение оборудования на опытных делянках:

1 – труба для измерения глубины грунтовых вод; 2, 3 – полимерные трубы (ПВХ, TECANAT) для измерения влажности почвы; 4 – дождеватель RainBird с телескопической частью; 5 – граница делянки; 6 – граница повторности; а, б, в, г – повторности на делянках

Для определения интенсивности дождя на площади делянки равномерно устанавливались 10 наземных дождемеров и два дождемера располагались между соседними площадками. Для измерения влажности почвы в 2011 г. до глубины 0,5...1,0 м использовали прибор TRIME-FM производство IMKO GmbH – Германия (рисунок 2.1.4). В 2012...2013 гг. совместно с влагомером TRIME-FM, для определения влажности почвы применяли прибор NH2 -SM300 (рисунок 2.1.5) производство DELTA - T DEVICES LTD – Великобритания. Влажность почвы измеряли послойно с шагом 0,1 м. Для этого на соответствующих глубинах были вставлены трубки ПВХ диаметром 0,04 м. Определения влажности почвы проводили через 5 дней, от начала посева моркови, также перед орошением и после выпадения осадков и проведения поливов. Посев моркови столовой был проведен в 2011 г - 21 мая, в 2012 г. – 26 - 27 мая и в 2013 г -18 мая.



Рисунок 2.1.4 – Прибор для измерения влажности почвы TRIME-FM

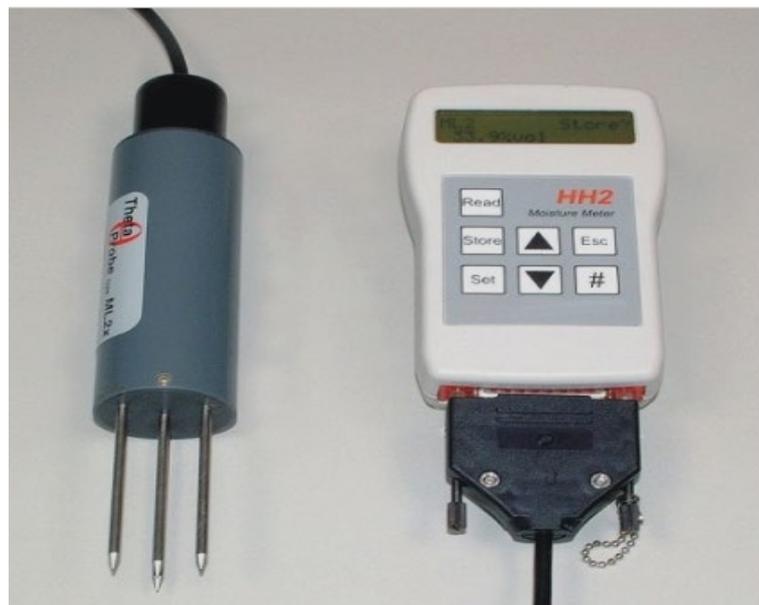


Рисунок 2.1.5 – Прибор для измерения влажности почвы HH2-SM300
(DELTA-T DEVICES LTD).

В течение вегетации через 10 дней определяли глубину залегания грунтовых вод «хлопушкой». Значение влагообмена определяли из формулы баланса грунтовых вод (2.1.1) и вводили в формулу водного баланса зоны аэрации (2.1.2). В этом случае, в выражение (2.1.2) сохранялось одно неизвестное – суммарное испарение.

Уравнение баланса грунтовых вод имеет вид:

$$\pm \bar{q} = \mu \Delta h, \quad (2.1.1)$$

где: $\mu \Delta h$ – влагозапасы подземных вод; μ – водоотдача; Δh – изменение глубины подземных вод; $+q$ – подпитывание зоны аэрации подземными водами; $-q$ – просачивание влаги из зоны аэрации почвы в грунтовые воды.

Измерения элементов водного баланса проводили на отдельно взятой делянке. Водный баланс экспериментальных делянок, на которых моделировался различный диапазон увлажненности почвы, имеет вид (мм):

$$E = \delta \bar{W} + O_c + m - q, \quad (2.1.2)$$

где: E – суммарное испарение; O_c – атмосферные осадки; m – поливная норма; $\delta \bar{W}$ – колебания влагозапасов в увлажняемом слое почвы; $-q$ – переток влаги из корнеобитаемой зоны почвы в подстилающие горизонты.

Количество дождевых вод измеряли с помощью наземных осадкомеров ГГИ-3000.

Исследования водного режима на делянках 1...4 проводили на базе внесения рациональных доз удобрений. До посева моркови столовой вносились азот, фосфор, калий дозой N100 P80 K150. Оптимальные нормы удобрений определялись из баланса питательных веществ N, P, K. Установление доз питательных веществ выполнялось по формуле (2.1.3) Кружилина Л.С. [63]

$$H = \frac{(Y_{\text{П}} - Y_{\text{Ф}}) \cdot B \cdot K_{\text{П}}}{K_{\text{И}}}, \quad (2.1.3)$$

где B – вынос элементов питания урожаем, кг/га; $Y_{\text{П}}, Y_{\text{Ф}}$ – плановый и фактический урожай (т/га); $K_{\text{П}}$ – поправочный коэффициент на плодородие почвы; H – доза удобрений, кг/га; $K_{\text{И}}$ – коэффициент использования морковью столовой питательных веществ из удобрений.

Методики, применяемые в экспериментальных исследованиях, изложены в работах [62]. Нарастание корневой системы моркови столовой изучался количественно-весовым методом. Для этого, на делянке отбирались монолиты почвы с корневой системой моркови столовой размерами 200x200 мм и из них выделялись после отмыва корни.

Урожай моркови столовой в 2011...2013 гг. убирался 08 сентября.

Результаты по температуре и влажности воздуха за вегетацию моркови столовой 2011, 2012 и 2013 гг. были получены на метеостанции г. Дмитров. Вместе с тем, были использованы метеорологические данные по атмосферным осадкам, температуре и влажности воздуха за 42 года.

2.2. Лизиметрические опыты

С помощью лизиметров определяют закономерности изменения составляющих водного баланса зоны аэрации и суммарного испарения сельскохозяйственных культур. При этом используют лизиметры различных конструкций [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 84, 113, 118]. Цели и задачи проводимых опытов определяют выбор конкретной модификации лизиметра. В экспериментах нами были применены водобалансовые лизиметры с монолитами почвы ненарушенного сложения (рисунок 2.2).

Устройство лизиметров проводилось с помощью специального оборудования, на которое был получен патент [84].

На опытном участке в 2011 году был смонтирован лизиметр конструкции ВСЕГИНГЕО. При этом чтобы исследовать пропашные культуры площадь круга лизиметра была увеличена в два раза. Глубина лизиметра 1,8 м, площадь поперечного сечения – 2,0 м². Примененный способ строительства лизиметра позволил зарядить его монолитом дерново-суглинистой почвы с ненарушенным сложением. В лизиметре определялись элементы водного баланса при выращивании моркови столовой.

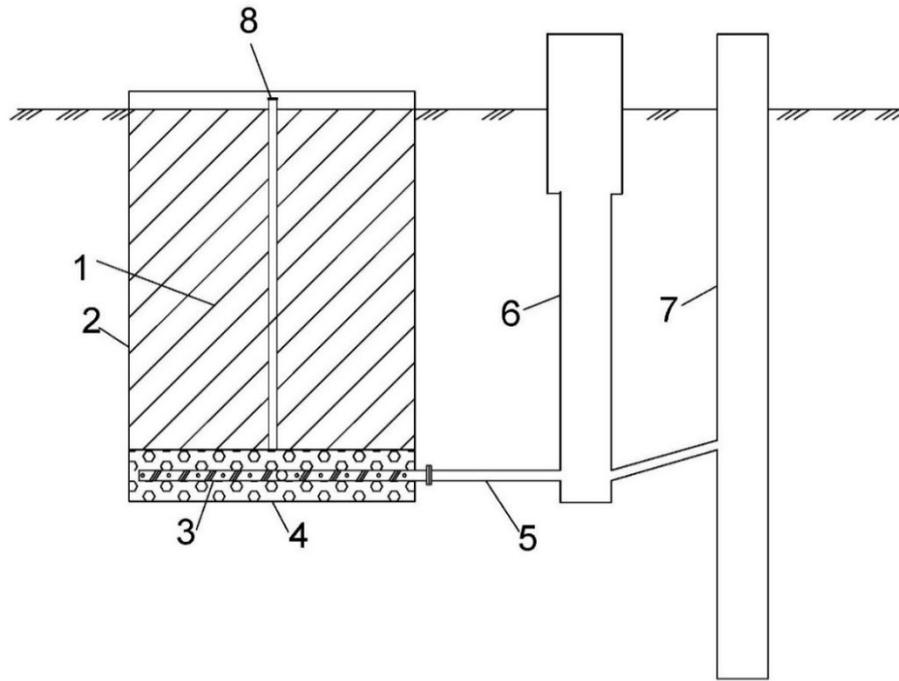


Рисунок 2.2 – Конструкция лизиметра:

1 – монолит почвы; 2 – металлический цилиндр лизиметра; 3 – дренажная труба; 4 – поддон; 5 – соединительная труба; 6 – труба компенсации; 7 – труба для аккумуляции просочившейся воды; 8 – труба для зонда влагомера

Монолит ненарушенной структуры почвы (1), помещен в металлический корпус (2). Снизу смонтированы перфорированные трубы (3), которые помещены в поддон (4) с гравием, дренажные трубы (3) соединены соединительной трубой (5) с трубой компенсации (7) для определения величины подпитывания зоны аэрации подземными водами, причем труба компенсации соединена с трубой инфильтрации (6). В монолите грунта (1) пробурено круглое отверстие, в которое вставлена армирующая труба TECANAT (8) для зонда влагомера.

Для создания вокруг лизиметра одинакового микроклимата площадка размером 5x7 м вокруг него засеивалась морковью столовой. Влажность почвы в увлажняемом горизонте измеряли 1 раз в 5 суток и 1 раз в 10 суток в зоне аэрации монолита почвы. Ежедневно измерялся уровень воды в трубе инфильтрации «хлопушкой», и по разности замеров определяли объем просочившейся воды. Нормы подачи воды на полив в лизиметрах и на делянках определяли по формуле

(2.2), при этом учитывалась глубина расчетного слоя почвы, зависящая от периода роста и развития моркови столовой.

В лизиметре создавали промывной режим, при этом уровень грунтовых вод удерживали на глубине 1,6 м. Такая глубина была принята с учетом высоты капиллярного поднятия, которая составляет 1,5 м. Перед посевом в лизиметре вносили удобрения, а подкормки выполняли по фазам развития моркови столовой согласно существующим рекомендациям [50]. Схема $N_{100}P_{80}K_{150}$.

В лизиметрах создавали такой режим орошения, который позволял поддерживать влажность почвы в слое 0,5 м в оптимальных пределах (0,29 – 0,34 cm^3/cm^3). Параметры изменения влажности дерново-подзолистой почвы взяты из открытых источников и данных исследований преподавателей и аспирантов [94, 100], которые соответствует диапазону (0,7...0,8) ПВ.

Используя прибор TRIME-FM3, послойно через 0,2 м на весь монолит почвы определяли ее влажность. Для этого в центре лизиметра разбуривали отверстие диаметром 4,4 см, глубиной 1,60 м и армировали пластмассовой трубой TECANAT. Высота трубы над уровнем земли составляла не более 20 см. В период между измерениями труба закрывалась пробкой, чтобы исключить поступления в трубу осадков и поливных вод. Снизу трубу плотно закрывали резиновой пробкой, чтобы не допустить проникания подземных вод внутрь трубы.

Каждый год, до посева моркови столовой проводилась поверка прибора TRIME-FM3. Для этого пробуривали скважину, армировалась трубой TECANAT, и делались послойно измерения влажности почвы прибором TRIME-FM3. Далее на месте скважины копали шурф, и проводили забор образцов почвы буром АМ-7, и определяли объемную влажность.

Поверка влагомера НН2-SM300 (DELTA-T DEVICES LTD) отличается тем, что не разбуривается скважина, а измерения влажности почвы прибором выполняются в стенке шурфа послойно через 0,2 м в четырехкратной повторности. После чего отбирали образцы почвы буром АМ-7 и определяли её объемную влажность.

Сопоставляли влажность почвы, определенную TRIME-FM3, HH2-SM300 (DELTA-T DEVICES LTD) и термостатно-весовым методом, и вводили соответствующие коррективы в графики связи. Погрешность измерений приборами TRIME-FM3 и HH2-SM300 (DELTA-T DEVICES LTD) равна $\pm 2\%$.

Количество воды на полив рассчитывали по зависимости (2.2).

$$m = l_p \cdot (\text{ППВ} - W_K), \text{ мм} \quad (2.2)$$

где l_p – промачиваемый горизонт почвы (мм).

ППВ – предельная полевая влагоемкость ($\text{см}^3/\text{см}^3$);

W_K – нижний порог рекомендуемой влажности почвы ($\text{см}^3/\text{см}^3$);

Промачиваемый горизонт земли устанавливали согласно увеличению корневой системы первые три декады после посева – 0,2 м, далее до уборки урожая – 0,4-0,5 м.

Морковь столовую в лизиметре поливали садовыми лейками, исключая пристенную фильтрацию. Количество воды от осадков определяли наземными осадкомерами ГГИ-3000 по стандартной методике.

Ежедневно количество $-q$ измеряли по объему откаченной воды из трубы инфильтрации. Откачка воды из трубы инфильтрации велась насосом «Малыш» в мерную емкость и далее с учетом площади лизиметра определялась величина инфильтрации в мм.

Суммарное испарение в лизиметре рассчитывали с помощью уравнения водного баланса (2.1.2) на основании измеренных элементов водного баланса $\delta\bar{W}$, O_c , m , $-q$.

За ростом и развитием моркови столовой в лизиметре проводились фенологические наблюдения по стандартной методике.

2.3. Определение физических свойств почвы

Влажность почвы, максимальная гигроскопическая влажность почвы и влажность почвы при устойчивом завядании растений определяли по ГОСТ Р 28268-13 [41].

Для определения плотности почвы использовали бур АМ-7. Для этого, откапывают шурф и зачищают его стенку и проводят забор пробы почвы до глубины 150 см, причем в слое 0...3; 3...10; 10...20 см в четырехкратной повторности и глубже в трехкратной. Образцы высушиваются в сушильном шкафу при температуре 107°C, после чего высушенная почва взвешивается. Формула определения плотности имеет вид (2.3.1):

$$\gamma_{об} = \frac{P}{V}, \quad (2.3.1)$$

где: P – вес образца сухой почвы, г; V – объем цилиндра, (50 см³).

Порозность (пористость) рассчитывали по равенству:

$$\sigma = \left(1 - \frac{\gamma_{об}}{\gamma_{уд}}\right), \quad (2.3.2)$$

где $\gamma_{уд}$ – плотность твердой фазы почвы, г/см³; $\gamma_{об}$ – плотность почвы ненарушенной структуры, г/см³.

Плотность твердой фазы почвы ($\gamma_{уд}$), плотность почвы ненарушенной структуры ($\gamma_{об}$), полную влагоемкость (ПВ), предельную полевую влагоемкость (ППВ) определяли по методикам, изложенным в работе Качинского А.Н. [86].

Определение полной влагоемкости. Площадку размером 1×1 м огораживают досками шириной 20 см, которые присыпают снаружи и внутри грунтом, далее внутрь заливают воду до насыщения всех пор почвы влагой. Через 2 часа после залива отбирают образцы для определения ПВ. После этого площадку закрывают полиэтиленовой пленкой и оставляют надвое суток, затем разбуривают почву и отбирают ее образцы на влажность в четырехкратной повторности. Отбор образцов почвы ведут до тех пор, пока влажность почвы под пленкой станет постоянной величиной, то есть ППВ.

При определении водопроницаемости почвы использовали метод заливаемых площадок (круги Долгова С.И.) [54].

При определении водопроницаемости получали кривые впитывания, при затоплении, которые с помощью коэффициента пересчитывались в кривые впитывания при дождевании [2, 48, 88].

Коэффициент фильтрации почвы определяли по ГОСТ 25584-90 (актуализация 02.11.2016) [39].

Гранулометрический состав почвы определялся методом Качинского А.Н. [86]. Образцы почвы отбираются на глубину 0 – 50 см, через 10 см в трехкратной повторности.

2.4. Фенологические и биометрические исследования

В течение развития моркови столовой выполнялись фенологические и биометрические наблюдения. Выяснялась плотность сельскохозяйственных культур, ход увеличения массы урожая, суммарная биомасса. С учетом этого, исследовалось воздействие водного режима почвы на увеличение урожая, и другие исследуемые условия жизни культур.

В таблице 2.4 указаны даты установления фенологических фаз моркови столовой на экспериментальных делянках, а также на лизиметрических площадках. Выполнялись линейные определения корневой и стеблевой (листовой) частей растений и измерение их массы на весах ВЛТЭ-510.

Таблица 2.4 – Определение дат фенологических фаз моркови столовой на экспериментальных делянках в 2011...2013 годах

Номер делянки, лиз.	Посев	Всходы	2 настоящих листа	4 настоящих листа	Пучковая зрелость (Ø1,5см)	Уборка
2011 год						
Дел 1	21.05.2011	30.05.2011	16.06.2011	12.07.2011	18.07.2011	08.09.2011
Дел 2	21.05.2011	31.05.2011	15.06.2011	10.07.2011	17.07.2011	08.09.2011
Дел 3	21.05.2011	30.05.2011	16.06.2011	12.07.2011	19.07.2011	08.09.2011

Продолжение таблицы 2.4.

Номер делянки, лиз.	Посев	Всходы	2 настоящих листа	4 настоящих листа	Пучковая зрелость (Ø1,5см)	Уборка
2011 год						
Лиз.	21.05.2011	30.05.2011	14.06.2011	10.07.2011	16.07.2011	08.09.2011
Контр.	21.05.2011	31.05.2011	24.06.2011	22.07.2011	28.07.2011	08.09.2011
2012 год						
Дел 1	26.05.2012	09.06.2012	22.06.2012	15.07.2012	07.08.2012	28.08.2012
Дел 2	26.05.2012	09.06.2012	21.06.2012	11.07.2012	02.08.2012	28.08.2012
Дел 3	27.05.2012	10.06.2012	21.06.2012	14.07.2012	06.08.2012	28.08.2012
Лиз.	27.05.2012	09.06.2012	19.06.2012	10.07.2012	01.08.2012	28.08.2012
Контр.	27.05.2012	10.06.2012	23.06.2012	18.07.2012	12.08.2012	28.08.2012
2013 год						
Дел 1	18.05.2014	28.05.2013	15.06.2013	13.07.2013	21.07.2013	08.09.2013
Дел 2	18.05.2014	28.05.2014	14.06.2013	11.07.2013	17.07.2013	08.09.2014
Дел 3	18.05.2014	28.05.2014	15.06.2013	12.07.2013	19.07.2013	08.09.2014
Лиз.	18.05.2014	28.05.2014	15.06.2013	14.07.2013	18.07.2013	08.09.2014
Контр.	18.05.2014	29.05.2014	23.06.2013	13.07.2013	29.07.2013	08.09.2014

2.5. Агротехнические мероприятия при проведении научных исследований моркови столовой

Морковь столовая – двулетнее растение семейства сельдерейных. Она принадлежит к холодоустойчивым культурам. Морковь очень требовательна к влажности почвы. Семена моркови столовой прорастают при температуре 3 – 5 °С, но посевные работы правильнее проводить при температуре +6...+8°С. Оптимальная температура для роста и развития моркови столовой, а значит, и для извлечения наибольшей продуктивности, должна быть +18...+25°С. Семена моркови столовой перед посевом замачивались. Посев моркови столовой был проведен в 2011 – 21 мая; 2012 г – 26-27 мая; 2013 – 18 мая. Расстояния между бороздами принимали 18 см.

Морковь столовая имеет высокое требование к плодородию почвы. Большие урожаи моркови столовой тесно связаны с внесением оптимальных доз удобрений.

ний. Весной нормой $N_{100}P_{80}K_{150}$ вносились минеральные удобрения. Удобрения вносились в 3 приема: основное внесение при посеве (50% удобрений) и 2 подкормки (по 25% удобрений).

Морковь столовая хорошо реагирует на органические удобрения, в этой связи на все делянки был внесен торф из расчета 100 т/га.

Вместе с морковью столовой на территории ОМП «Дубна» в 2011 г. были размещены делянки со столовой свеклой и вико-овсяной смесью, а в 2012, 2013 гг. вико-овсяной смесью, многолетними травами, белым клевером, картофелем.

Уход за растениями состоял из: рыхления междурядий, прореживания всходов, уничтожения сорной растительности, подкормки растений удобрениями и орошения. С появлением всходов моркови столовой выполнили первое рыхление между рядами. Всходы моркови столовой прореживали в два этапа. При первом прореживании в рядке просвет между растениями составлял 3...4 см. Второе рыхление было выполнено в фазе 3...4 листьев, при этом расстояния между растениями оставляли 6...8 см.

Предохранение моркови столовой от сорняков включало в себя главную-предпосевную, междурядную культивацию почвы, ручную прополку в рядках. Убирают морковь до начала устойчивых заморозков. Уборка урожая моркови столовой проводилась вручную в 2011 г. – 8 сентября, в 2012 г. – 28 августа, а 2013 г. – 8 сентября.

2.6 Анализы почвенных образцов и растений

Содержание NPK, гумуса и другие агрохимические показатели почвы определяли до закладки опыта и в конце. Пробы почвы отбирали в слое 0...20 см на всех вариантах. В пробах определяли: pH – в солевой вытяжке, (KCl) – потенциометрическим методом; H_T – гидролитическую кислотность по Каппену; K_2O и P_2O_5 – в 0,2N HCl по Кирсанову; общий азот – по Кьельдалю; гумус – по Тюрину. Подвижные формы элементов питания определяли: NO_3 – ионометрически, NH_4 –

фотоколориметрически с гипохлоритом натрия. Используемые методы представлены в работах [11, 87]. Анализы почвы в 2011...2013 гг. были выполнены в лаборатории ФГБУ ГЦАС «Московский» по стандартным методикам.

Биохимические анализы моркови столовой были проведены в лаборатории ООО ЦСЭМ «Московский» по стандартным методикам.

Выводы по второй главе:

1. Исследования проводились по типовым методикам (разработанным на кафедре мелиорации и рекультивации земель);

2. Исследования по водно-физическим, агрохимическим и климатическим показателям показали, что условия проведения исследований являются типичными для южнотаёжной подзоны Нечернозёмной зоны России.

ГЛАВА 3. СУММАРНОЕ ИСПАРЕНИЕ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ

3.1. Анализ различных методов определения водопотребления моркови столовой

На испарение с поверхности почвы влияют лишь природно-климатические условия, а на транспирацию – как природно-климатические условия, так и внутренние факторы растений.

Рядом исследователей [16, 55, 61, 106, 134 и др.] показано, что испарение с поверхности почвы бывает как отдельной частью суммарного испарения во вне-вегетационный период, так и его составной частью в период вегетации растений.

Формулы для расчета испарения с поверхности почвы без растительности применяют для расчета дренажа и водного баланса в предпосевной период.

В настоящее время разработано значительное количество методов расчета суммарного водопотребления растений. К ним относятся: метод турбулентной диффузии, метод теплового и водно-теплового баланса, расчетные формулы, метод водного баланса.

Уравнение теплового баланса земной поверхности, является базой метода теплового баланса, из которого и определяют водопотребление [94]. Данный метод применим для расчета суммарного испарения при глубоком и близком залегании подземных вод относительно поверхности земли.

В уравнение теплового баланса входит радиационный баланс, элементы которого определяют с использованием метеорологических приборов. Эти данные получают на метеорологических станциях или в исследовательских экспедициях высококвалифицированные сотрудники. Погрешность этого метода обусловлена природно-климатическими данными и временем измерения элементов радиационного баланса в течение суток [94]. Анализ работы Константинова А.Р. [59] показывает, что в условиях проведения исследований ошибка при расчете суммарного водопотребления моркови может составить 100%. Из работы Струнникова Э.А. [109] со ссылкой на Кузьмина П.П. видно, что точность расчета суммарного

испарения за месячные периоды составляет $\pm 19\%$, а за год $\pm 5\%$. Данные Нианг Алеуна [94] показывают, что погрешность при расчете суммарного испарения находится в пределах 5...20%, а данные Маркова Е.С. [69] - 6,2...33,4%.

Градиентный метод расчета суммарного испарения использует уравнения турбулентного перемешивания тепла и пара в воздушном слое вблизи поверхности земли. Этот метод используется для расчета суммарного испарения с больших площадей за любой промежуток времени в различных природно-климатических зонах. Константинов А.Р. рекомендует в расчетах использовать таблицы и графики, разработанные им по результатам научных исследований [59]. Погрешность определения суммарного испарения зависит от точности измерений, составляющих уравнения турбулентного тепло-влагообмена. Различия величин водопотребления, полученных с помощью испарителей Струнниковым Э.А. [109] и градиентным методом за месячные периоды, равны для зерновых культур 25...30%, для площадей, занятых черными парами – до 35%.

Основой метода водного баланса является уравнение водного баланса. Все элементы водобалансового уравнения получают в полевых опытах, кроме суммарного испарения, которое определяется как неизвестная составляющая данного уравнения. Используют данный метод, на орошаемых землях с глубоким расположением подземных вод, при этом исключают из уравнения просачивание воды в почву из-за ее малой величины. Тогда в уравнение водного баланса измеряются влагозапасы и атмосферные осадки. Погрешность расчета суммарного испарения методом водного баланса за декадные периоды колеблется от 15% Нерман D.F. и др. [134] до 33,8%, а за всю вегетацию – 10...12%; Саваренский А.Д., Маслов Б.С., Никитин И.С. [107] и 6,1...14,2% Вичюс Ю. И. [31].

Погрешность определения суммарного испарения значительно меньше при применении метода водного баланса монолитов почвы. С помощью этого метода можно определять суммарное испарение и при глубоком, и неглубоком от поверхности земли расположении подземных вод. В первом варианте применяют испарители, во втором – лизиметры [94].

Существуют комбинированные методы определения суммарного испарения, основанные на связи водного и теплового балансов, а также градиентного метода с применением эмпирических коэффициентов. К ним относят методы Будаговского А.И. [26], Будыко М.И. [27], Мезенцева А.И. [73], Чудновского А.Ф. [121], Харченко С.И. [119], Penman H.L., Turk L., Blaney-Criddle, Hargreaves G.H. [53] и другие.

Из работы [94] видно, что негативными моментами вышеизложенных методов являются трудность определения входящих в них составляющих, низкая надежность коэффициентов при использовании их в других природно-климатических зонах, то есть не тех зонах, в которых они были получены.

При разработке системы орошения при расчете суммарного испарения предполагается, что сельскохозяйственные культуры достаточно снабжены влагой и поэтому снижение влажности почвы не учитывается, а принимаются во внимание иные факторы, влияющие на суммарное испарение [94]. Однако в диссертационной работе этот вопрос нами был исследован.

Большое практическое использование получили эмпирические формулы, включающие в себя один или несколько элементов, влияющих на формирование суммарного испарения.

Костяков А.Н. [62] предлагает метод расчета, основанный на связи суммарного испарения растений с урожайностью сельскохозяйственных культур. В работах [16, 18, 67, 96, 118] отмечается, что недостатком этого метода является отсутствие коэффициентов водопотребления для различных природно-климатических условий и культур. Кроме этого, он не учитывает глубину залегания грунтовых вод и поэтому коэффициенты водопотребления имеет более широкий диапазон [94].

3.2. Количественный анализ связи водопотребления моркови столовой с рассчитанными по различным методикам

Известно большое количество методов для расчета суммарного испарения овощных культур. В Российской Федерации для расчета суммарного испарения значительное распространение получили методы следующих ученых: Алпатьева А.М [18], Иванова Н.Н. [55], Klatt F. [135,136], Blaney-Criddle [53], Циприса Д.Б. [120] и др.

Используя формулы известных ученых, были проведены расчеты суммарного испарения моркови столовой на дерново-подзолистых почвах на возвышенных элементах южнотаёжной зоны европейской территории России. Данные расчетов и результаты исследований в лизиметрах даны на рисунках 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3.

Результаты расчета по методу Алпатьева А.М. [17] показывают, что имеет место низкая сходимость, связанная с использованием неизменного биоклиматического коэффициента, который не учитывает биологические условия моркови столовой в течение периода вегетации. Различия рассчитанных значений суммарного испарения и полученных опытным путем в течение периода вегетации составили: в 2011 г – от 2,1% до 28,7%, 2012 г – от 3,5% до 35,3%, 2013 г от 14% до 34,7%. Метод А.М. Алпатьева с неизменным биоклиматическим коэффициентом 0,65 может быть использован при расчете суммарного испарения в целом за вегетацию. Этот метод нельзя применять при расчете водопотребления моркови столовой за декадные периоды в условиях водораздельных территорий Московского региона на дерново-подзолистых почвах.

При расчете суммарного испарения моркови столовой методом Иванова Н.Н. [55] различие между расчетным водопотреблением и фактическим составило: в 2011 г – от 0,6% до 38%; в 2012 г – от 0,8% до 22,1%, в 2013 г - от 8,9% до 41,5%. Применения метода Иванова Н.Н. в рассматриваемых условиях невозможно, так как он не учитывает биологические особенности моркови столовой и влажность почвы в корнеобитаемом слое.

Расчетные значения водопотребления моркови столовой по методике Ф. Клатта [135, 136] дает погрешность в 2011г, 2012г и 2013 г 4,7%, 11,2% и 27,4% соответственно в целом за период вегетации. Эту методику можно применять в условиях проведения исследований в целом за вегетацию. Вместе с тем существенные отклонения (до 44,4%) отмечены при определении суммарного испарения за декадные периоды, которые связаны с не учетом биологических особенностей моркови столовой за эти периоды.

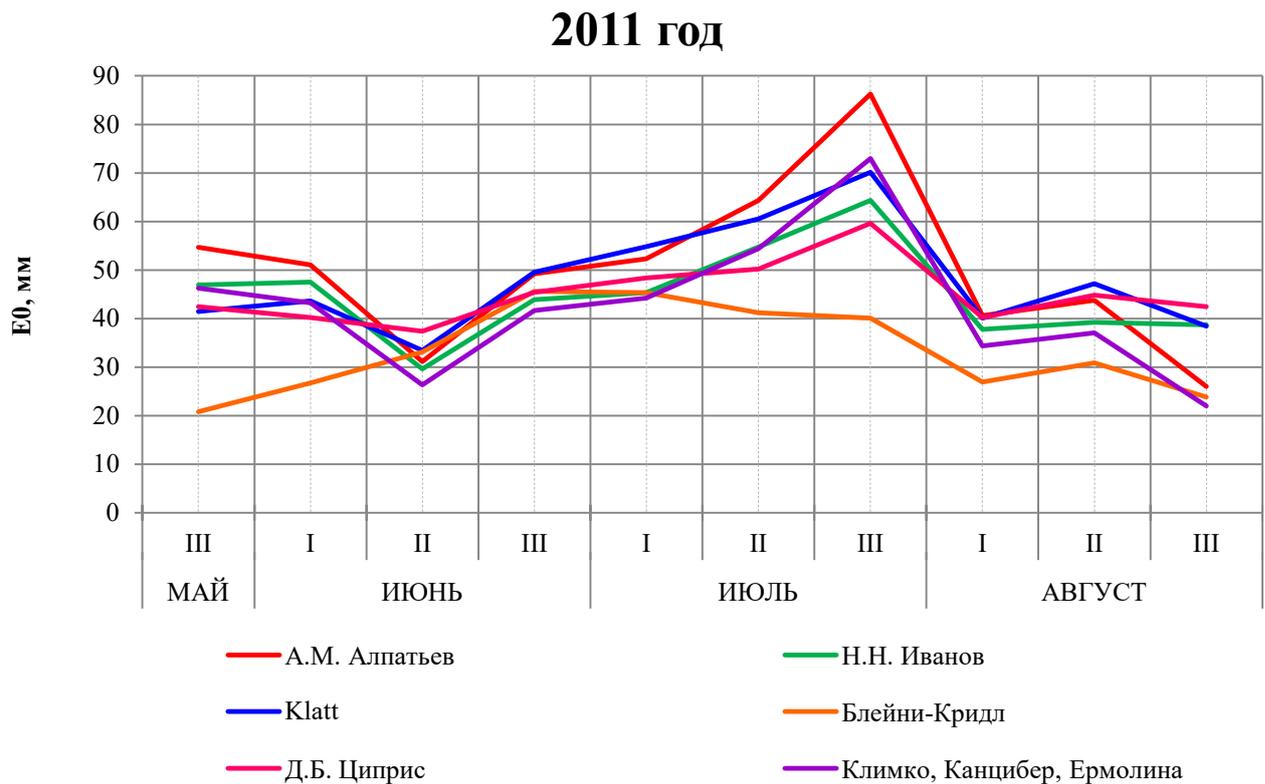


Рисунок – 3.2.1 Динамика изменения фактического суммарного испарения моркови столовой, рассчитанного по различным методикам за 2011 г.

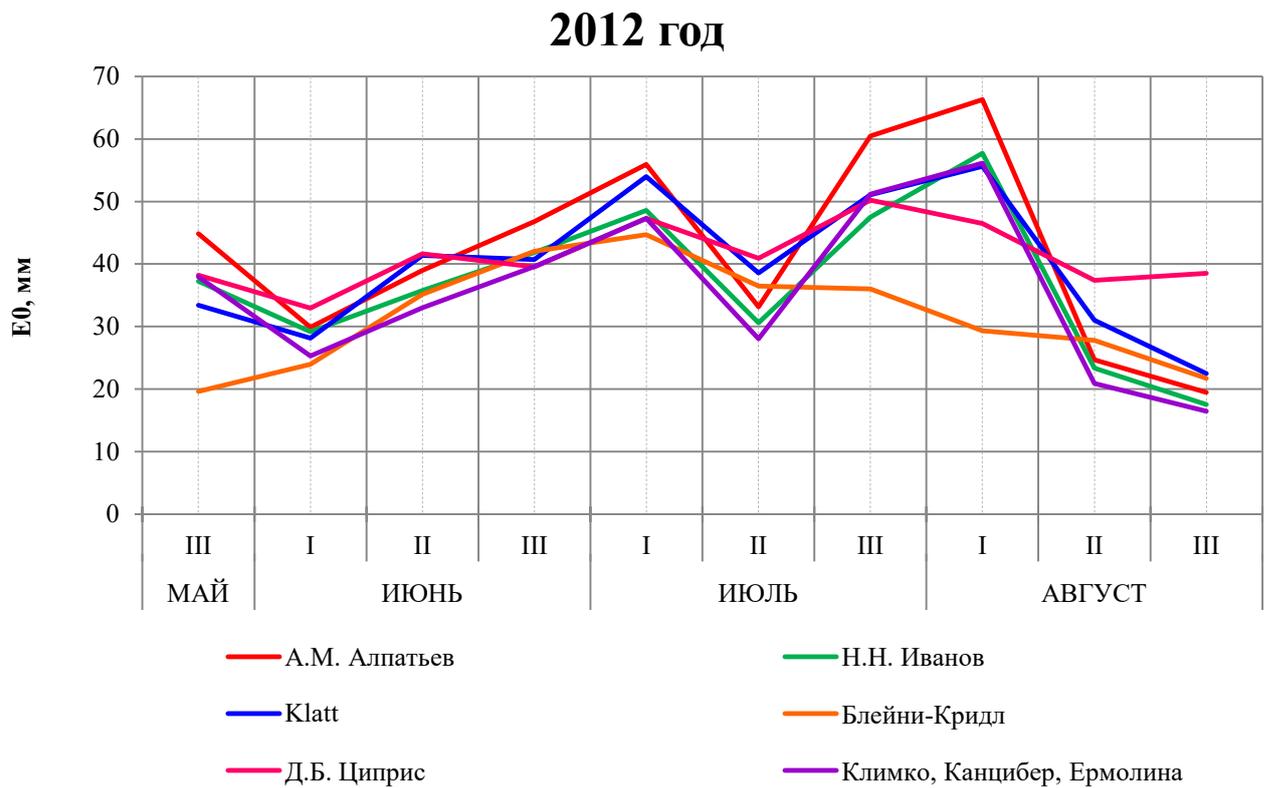


Рисунок 3.2.2 – Динамика изменения фактического суммарного испарения моркови столовой, рассчитанного по различным методикам за 2012 г.

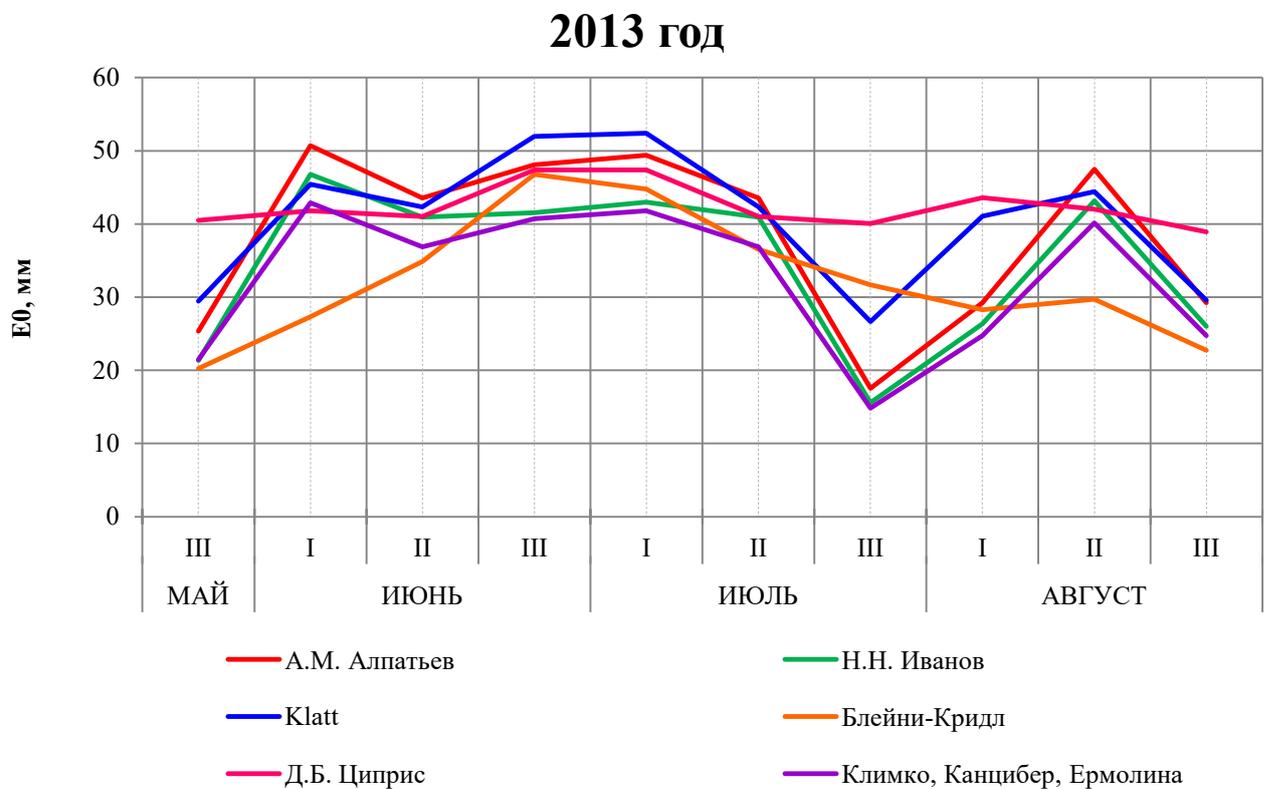


Рисунок 3.2.3 – Динамика изменения фактического суммарного испарения моркови столовой, рассчитанного по различным методикам за 2013 г.

Метод Blaney-Criddle [53] за период вегетации дает погрешность суммарного испарения моркови столовой на 26% в 2011 г, 11,1% в 2012 г и 9,9% в 2013 г. За декадные периоды отклонения более значительны и доходят до 58,3%. Формулу Blaney-Criddle нельзя использовать для определения суммарного испарения в условиях проведения исследований в целом за вегетационный период.

Суммарное испарение, рассчитанное по методике Циприса Д.Б. [120], расходится с фактическими значениями на 2,7% в 2011 г, 11,4% в 2012 г и 29% в 2013 г. Расхождения среднедекадных расчетных значений с фактическими достигают: 43,5% в 2011 г, 53,2% в 2012 г. и 53,1% в 2013 г. Из этого следует, что метод Циприса Д.Б. по определению суммарного испарения моркови столовой за декадные периоды в условиях проведения исследований, рекомендовать нельзя.

Климко А.И., Канцибер Ю.А., Ермолина Л.М. [100] рекомендуют рассчитывать суммарное испарение овощных культур по сумме среднесуточных дефицитов влажности воздуха и коэффициенту регрессии. Расхождения среднедекадных расчетных значений с фактическими составляют: 15,7% в 2011 г, 23,6% в 2012 г и 34,7% в 2013 г за декадные периоды. Сравнительный анализ позволяет сделать вывод в том, что рекомендовать метод Климко А.И., Канцибера Ю.А., Ермолиной Л.М. для расчета суммарного испарения моркови столовой за декадные периоды не представляется возможным.

Декадные значения суммарного испарения моркови столовой нам необходимы для обоснования расчетного режима орошения. Однако, данные расчетов и сравнительный анализ показали, что рассмотренные нами методики не удовлетворяют требованию необходимой точности при возделывании моркови столовой и орошении дождеванием в условиях проведения научных исследований. Поэтому необходимо получить формулу для расчета суммарного испарения моркови столовой для дерново-подзолистых почв возвышенных элементах южнотаёжной подзоны европейской территории России в условиях орошения дождеванием.

3.3. Получение формулы для расчета суммарного испарения моркови столовой

Сельскохозяйственные культуры при орошении в оптимальном диапазоне обеспечены влагой, поэтому суммарное испарение будет максимально возможным для моркови столовой, то есть испаряемостью. В этом случае испаряемость будет зависеть, в основном, от дефицита влажности воздуха.

При получении формулы для определения водопотребления моркови была использована методика Пчелкина В.В. [94]. Используя результаты водобалансовых исследований в лизиметрах по суммарному испарению, и сумме среднесуточных дефицитов влажности воздуха за декады при оптимальной влажности почвы (0,66...0,79) ПВ было получено уравнение регрессии, между рассматриваемыми величинами (состав ряда – 15 пар).

$$E_p = a \cdot d_s^b, \quad (3.3.1)$$

где E_p – потенциально возможное водопотребление моркови, мм/дек;

a – коэффициент уравнения регрессии, b – показатель степени уравнения регрессии; зависящие от типа почвы и климатической зоны;

d_s^b , – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за декадные периоды, мб/дек;

Связь потенциального испарения моркови столовой, рассчитанного по выражению (3.3.1), с суммой среднесуточных дефицитов влажности воздуха за декадные отрезки времени представлена на рисунке 3.3.1.

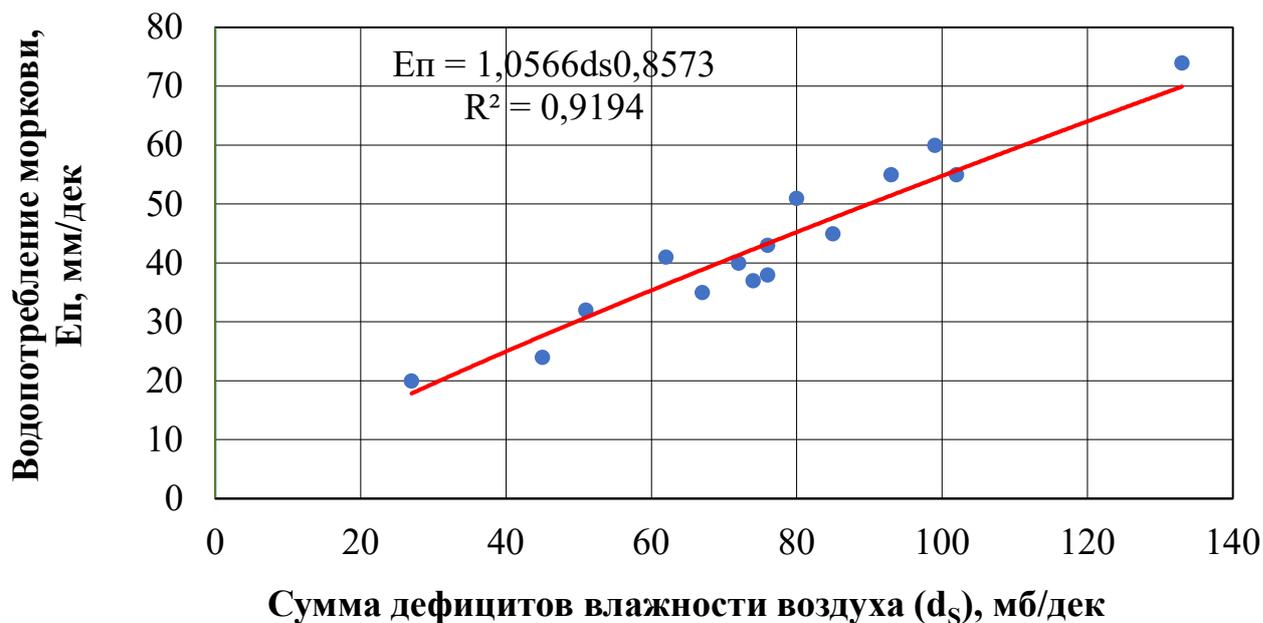


Рисунок 3.3.1 – Зависимость потенциального испарения столовой моркови от суммы среднесуточных дефицитов влажности воздуха за декадные периоды в 2011...2013 гг.

Теснота связи потенциального испарения моркови столовой, рассчитанного по выражению (3.3.1), с суммой среднесуточных дефицитов влажности воздуха за декадные отрезки времени равна $0,959 \pm 0,073$, а коэффициент детерминации 0,919. Это показывает, что изменения суммарного испарения моркови столовой за декадные периоды на 92% обусловлены суммой среднесуточных дефицитов влажности воздуха.

Таблица 3.3.1 – Значения коэффициента и показателя степени (a и b) уравнения регрессии

Коэффициент уравнения регрессии, a	Показатель степени уравнения регрессии	Овощная культура
1,06	0,86	Морковь столовая

Следует отметить, что в статистические ряды включались данные лизиметрических исследований по суммарному испарению тех фаз, когда растения моркови столовой достигли плотного смыкания листьев в рядках, а влажность почвы составляла (0,66...0,79) ПВ, то есть, когда суммарное испарение являлось испаряемостью. Учитывая эти факторы, в расчеты были введены данные с третьей декады

июня по первую декаду августа, а убраны данные суммарного испарения третьей декады мая, двух первых декад июня и две последние декады августа.

Уравнение (3.3.1) разработано для определения суммарного испарения моркови столовой без принятия в расчет их биологических свойств. Включение в формулу биологических особенностей моркови столовой предусматривается введением в уравнение (3.3.1) биологических коэффициентов, которые получаем по зависимости (3.3.2):

$$K_6 = E_{\phi} / E_0, \quad (3.3.2)$$

где: K_6 – декадные значения биологических коэффициентов столовой моркови; E_{ϕ} – фактическое суммарное испарение, мм; E_0 – потенциальное возможное суммарное испарение, мм.

В опыте с морковью столовой, повышение интенсивности суммарного испарения наблюдается совместно с нарастанием листьев. Интенсивность транспирации в последней фазе развития растений уменьшается из-за старения сельскохозяйственных культур.

Используя данные экспериментальных исследований между номерами декад и биологическими коэффициентами моркови столовой, были составлены статические ряды с первой по десятую декады (состав ряда – 30 пар).

Была получена связь между номерами декад и биологическими коэффициентами. Результаты расчетов представлены на рис.3.3.2.

Уравнение регрессии для моркови имеет следующий вид:

$$K_6 = 0,65 + 0,128t_r - 0,011t_r^2, \quad (3.3.3)$$

где K_6 – биологический коэффициент моркови столовой;

t_r – номер декады.

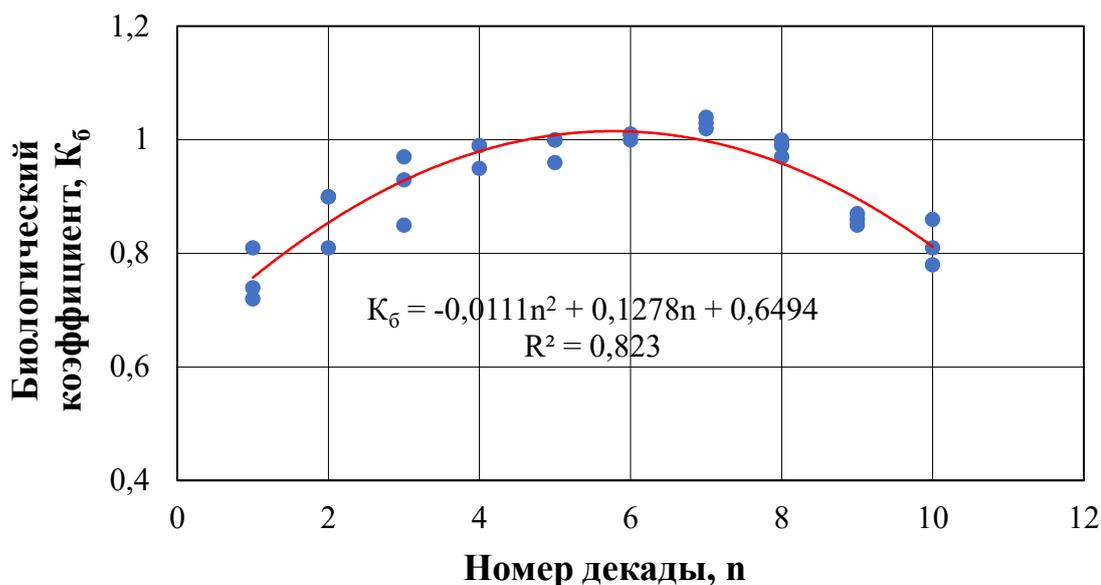


Рисунок – 3.3.2 Зависимость биологических коэффициентов моркови столовой от относительного времени

Коэффициент корреляции уравнения (3.3.3) составил $0,908 \pm 0,079$. Из этого следует, что плотность связи между рассматриваемыми величинами высокая. Данные расчетов по формуле (3.3.3) представлены в таблице 3.3.2.

Таблица 3.3.2 – Влияние номера декады на величину биологических коэффициентов моркови столовой

Величина биологического коэффициента, K_6	Номер декады, n
0,77	1
0,87	2
0,93	3
0,98	4
1,01	5
1,02	6
1,01	7
0,97	8
0,91	9
0,83	10

Подставив в уравнение (3.3.1) значения биологических коэффициентов моркови столовой, формула принимает следующий вид (мм):

$$E = K_6 \cdot a \cdot d_s^b, \quad (3.3.4)$$

Известно, что на суммарное испарение сельскохозяйственных культур влияет влажность расчетного слоя почвы. Это влияние принимается в расчет введением в уравнение (3.3.4) коэффициента, учитывающего влажность почвы (K_w), при этом уравнение будет иметь следующий вид:

$$E = K_w \cdot K_6 \cdot a \cdot d_s^b, \quad (3.3.5)$$

где E – водопотребление моркови столовой мм/сут;

K_w – коэффициент, принимающий во внимание влажность увлажняемого слоя почвы;

K_6 – биологический коэффициент моркови столовой;

a – коэффициент уравнения регрессии, b – показатель степени уравнения регрессии; зависящие от типа почвы и климатической зоны;

d_s – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за декадные периоды, мб;

Зависимость суммарного испарения моркови столовой от влажности дерново-подзолистой почвы дана на рисунке 3.3.3. Плотность этой связи составляет $0,973 \pm 0,072$, а коэффициент детерминации $0,948$. Из этого следует, что теснота связи между рассматриваемыми величинами высокая. Из графика видно, что с повышением влажности почвы до $0,70$ ПВ повышается суммарное испарение моркови столовой. Дальнейшее повышение влажности почвы практически не влияет на суммарное испарение.

Значения эмпирических коэффициентов, зависящих от влажности почвы представлены в таблице 3.3.3.

Таблица 3.3.3 – Коэффициенты, учитывающие снижение суммарного испарения моркови столовой при отклонении величины влажности почвы от оптимального значения

Коэффициенты, учитывающие понижение влажности почвы, K_w	Влажность почвы
1,0	70 % ПВ
0,90	60 % ПВ
0,75	50 % ПВ
0,50	40 % ПВ

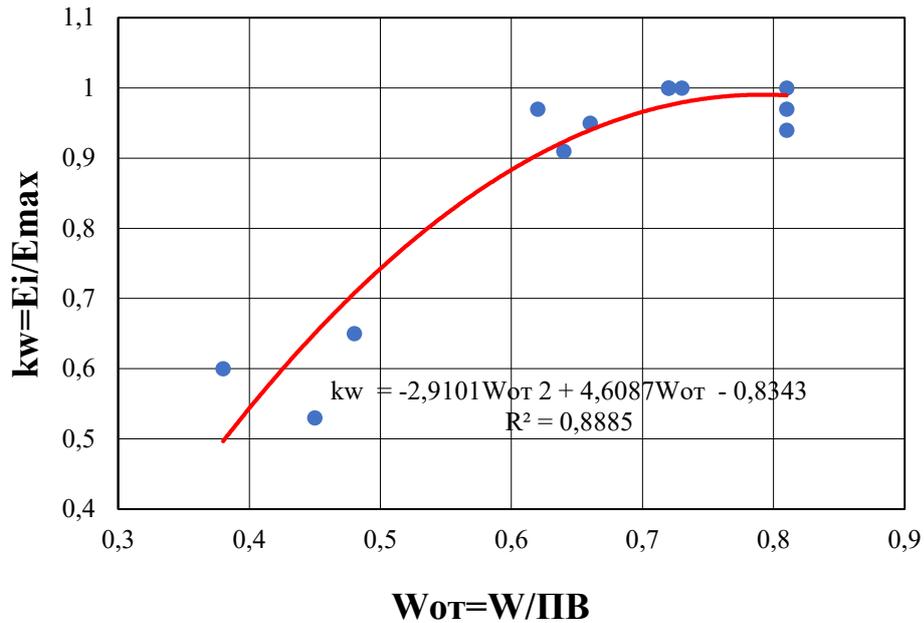


Рисунок – 3.3.3 Зависимость суммарного испарения моркови столовой от влажности дерново-подзолистой почвы (данные 2011...2013 гг.)

Из графика представленного на рисунке 3.3.3 видно, что при увлажненности почвы (0,7...0,8)ПВ суммарное испарение принимает наибольшие значения и более не повышается.

Понижение влажности почвы до 0,60 ПВ уменьшает суммарное испарение на 10%, а понижение влажности почвы до 0,50 ПВ и 0,40 ПВ уменьшает суммарное испарение соответственно на 25 и 50 %.

На рисунке 3.3.4 показан график связи фактического суммарного испарения моркови столовой на делянках (2011...2013 гг.), с расчетным по уравнению (3.3.5).

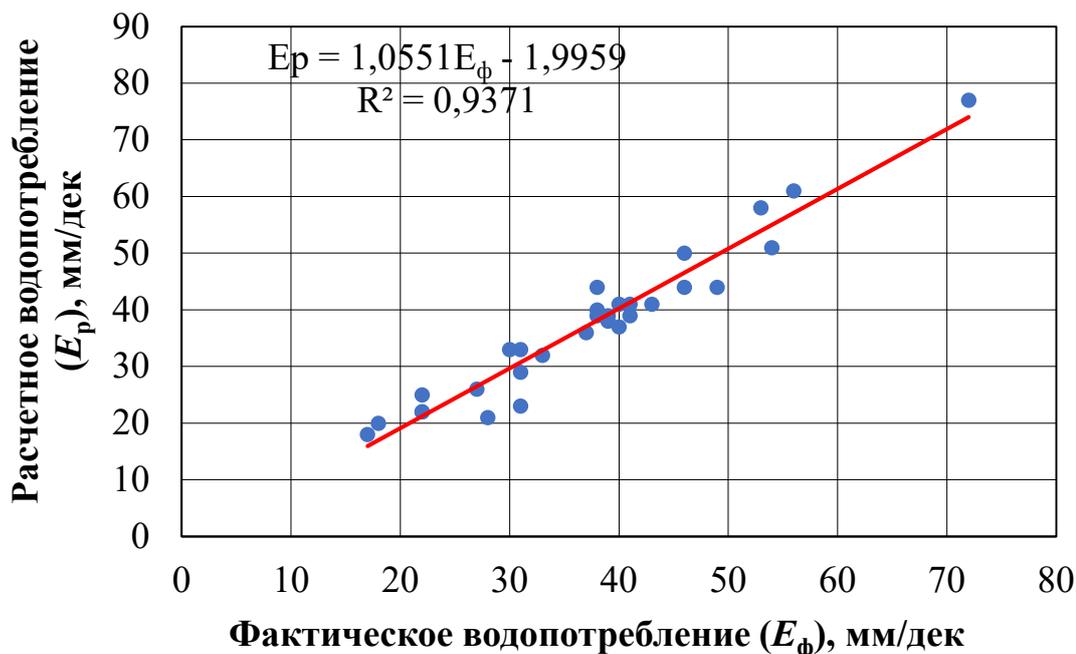


Рисунок – 3.3.4 График связи значений фактического (E_{ϕ}) суммарного водопотребления с расчетными (E_p) значениями моркови столовой на дерново-подзолистых почвах водоразделов (E_{ϕ} – данные делянок), E_p – по формуле (3.3.5).

Анализ результатов проведенных исследований и плотная связь фактического суммарного водопотребления с расчетными значениями позволяет рекомендовать уравнение (3.3.5) для определения суммарного испарения при орошении дождеванием дерново-подзолистых почв возвышенных элементов южнотаёжной подзоны Нечернозёмной зоны России.

3.4. Разработка формулы расчета водопотребления столовой моркови на основе испаряемости с водной поверхности

Настоящие способы определения суммарного испарения используют метеорологические элементы с метеостанций. Часть из них (Иванов Н.Н., Penman H.L., Turk L. и др.) определяют водопотребление культур с использованием испаряемости E_o , то есть максимально возможного испарения с водной поверхности [53].

Пчелкиным В.В. [94] рекомендована формула (3.4.1) для перехода от испаряемости к суммарному водопотреблению сельскохозяйственных культур. В это

уравнение были вставлены коэффициенты K_{pp} , предусматривающие устранение различий между суммарным испарением и испаряемостью, а также K_6 , K_w , учитывающие биологические особенности растений, и снижение влажности почвы от оптимальных значений:

$$E_{pp} = K_{pp} \cdot K_6 \cdot K_w \cdot E_o, \quad (3.4.1)$$

где: E_o – испарение с водой поверхности (испаряемость), мм/дек; K_{pp} – коэффициент, учитывающий отклонение потенциального водопотребления E_p от испаряемости, E_o ; E_{pp} – водопотребление столовой моркови, мм/дек; K_6 – биологический коэффициент; K_w – коэффициент, учитывающий влажность почвы.

Используя данные по испаряемости [90] и сумме среднесуточных дефицитов влажности воздуха за декадные периоды 2011...2013 гг., было получено следующее уравнение регрессии:

$$E_o = a_1 \cdot d_s^{n_1}, \quad (3.4.2)$$

где: a_1 , n_1 – коэффициент и показатель степени уравнения регрессии, $a_1=0,58$; $n_1=0,99$.

Связь испаряемости и дефицита влажности воздуха показана на рисунке 3.4.1.

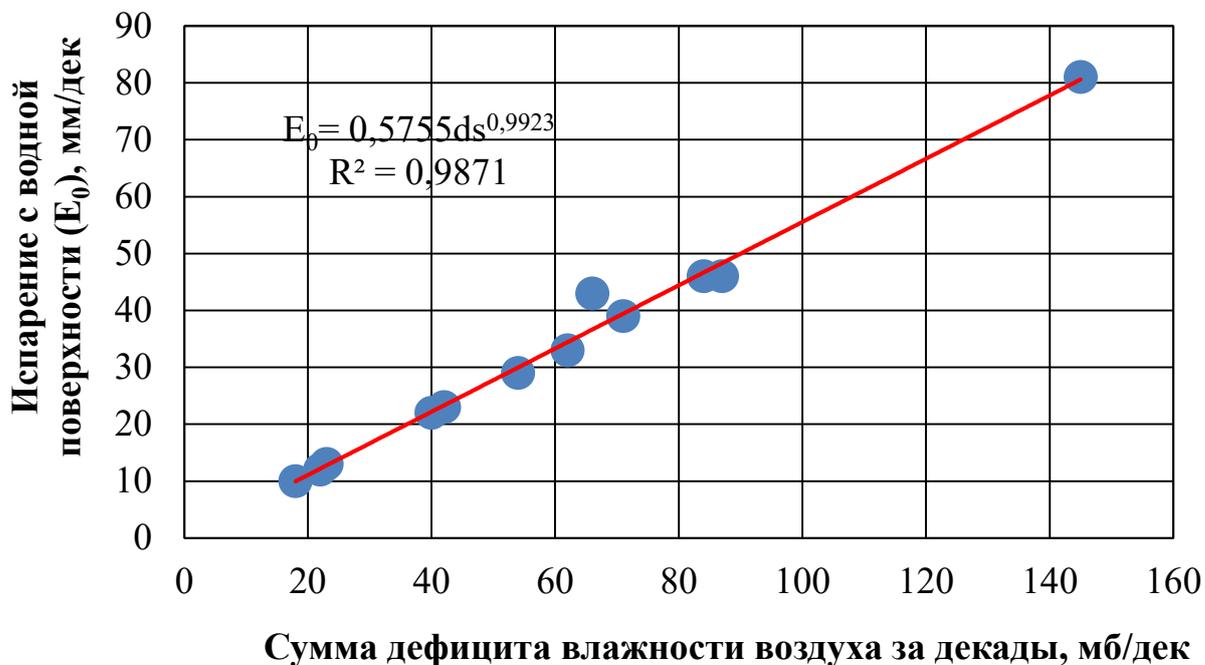


Рисунок 3.4.1 – Зависимость испаряемости от суммы среднесуточных дефицитов влажности воздуха [90]

Плотность связи испаряемости и дефицита влажности воздуха, равна $0,987 \pm 0,051$, а коэффициент детерминации $0,974$. Данный результат показывает, что на $97,4\%$ случаев испаряемость зависит от дефицита влажности воздуха.

Уравнение по определению потенциально возможного водопотребления моркови столовой имеет вид:

$$E_p = a_2 \cdot d_s^{n_2}, \quad (3.4.3)$$

где d_s - сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мб/дек; E_p - потенциально возможное суммарное испарение моркови столовой, мм/дек; a_2, n_2 - коэффициент и показатель степени уравнения регрессии, принимающие в расчет климатическую зону, культуру и почвы ($a_2=1,06$; $n_2=0,86$).

По уравнениям 3.4.2 и 3.4.3, были рассчитаны испаряемость (E_0), и потенциально возможное водопотребление столовой моркови (E_p).

Применение формулы испарения с водной поверхности для вычисления эвапотранспирации, потребует иметь коэффициенты перехода $K_{рп}$. Коэффициенты ($K_{рп}$), перехода испарения с водной поверхности к водопотреблению столовой моркови определяли по формуле:

$$K_{рп} = E_p / E_0, \quad (3.4.4)$$

где: E_0 - испарение с водной поверхности (испаряемость), мм/дек;

Результаты расчета испаряемости (E_0), потенциально возможного водопотребления (E_p) и коэффициента перехода ($K_{рп}$) моркови столовой показаны в таблице 3.4.1.

Таблица 3.4.1 – Результаты расчета испаряемости (E_0), потенциально возможного водопотребления (E_p) и коэффициентов перехода ($K_{рп}$) моркови столовой

Показатели	Месяцы, декады									
	V	VI			VII			VIII		
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2011 г.										
d_s , мб/дек	79	48	76	80	99	133	62	67	50	81
E_p , мм/дек	45	30	44	46	55	71	37	39	31	46

Показатели	Месяцы, декады									
	V	VI			VII			VIII		
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$K_{рп}$	1.02	1.11	1.05	1.04	1.00	0.97	1.09	1.05	1.11	1.02
E_o , мм/дек	44	27	42	44	55	73	34	37	28	45
2012 г.										
d_s , мб/дек	69	46	60	72	86	51	93	102	38	34
E_p , мм/дек	40	28	36	42	49	31	52	57	24	22
$K_{рп}$	1.05	1.08	1.09	1.05	1.02	1.11	1.02	1.00	1.14	1.16
E_o , мм/дек	38	26	33	40	48	28	51	57	21	19
2013 г.										
d_s , мб/дек	39	78	67	74	76	67	27	45	73	45
E_p , мм/дек	24	45	39	43	44	39	18	28	42	28
$K_{рп}$	1.14	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.20	1.12	1.02	1.12
E_o , мм/дек	21	43	37	41	42	37	15	25	41	25

Используя значение испаряемости (E_o) и $K_{рп}$ были составлены статистические ряды данных для моркови и получили уравнение регрессии. Результаты расчетов даны на рисунке 3.4.2 и таблице 3.4.2.

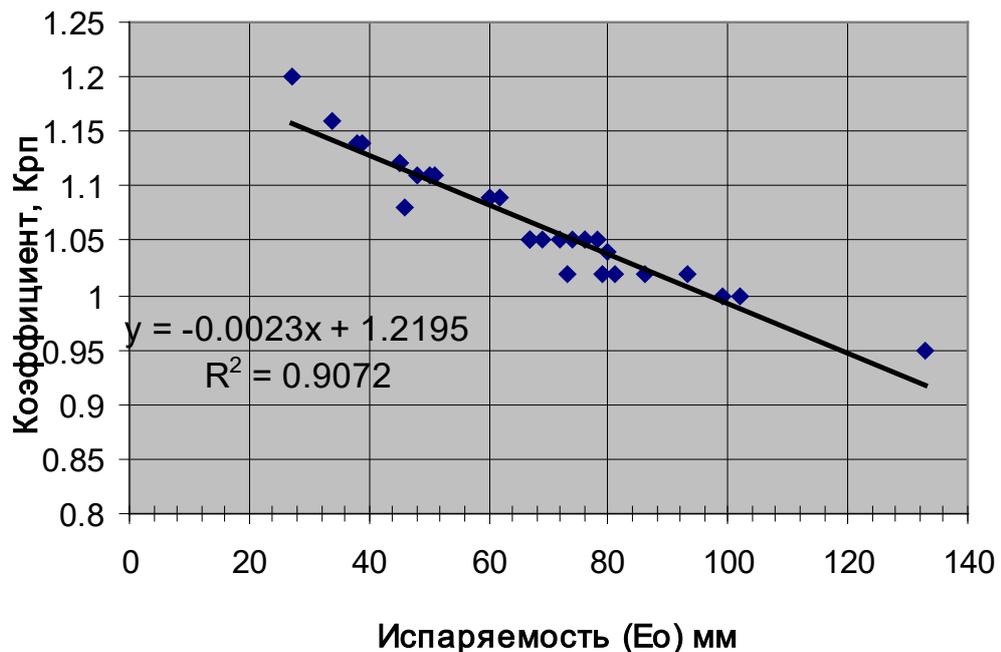


Рисунок 3.4.2 – Связь испарения с водной поверхностью (E_o) с коэффициентом перехода ($K_{рп}$) для столовой моркови

Анализ графика, представленного на рисунке 3.4.2, показывает, что коэффициент корреляции между коэффициентом $K_{рп}$ и испаряемостью (E_o) составляет $0,952 \pm 0,031$, а коэффициент детерминации $0,907$, что говорит о тесной связи между рассматриваемыми признаками.

Используя уравнение регрессии (рисунок 3.4.2) был рассчитан коэффициент $K_{рп}$, а результаты расчета сведены в таблицу 3.4.2. Таким образом, была выполнена аппроксимация коэффициентов $K_{рп}$ для практического пользования.

Таблица 3.4.2 – Результаты расчета испаряемости (E_o), потенциально возможного водопотребления (E_p) и коэффициентов перехода ($K_{рп}$) столовой моркови

d_s , мб/дек	E_o , мм/дек	$K_{рп}$
18	10	1.19
27	15	1.18
36	20	1.17
45	25	1.16
54	30	1.15
63	35	1.14
72	40	1.13
81	45	1.12
92	50	1.10
99	55	1.09
109	60	1.08
118	65	1.07
127	70	1.06
136	75	1.05
145	80	1.04
154	85	1.03
163	90	1.01
172	95	1.00
181	100	0.99

При расчете суммарного испарения моркови $E_{рф}$ было применено уравнение (3.4.5).

$$E_{рф} = K_{\sigma} \cdot K_w \cdot a_2 \cdot d_s^{n_2} \quad (3.4.5)$$

Оперируя уравнениями 3.4.1 и 3.4.5, было проведено определение величин E_{pp} и $E_{pф}$. Результаты расчетов приведены в таблице 3.4.3 и отображены на графике связи (рисунок 3.4.3).

Таблица 3.4.3 – Результаты расчетов значений водопотребления моркови столовой E_{pp} и $E_{pф}$ по уравнениям (3.4.1) и (3.4.5)

Показатели	Месяцы, декады									
	V	VI			VII			VIII		
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2011 г.										
d_s , мб/дек	79	48	76	80	99	133	62	67	50	81
$E_{pф}$, мм/дек	35	26	41	45	56	73	37	38	28	38
E_{pp} , мм/дек	38	27	44	48	60	78	39	40	29	42
E_o , мм/дек	44	27	42	44	55	73	34	37	28	45
2012 г.										
d_s , мб/дек	69	46	60	72	86	51	93	102	38	34
$E_{pф}$, мм/дек	31	24	34	41	50	32	53	57	22	18
E_{pp} , мм/дек	33	26	35	44	53	33	56	60	22	18
E_o , мм/дек	38	26	33	40	48	28	51	57	21	19
2013 г.										
d_s , мб/дек	39	78	67	74	76	67	27	45	73	45
$E_{pф}$, мм/дек	19	39	36	42	45	40	20	27	39	23
E_{pp} , мм/дек	19	42	39	45	48	42	19	28	42	24
E_o , мм/дек	21	43	37	41	42	37	15	25	41	25

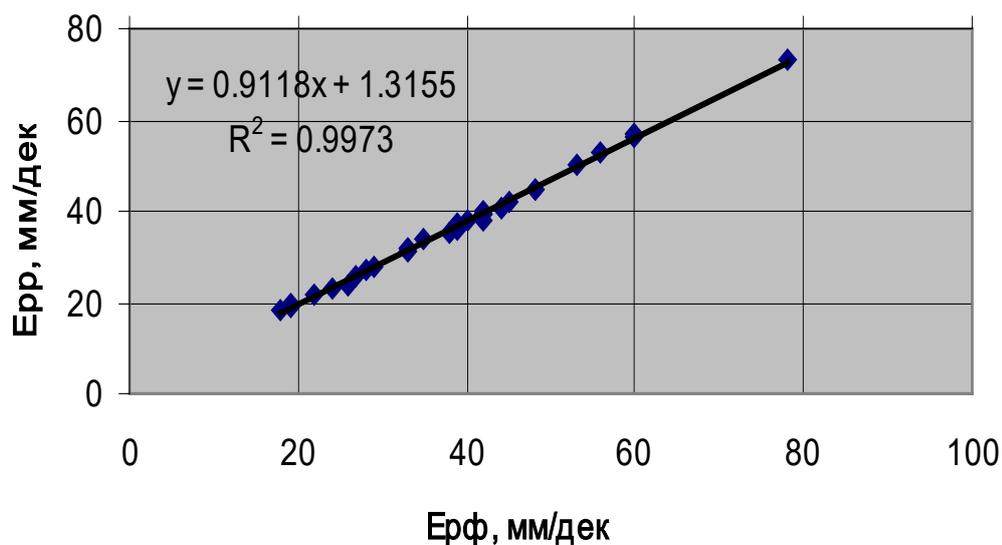


Рисунок 3.4.3 – Закономерность изменения водопотребления столовой моркови, рассчитанная по уравнениям (3.4.1) $E_{рр}$ и (3.4.5) $E_{рф}$

Из графика, на рис.3.4.3 видно, что коэффициент корреляции для моркови столовой равен $0,997 \pm 0,010$, это означает тесную связь между рассматриваемыми величинами. В этой связи уравнение 3.4.1 можно рекомендовать при расчете суммарного испарения моркови столовой.

3.5. Определение суммарного испарения столовой моркови в многолетнем периоде

Суммарное испарение растений меняется из года в год в связи с колебаниями метеорологических факторов. При разработке проектов оросительных систем необходимо знать распределение суммарного испарения в многолетнем разрезе. Для этого было подсчитано суммарное испарение столовой моркови за май-август для любой десятидневки по уравнению (3.4.5). При вычислении были использованы результаты наблюдений ряда метеорологических станций Московской области (городов Дмитров, Коломна, Наро-Фоминск, Серпухов, Волоколамск) с 1946 по 1987 гг. Расчитаны среднемноголетние значения эвапотранспирации моркови

столовой ($E_{ср}$), стандартного отклонения (σ_{C_v}), коэффициента вариации (C_v), коэффициента асимметрии (C_s), отношения C_s/C_v . Результаты расчетов представлены в таблице 3.5.1.

Таблица 3.5.1 – Статистические показатели количественной изменчивости эвапотранспирации моркови столовой при наилучшей влажности почвы за время её выращивания

Наименование метеостанции	Диапазон значений испаряемости E , мм	Среднеголетнее водопотребление моркови $E_{ср}$, мм	C_v	σ_{C_v}	C_s	$\frac{C_s}{C_v}$
1	2	3	4	5	6	7
Дмитров	281...402	334	0,152	0,0174	1,873	12,3
Волоколамск	231...352	285	0,162	0,0182	1,543	9,5
Наро-Фоминск	241...376	301	0,174	0,0195	1,582	9,1
Серпухов	274...427	341	0,170	0,0194	1,604	9,4
Коломна	273...437	346	0,183	0,0212	1,569	8,6

Статистические показатели количественной изменчивости эвапотранспирации столовой моркови (табл. 3.5.1) вычислены по известным уравнениям [100]. Эти расчеты (таблица 3.5.1) показывают, что коэффициент вариации колеблется в пределах от 0,152 до 0,183, а отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации меняется от 8,6 до 12,3. Это говорит о существенном непостоянстве значений водопотребления столовой моркови как из года в год, так и по площади. Для прикладного потребления выполняем определение значений эвапотранспирации столовой моркови в годы с различной тепло-влагообеспеченностью для ряда метеорологических станций Московской области. Итоги вычислений приведены в таблице 3.5.2.

Таблица 3.5.2 – Итоги вычислений эвапотранспирации столовой моркови при различной её обеспеченности

Наименование метеостанции	Водопотребление столовой моркови, мм											
	Среднеголетнее значение E_{cp} , мм	Обеспеченность (P), %										
		10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90
Коломна	346	437	391	378	364	344	328	314	302	296	291	273
Наро-Фоминск	301	376	338	327	315	299	285	274	265	260	255	241
Дмитров	334	402	366	355	345	329	317	307	299	295	291	281
Серпухов	341	427	381	368	356	339	323	311	300	295	290	274
Волоколамск	285	352	318	307	298	284	272	267	253	249	245	231

Выводы по третьей главе:

1. Данные расчетов суммарного испарения моркови столовой, выполненные по разнообразным методикам, и их анализ показывают, что имеет место значительная погрешность общепризнанных формул при расчете суммарного испарения моркови столовой за декадные периоды, поэтому ни одна из них не применима на дерново-подзолистых почвах водоразделов южнотаёжной подзоны Нечернозёмной зоны России при поливе дождеванием;

2. Суммарное испарение в состоянии оптимального увлажнения дерново-подзолистой почвы обуславливается преимущественно климатическими условиями. Самая плотная связь получается между суммарным испарением и суммой среднесуточных дефицитов влажности воздуха. Коэффициент корреляции этой связи для моркови столовой составляет $0,959+0,073$;

3. Разработана формула (3.3.5) для определения эвапотранспирации моркови столовой на дерново-подзолистых почвах возвышенных элементов южнотаёжной зоны европейской территории России при поливе дождеванием. Диапазон использования выражения (3.3.5) по сумме среднесуточных дефицитов влажности воздуха за время декад равен $27...144$ мб/дек;

4. Определены биологические коэффициенты (табл. 3.3.2) столовой моркови, принимающие во внимание уменьшение интенсивности суммарного испарения в начале и конце периода вегетации столовой моркови, позволяющие учитывать снижение влажности почвы при производстве моркови столовой;

5. Получены коэффициенты, позволяющие учитывать снижение влажности промачиваемого горизонта почвы при производстве моркови столовой (табл. 3.3.3);

6. Выполнена проверка сходимости водопотребления моркови столовой, рассчитанного по формуле (3.3.5), с опытными данными делянок, для условий проведения научных исследований. Коэффициент корреляции для моркови столовой равен $0,956 \pm 0,052$. Поэтому формулу (3.3.5) можно рекомендовать для практического пользования;

7. Создано уравнение (3.4.1) для расчета водопотребления моркови столовой на основе испаряемости, для этого определены коэффициенты перехода $K_{рп}$ (табл. 3.4.1) испарения с водной поверхности (испаряемости) E_0 к потенциально возможному водопотреблению E_p столовой моркови;

8. Создана реальная связь эвапотранспирации моркови $E_{рф}$, вычисленная по уравнению (3.4.5) и вычисленная по формуле (3.4.1). Коэффициент корреляции данной связи составляет $0,997 \pm 0,010$, что указывает на сильную связь между эвапотранспирацией, вычисленной по уравнению (3.4.5) и вычисленной по формуле (3.4.1). Следовательно, уравнения (3.4.1) и (3.4.5) можно использовать при проектировании и эксплуатации систем орошения.

ГЛАВА 4. ТРЕБОВАНИЯ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ И ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ К ВОДНОМУ РЕЖИМУ

4.1 Взаимосвязь урожайности моркови с влагозапасами почвы

Водный режим почвы оказывает главное влияние на процесс почвообразования и почвенное плодородие. Атмосферные осадки являются основным источником влаги в почве; кроме того, приходным элементом водного баланса могут быть неглубоко залегающие от поверхности земли подземные воды, а в зонах орошаемых земель – поливы. Часть атмосферных осадков и талых вод, стекая по поверхности, формируют сток, другая часть воды, инфильтруясь в почву, используется растениями. Для получения максимального урожая столовой моркови при рациональном использовании воды на полив, в рассматриваемых природных условиях, необходимо поддержание оптимальной влажности дерново-подзолистых почв.

Изучение рациональных режимов полива для моркови столовой осуществлялось на стационаре ОМП «Дубна» в 2011...2013 гг. В научных исследованиях определялась взаимосвязь между продуктивностью моркови столовой и влажностью расчетного слоя дерново-подзолистой почвы.

Одним из основных показателей эффективности мелиорации сельскохозяйственных земель является продуктивность культур. Методика получения подобных кривых приведена в работах Никольского Ю.Н. [76, 77], Пчелкина В.В. [94], Шабанова В.В. [122].

На рисунке 4.1 и в таблице 4.1 представлены результаты экспериментальных исследований связи продуктивности столовой моркови с влажностью почвы.

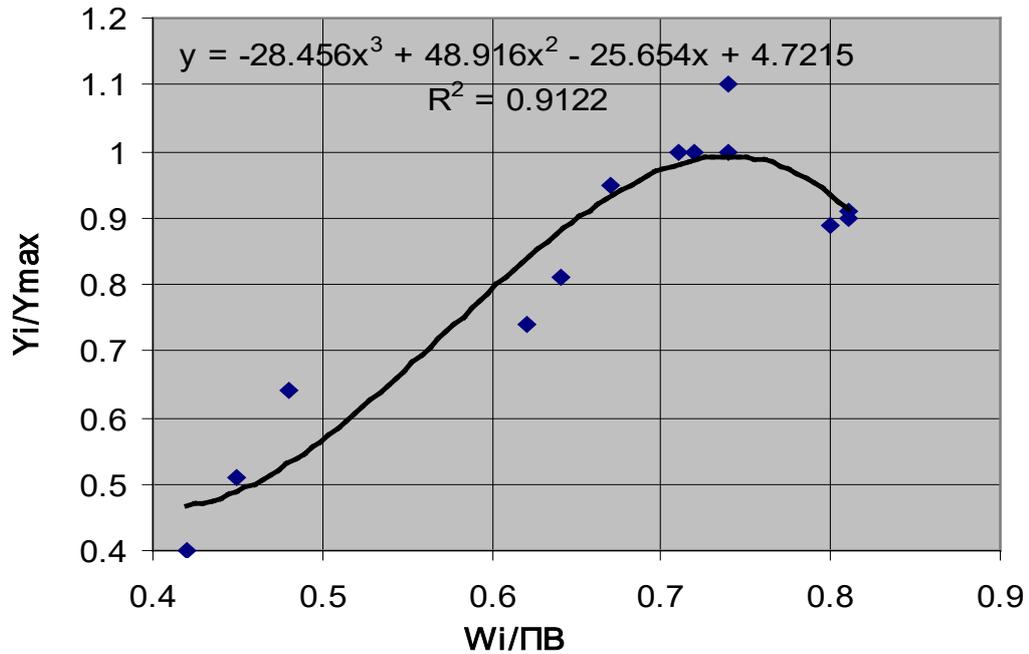


Рисунок 4.1 – Закономерность изменения относительной урожайности, $(y = Y_i/Y_{max})$ моркови столовой от увлажненности дерново-подзолистой почвы при поливе дождеванием: Y_i – урожайность в конкретном (i -ом) году, т/га; Y_{max} – наибольшая урожайность в том же году; $ПВ=0,42 \text{ см}^3/\text{см}^3$

График связи относительных значений урожайности $(y = Y_i/Y_{max})$ моркови столовой от увлажненности дерново-подзолистой почвы в условиях орошения дождеванием в 2011...2013 гг., показывает хорошую связь между этими значениями. Коэффициент корреляции между рассматриваемыми величинами составляет $0,955 \pm 0,0937$, а коэффициент детерминации – 0,912.

Таблица 4.1 – Результаты экспериментальных исследований связи продуктивности столовой моркови с влажностью почвы

Влажность $W_{cp}, \text{ см}^3/\text{см}^3$	Вариант	Урожайность, $Y_i, \text{ т/га}$	$W_{cp}/ПВ$	Относительная урожайность, Y_i/Y_{max}
2011 г.				
0,27	I	44	0,64	0,81
0,31	II	54	0,74	1,00
0,34	III	49	0,81	0,91
0,22	Контроль	15	0,52	0,28
0,33	Лизиметр	56	-	-
2012 г.				
0,28	I	40	0,67	0,95

Влажность $W_{\text{ср}}, \text{см}^3/\text{см}^3$	Вариант	Урожайность, $Y_i, \text{т/га}$	$W_{\text{ср}}/\text{ПВ}$	Относительная уро- жайность, Y_i/Y_{max}
0,30	II	42	0,71	1,00
0,34	III	37	0,81	0,89
0,20	Контроль	27	0,48	0,64
0,33	Лизиметр	46	-	-
2013 г.				
0,26	I	43,6	0,62	0,74
0,30	II	58,8	0,71	1,00
0,34	III	52,4	0,81	0,89
0,16	Контроль	30,1	0,38	0,51
0,33	Лизиметр	59,1	-	-

Анализ графика, представленного на рисунке 4.1 и данных таблицы 4.1 показывает, что наилучшее значение влажности почвы при производстве моркови столовой составило $0,30 \text{ см}^3/\text{см}^3$ или $0,72\text{ПВ}$. Выдерживать данное значение в реальных условиях технически трудно и экономически дорого, поэтому в практике рационально применять интервал влажности почвы. Константинов А.Р. [60], рекомендует снижать урожайность сельскохозяйственных культур на $10...15\%$ от максимальной величины. Используя это допущение, и понижая урожайность моркови столовой на 10% , получаем следующий диапазон влажности дерново-подзолистой почвы – $(0,66...0,79)\text{ПВ}$ [32]. Для поддержания влажности почвы в оптимальном диапазоне необходимо проводить поливы поливной нормой $20...40 \text{ мм}$, зависящей от фазы развития моркови столовой.

4.2 Закономерности изменения составляющих водного баланса зоны аэрации в связи с влажностью дерново-подзолистой почвы при производстве моркови столовой

Лизиметрические опыты, проведенные на дерново-подзолистых почвах, позволили установить закономерности изменения между составляющими водного баланса зоны аэрации. Исследования, проведенные на опытных делянках при различной влажности дерново-подзолистых почв, установили закономерности между элементами водного баланса в слое $0...50 \text{ см}$. Составляющие водного баланса в

монолите почвы лизиметра в период вегетации моркови столовой при оптимальной влажности дерново-подзолистой почвы за 2011...2013 гг. даны в таблице 4.2.1.

Таблица 4.2.1 – Водные балансы зоны аэрации в лизиметрах

Элементы водного баланса	Месяцы, декады											Сумма
	Май		Июнь			Июль			Август			
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
2011 г.												
Начальные Влагозапасы, мм	–	442	429	412	401	381	374	372	401	406	422	–
Конечные влагозапасы, мм	–	429	412	401	381	374	372	401	406	422	421	–
Изменение влагозапасов, мм	–	-13	-17	-11	-15	-12	-2	+29	+5	+16	-1	-21
Осадки, мм	–	11	2	15	15	4	7	63	4	67	7	195
Водопотребление, мм	–	39	41	29	43	48	63	80	38	39	24	444
Водообмен, мм	–	0	3	1	2	12	3	11	16	12	4	64
Поливы, мм	–	15	25	4	15	44	57	57	55	0	20	292
2012 г.												
Начальные Влагозапасы, мм	–	490	499	519	505	505	489	508	492	474	473	–
Конечные влагозапасы, мм	–	499	519	505	505	489	508	492	474	473	480	–
Изменение влагозапасов, мм	–	+9	+20	-14	0	-16	+19	-16	-18	-1	+7	-10
Осадки, мм	–	29	49	74	16	0	35	25	11	10	33	282
Водопотребление, мм	–	29	23	33	40	49	32	55	50	21	18	350
Водообмен, мм	–	1	6	55	2	9	10	0	9	0	18	110
Поливы, мм	–	10	0	0	26	42	26	14	30	10	10	168
2013 г.												
Начальные Влагозапасы, мм	416	420	438	430	431	433	425	436	449	430	417	–
Конечные влагозапасы, мм	420	438	430	431	433	425	436	449	430	417	406	–
Изменение влагозапасов, мм	4	18	-8	1	2	-8	11	13	-19	-13	-11	-10
Осадки, мм	15	47	9	9	4	12	20	43	16	4	10	189
Водопотребление, мм	9	19	40	31	35	38	35	20	24	31	20	302
Водообмен, мм	7	20	15	18	9	12	13	10	11	6	1	123
Поливы, мм	5	10	38	41	42	30	39	0	0	20	0	225

Из анализа таблицы 4.2.1 видно, что в течение вегетации 2011...2013 гг. происходила инфильтрация, которая усиливалась после выпадения осадков и орошения, и наоборот уменьшалась в междождевые периоды и при отсутствии поливов.

Уровень грунтовых вод в лизиметрах моделировался на глубине 1,6 м. Такое заглубление грунтовых вод сделало невозможным формирование подпитывания зоны аэрации.

Сумма осадков за вегетацию моркови столовой в 2011...2013 гг. равнялась соответственно годам 195, 282, 189 мм. Количество дождевых осадков повлияло на нормы орошения, которые за рассматриваемый срок составили соответственно 292, 168, 225 мм. Исходя из этого водоподача в сумме (Ос+М) соответственно по годам составила: 487, 450, 414 мм.

Водные балансы (мм) на опытных делянках в течение вегетации моркови столовой в 2011...2013 гг. представлены в таблице 4.2.2.

Таблица 4.2.2 – Водные балансы на опытных делянках в течение вегетации моркови столовой в связи с влажностью дерново-подзолистой почвы в 2011...2013 гг.

Варианты	Ос, мм	Е _ф , мм	-q, мм	М, мм	ΔW, мм	W/ПВ
2011 г.						
Делянка 1	195	409	-43	235	-22	0,64
Делянка 2	195	449	-49	303	0	0,73
Делянка 3	195	422	-56	265	-18	0,81
Контроль	195	240	-28	0	-73	0,52
2012 г.						
Делянка 1	282	328	-85	149	+18	0,66
Делянка 2	282	344	-88	174	+24	0,72
Делянка 3	282	334	-115	185	+15	0,81
Контроль	282	225	-96	0	-39	0,48
2013 г.						
Делянка 1	204	329	-54	207	-3	0,62
Делянка 2	204	337	-63	204	+8	0,72
Делянка 3	204	336	-68	213	+13	0,81
Контроль	204	203	-38	0	-37	0,38

Суммарное испарение в засушливые годы 2011...2013 гг. равно 444, 350, 302 мм. Просачивание влаги через зону аэрации в лизиметрах составило в 2011 г. q = -

64 мм, 2012 г. $q = -110$ мм, а в 2013 г. $q = -123$ мм. Взаимосвязь между просачиванием влаги через зону аэрации и влажностью дерново-подзолистой почвы предполагает более глубокое изучение, которое будет осуществлено в дальнейших исследованиях. В 2011 г. запасы влаги за вегетацию моркови столовой снизились на 24 мм, а в 2012...2013 гг. снизилась на 10 мм. Взаимосвязь суммарного испарения моркови столовой с влажностью дерново-подзолистой почвы рассмотрена в разделе 4.3.

Известно, что существует взаимосвязь между влагозапасами почвы, а также суммарным испарением и оросительной нормой. Проведенные исследования на делянке № 1 с морковью столовой в 2011-2013 гг. показали следующие результаты по средней увлажности почвы 0,64 ПВ; 0,66 ПВ; 0,62 ПВ, при этом количество воды, пошедшее на орошение, составило по годам 235, 149, 207 мм, а водопотребление 409, 328 и 329 мм. На делянке № 2 влажность почвы при ее средних значениях получилась равной 0,73 ПВ, 0,72 ПВ, 0,72 ПВ, а количество воды, пошедшее на полив, оказалась равной соответственно по годам 303, 174, 204 мм, а суммарное испарение 449, 344, 337 мм. На делянке № 3 при средней увлажненности почвы за 3 года 0,81ПВ, количество воды, пошедшее на орошение, составило 265, 185, 213 мм, водопотребление 422, 334, 336 мм.

На варианте без полива влажность почвы в среднем составила по годам 0,52 ПВ, 0,48 ПВ, 0,38 ПВ, а соответственно суммарное испарение оказалось равным 240, 225, 203 мм. Из анализа приведенных результатов видно, что при поливах с уменьшением оросительной нормы понижается влажность почвы и в результате снижается суммарное испарение. Это снижение наблюдается при влажности дерново-подзолистой почвы с 0,7 ПВ и меньше. Различие вызвано, неодинаковыми значениями атмосферных осадков и дефицита влажности воздуха, оказавших влияние на различия в оросительных нормах 2011...2013 гг.

Суммарное водопотребление представляет собой основной элемент водного баланса расчетного слоя почвы. Следует отметить, что глубокое расположение грунтовых вод создает инфильтрацию влаги из расчетного горизонта почвы в нижерасположенные слои. Переток влаги в более глубокие горизонты приводит к

увеличению оросительной нормы. Результаты, представленные на рисунке 4.2, показывают, что оросительные нормы (M_i/M_{\max}) моркови столовой хорошо коррелируют со средней за вегетацию 2011...2013 гг. влажностью дерново-подзолистой почвы экспериментальных делянок.

Коэффициент корреляции этой зависимости составил $0,960 \pm 0,088$, а коэффициент детерминации $0,922$, что демонстрирует тесную зависимость между изучаемыми величинами. Данные опытных делянок показывают, что при влажности почвы $0,81$ ПВ в 2011...2013 гг. оросительные нормы оказались равными 265 , 185 и 213 мм. При средней увлажности почвы $0,64$ ПВ в 2011 г., $0,66$ ПВ в 2012 г. и $0,62$ ПВ в 2013 г. количество воды, пошедшее на орошение, составили соответственно 235 , 149 и 207 мм. На делянке без поливов получены следующие результаты влажности почвы в 2011...2013 гг. соответственно $0,52$ ПВ, $0,48$ ПВ и $0,38$ ПВ.

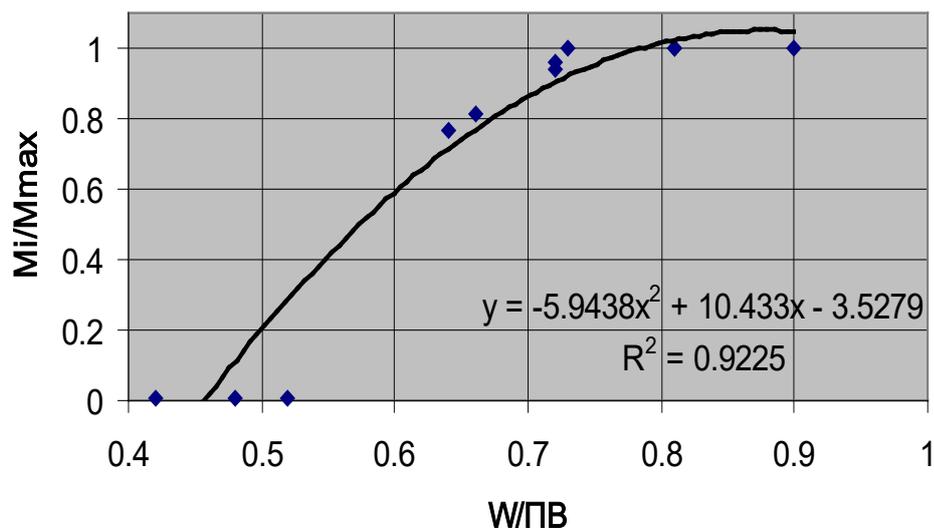


Рисунок 4.2 – Взаимосвязь относительной влажности почвы (W/ПВ) с относительными оросительными нормами (M_i/M_{\max}) столовой моркови при дождевании (в слое $0...50$ см): M_{\max} (2011 г.) – 303 мм, M_{\max} (2012 г.) – 185 мм, M_{\max} (2013 г.) – 213 мм.

Следовательно, на формирование составляющих водного баланса зоны аэрации большое влияние оказывает уровень увлажненности дерново-подзолистой почвы.

4.3. Корневая система моркови столовой

Корневая система моркови стержневая распространяется на глубину 1...1,5 м, но большая часть корней занимает верхний горизонт почвы на глубине до 45...70 см. В таблице 4.3 приведены данные о развитии корневой системы культуры.

Столовая морковь требовательна к плодородию почвы. Товарные корнеплоды формируются только на хорошо обработанных и удобренных почвах. Кислотность почвы должна быть нейтральной при значениях рН 6...7 [101].

При расчете режима орошения необходимо знать величину расчетного и корнеобитаемого слоя почвы. В расчетном слое почвы следует поддерживать в оптимальном диапазоне водный, воздушный и питательный режимы. Этот слой почвы для моркови столовой обуславливается фазой ее развития, глубиной формирования главной массы корней растений, глубиной залегания подземных вод, климатическими и иными обстоятельствами, степенью развития агротехники.

Таблица 4.3 – Развитие корневой системы моркови столовой (данные 2013 г.)

Слой почвы, м	Распределение корневой системы моркови столовой, %						
	Декады						
	1...2	3	4	5	6	7	8...10
Вариант I							
0...0,1	100	100	88.3	74.2	46.1	49.3	49.6
0,1...0,2	0	0	11.7	24.5	46.1	49.3	49.6
0,2...0,3	–	–	–	1.3	3.9	0.59	0,37
0,3...0,4	–	–	–	–	3.9	0.59	0,37
0,4...0,5	–	–	–	–	–	0.11	0,03
0,5...0,6	–	–	–	–	–	0.11	0,03
Вариант II							
0...0,1	100	96.1	81.1	74.2	46.1	49.5	49.9
0,1...0,2	0	3.9	18.9	24.5	46.1	49.5	49.9
0,2...0,3	–	–	–	1.3	3.9	0.41	0.08
0,3...0,4	–	–	–	–	3.9	0.41	0.08
0,4...0,5	–	–	–	–	–	0.09	0.02
0,5...0,6	–	–	–	–	–	0.09	0.02
Вариант III							
0...0,1	100	98.7	80,3	74.2	46.1	49.3	49.7
0,1...0,2	0	1.3	19,7	24.5	46.1	49.3	49.7
0,2...0,3	–	–	–	1.3	3.9	0.63	0.25

Слой почвы, м	Распределение корневой системы моркови столовой, %						
	Декады						
	1...2	3	4	5	6	7	8...10
0,3...0,4	–	–	–	–	3.9	0.63	0.25
0,4...0,5	–	–	–	–	–	0.07	0.01
0,5...0,6	–	–	–	–	–	0.07	0.01
Контроль							
0...0,1	100	100	91.7	89.4	72.2	48.7	49.2
0,1...0,2	0	0	8.3	10.6	22.7	48,7	49.2
0,2...0,3	–	–	–	–	2.55	1.13	0.71
0,3...0,4	–	–	–	–	2.55	1.13	0.71
0,4...0,5	–	–	–	–	–	0.17	0.09
0,5...0,6	–	–	–	–	–	0.17	0.09

К влажности почвы морковь очень требовательна, особенно в фазе прорастания семян и первые две декады после посева. Данные таблицы 4.3 подтверждают связь интенсивности развития корневой системы с влажностью почвы моркови столовой.

В первой – второй декадах основная масса корней формируется в зоне 0...0,1 м, в третьей – четвертой декадах корневая система проникает на глубину 0,2 м, в пятой декаде – 0,3 м, в шестой декаде – 0,4 м. В седьмой – десятой декадах проникновение корней достигает 0,6 м. Проникновение корней глубже 0,6 м не фиксировалось.

В связи с тем, что ранее был установлен рациональные пределы влажности почвы (0,66...0,79) ПВ, то следует провести детальный анализ развития корней моркови столовой на варианте 2. В первой-второй декадах в слое 0...0,1 м сосредоточено 100% массы корней, в третьей декаде в слое 0...0,1 м – 96,1%, 0,1...0,2 м – 3,9 %.

В четвертой декаде произошло перераспределение массы корней в этих слоях, которое составило соответственно 81,1; 18,9%.

В пятой декаде распределение массы корней было следующим: в слое 0...0,1 м – 74,2%, 0,1...0,2 м – 24,5%, 0,2...0,3 см – 1,3%, в шестой декаде, соответственно, 46,1; 46,1; 3,9% и в слое 0,3...0,4 м – 3,9%.

В седьмой декаде корневая система проникает на глубину 60 см и перераспределяется следующим образом: в пределах 0...0,1 м – 49,5%, 0,1...0,2 м – 49,5 %, 0,2...0,3 м – 0,41%, 0,3...0,4 м – 0,41%, 0,4...0,5 м – 0,09%, 0,5...0,6 м – 0,09%.

Распределение корней в восьмой декаде и до конца вегетации моркови столовой была неизменна. Масса корней разрасталась таким образом: в слое 0...0,1 м – 49,9%, 0,1...0,2 м – 49,9 %, 0,2...0,3 м – 0,08%, 0,3...0,4 м – 0,08%, 0,4...0,5 м – 0,01%, 0,5...0,6 м – 0,01%. Нарастание корневой системы, наблюдаемое на делянках 1, 3, осуществлялось аналогичным образом. На контроле (вариант без орошения) нарастание корневой массы происходило иначе, чем на делянках (вариантах с поливом).

На основании анализа данных, представленных в таблице 4.3 даны следующие рекомендации по определению значений глубины расчетного слоя дерново-подзолистой почвы водоразделов при выращивании моркови столовой: 1...4 декады (от начала вегетации) – 0,2 м; 5...6 декады – 0,3 м; 7...10 декады – 0,4...0,5 м.

4.4. Связь скорости впитывания воды в почву с интенсивностью дождя

Одним из факторов, определяющим выбор поливной техники является интенсивность дождя, которая должна быть ниже скорости впитывания воды в почву. Этот вопрос исследовали как зарубежные, так и отечественные ученые [2, 12, 22, 39, 91 и др.].

Опыты по определению скорости просачивания влаги в почву при затоплении проводили на делянке № 2. При этом, скорость просачивания при поливе уменьшали на 20 %, в сравнении с затоплением площадок [91]. Результаты опыта даны в таблице 4.4 и на графике рисунок 4.4.

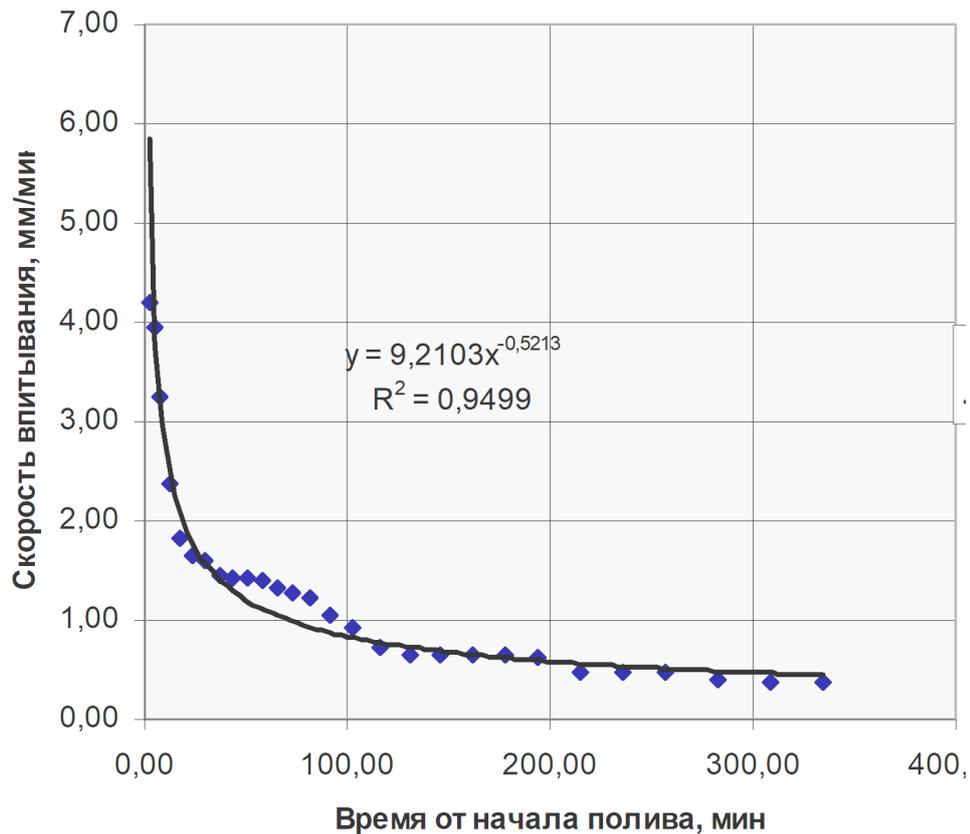


Рисунок – 4.4 Закономерность изменения скорости просачивания влаги в почву при дождевании: 1 – скорость просачивания воды в почву при поливе; 2 – средняя интенсивность распылителя поливной воды Rain Bird (модель 1812)

График на рисунке 4.4 показывает, что коэффициент корреляции зависимости скорости просачивания воды в дерново-подзолистую почву с временем от начала полива составляет $0,975 \pm 0,043$, а коэффициент детерминации $0,95$, что свидетельствует о плотной связи между этими значениями.

Данные, представленные на рисунке 4.4 и в таблице 4.4 свидетельствуют, что средняя интенсивность дождя форсунки с выдвижной частью Rain Bird (модель 1812) составляет $0,39$ мм/мин. Поэтому интенсивность дождя не превышает скорости впитывания воды в почву в рассматриваемых условиях. В результате, для поливной нормы 25 мм время полива, осуществляемое распылителем Rain Bird (модель 1812), равно 64 минуты, для поливной нормы 30 мм – 76 минут, 35 мм – 90 минут, 40 мм – 102 минуты.

Таблица 4.4 – Определение скорости просачивания влаги в почву при затоплении и дождевании

Время от начала полива (мин)													
2,38	4,92	7,99	12,21	17,71	23,76	29,96	36,83	43,81	50,81	57,99	65,55	73,33	81,51
Скорость просачивания влаги в почву при затоплении (мм/мин)													
4,2	3,94	3,26	2,37	1,82	1,65	1,61	1,45	1,43	1,42	1,39	1,32	1,28	1,22
Скорость просачивания влаги в почву при дождевании (мм/мин)													
3,36	3,15	2,61	1,9	1,46	1,32	1,29	1,16	1,14	1,14	1,11	1,06	1,02	0,98
Время от начала полива (мин)													
91,07	101,91	115,76	131,01	146,29	161,66	177,27	193,44	214,47	235,77	257,09	282,67	308,78	334,89
Скорость просачивания влаги в почву при затоплении (мм/мин)													
1,04	0,92	0,72	0,66	0,65	0,65	0,64	0,62	0,48	0,47	0,47	0,39	0,38	0,38
Скорость просачивания влаги в почву при дождевании (мм/мин)													
0,83	0,74	0,58	0,53	0,52	0,52	0,51	0,5	0,38	0,38	0,37	0,31	0,3	0,3

4.5. Биохимический состав моркови столовой

Биохимический состав овощных культур, потребляемых человеком в пищу, не должен превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). Поэтому изучение влияния уровня влажности дерново-подзолистых почв на качество моркови столовой имеет большое значение для человека. Качество моркови столовой в связи с влажностью дерново-подзолистой почвы дано в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Качество моркови столовой в связи с влажностью дерново-подзолистой почвы в 2012...2013 гг

Влажность почвы, W/ПВ	Содержится % абсолютно сухого вещества							Нитраты, мг/кг
	Влага	N _{общ.}	Сырая зола	K	P	Ca	Mg	
2012 г.								
0,81	88,2	1,4	0,8	1,81	0,3	0,8	0,04	-
0,72	88,7	1,4	0,8	3,12	0,3	0,7	0,48	-
0,66	89,1	1,4	0,8	2,31	0,3	0,5	0,16	-
0,48 (без орошения)	87	1,4	0,8	2,27	0,3	0,6	0,16	-
2013 г.								
0,81	87,7	1,75	-	2,80	0,39	-	-	1120
0,72	89,4	1,72	-	2,66	0,37	-	-	325
0,62	86,7	1,26	-	2,32	0,43	-	-	149
0,38 (без орошения)	89	1,32	-	2,54	0,29	-	-	67

Из таблицы 4.5 видно, что с повышением влажности почвы, изменений содержания сырой золы в корнеплодах столовой моркови не наблюдалось.

Данные таблицы 4.5 показывают, что содержание калия в корнеплодах столовой моркови повышается с увеличением влажности почвы. Так, в 2012 г при средней за период выращивания моркови влажности дерново-подзолистой почвы 0,66 ПВ содержание калия составило 2,31, при 0,72 ПВ – 3,12, при 0,81 ПВ – 1,81, без орошения при 0,48 ПВ – 2,27 (% абсолютно сухого вещества). В 2013 г. этот показатель соответственно по влажности почвы составил 2,32, 2,66, 2,80, без орошения – 2,54 (% абсолютно сухого вещества).

В 2012 г. изменений по общему азоту и фосфору в зависимости от увлажненности дерново-подзолистой почвы не было, на всех вариантах эта величина соответственно составила 1,4 и 0,3 % абсолютно сухого вещества. Однако в 2013 г наблюдались изменения по этим показателям в зависимости от влажности дерново-подзолистой почвы и составили по общему азоту и фосфору соответственно при 62 ПВ – 1,26; 0,43; 0,72 ПВ – 1,72, 0,37; 0,81 ПВ – 1,75, 0,39; без орошения при 0,38 ПВ – 1,32, 0,29 % абсолютно сухого вещества. Следует отметить, что по общему азоту прослеживается закономерность, с увеличением влажности дерново-подзолистой почвы незначительно повышается содержание в столовой моркови общего азота. По фосфору изменения не существенные и закономерности не прослеживаются.

Из таблицы 4.5 видно, что изменения содержания кальция в корнеплодах столовой моркови незначительны. В 2012 г при влажности дерново-подзолистой почвы 0,66 ПВ содержание кальция составило 0,5, при 0,72 ПВ – 0,7, при 0,81 ПВ – 0,8, без орошения при 0,48 ПВ – 0,6 % абсолютно сухого вещества.

Содержание магния по данным таблицы 4.5 в корнеплодах столовой моркови находится в пределах 0,04...0,48% абсолютно сухого вещества. При этом при влажности дерново-подзолистой почвы содержание магния составило 0,16, при 0,72 ПВ – 0,48, при 0,81 ПВ – 0,04, без орошения при 0,48 ПВ – 0,16 % абсолютно сухого вещества. С увеличением влажности дерново-подзолистой почвы от 0,66 ПВ до 0,72 ПВ наблюдалось незначительное повышение содержания в столовой моркови магния с 0,16 до 0,48% абсолютно сухого вещества. Дальнейшее повышение влажности почвы до 0,81 ПВ привело к снижению содержания магния в моркови столовой до 0,04% абсолютно сухого вещества.

Накопление нитратов (таблица 4.5) в товарной части столовой моркови зависело от влажности дерново-подзолистой почвы. Так, в 2013 г при влажности дерново-подзолистой почвы 0,66 ПВ содержание нитратов в корнеплодах столовой моркови оказалось равным 149 мг/кг, при 0,72 ПВ – 325, при 0,81 ПВ – 1120 мг/кг. Если учесть, что ПДК по нитратам для столовой моркови составляет 400 мг/кг, то поддержание влажности дерново-подзолистой почвы в интервале (0,60-0,80) ПВ

не приводит к превышению ПДК. При влажности почвы 0,81ПВ наблюдалось значительное (в 2,8 раза) превышение ПДК в корнеплодах столовой моркови. Поэтому ранее сделанные рекомендации (раздел 3.1) по влажности дерново-подзолистой почвы (0,66...0,79)ПВ правильные, с точки зрения накопления нитратов.

4.6. Связь плодородия дерново-подзолистых почв с их влажностью при производстве моркови столовой

На повышение или снижение плодородия почвы влияет следующая совокупность факторов: воднофизических, агрохимических и биологических [13]. Орошаемые земли водораздельных площадей, используемые при выращивании овощей, необходимо содержать на таком уровне, чтобы их плодородие не снижалось, а по возможности увеличивалось. Поэтому в 2012 и 2013 гг. были организованы научные исследования по определению уровня плодородия почв при орошении водоразделов Московской области в течение вегетации моркови.

Данные научных исследований связи плодородия дерново-подзолистых почв с их увлажненностью при производстве моркови столовой представлены в таблице 4.6.1.

Весомым фактором плодородия ирригационных земель, является кислотность почвы (рН), оказывающая значительное воздействие на продуктивность овощных культур. Кислотность в большой степени оказывает влияние на другие агрохимические характеристики почвы.

Данные по кислотности на делянках в 2012 – 2013 гг. были равны 6,6...6,8 рН_{ксл}. По рН_{сол} на всех вариантах произошло незначительное увеличение кислотности после уборки урожая столовой моркови в 2012 г на 0,1...0,2, а в 2013 г на 0,3...0,4.

В 2012 г. наблюдалось изменение гидролитической кислотности почвы в сторону увеличения на делянках № 1, 3 на 0,15; 0,13, в лизиметре на 0,05; а пониже-

ние – на делянке № 2 на 0,01 мг-экв/100 г почвы. В следующем 2013 г. на контроле, делянках № 1,2,3 и лизиметре наблюдалось уменьшение, которое составило: контроль – 0,02; делянках № 1,2,3 – 0,05, 0,14; 0,09; лизиметр – 0,06 мг-экв/100г почвы. В 2012 г. этот показатель оказался выше, чем в 2013 г. на всех делянках № 1, 2, 3 – 0,25, 0,22, 0,31, на контроле – 0,37 и в лизиметре – 0,13 мг-экв/100г почвы. Отмечено небольшое снижение в сопоставлении с 2012 г. в лизиметре на 0,08 и на делянке № 1 на 0,10, а на делянках № 2, 3 и контроле более существенное соответственно на 0, 23, 0,28, 0,39 мг-экв/100г почвы.

Таблица 4.6.1 – Закономерность изменения показателей плодородия дерново-подзолистых почв от их влажности при производстве моркови столовой в 2012...2013 гг.

Гумус, %	Агрохимические показатели									Влажность почвы
	H _r	Mg	Ca	K ₂ O	NH ₄	NO ₃	pH _{ксл}	P ₂ O ₅	pH _{сол}	
	мг-экв/100г почвы				мг/кг почвы					
Образцы почвы весна 2012 г.										
3,31	0,48	1,8	8,8	47	3,68	3,22	6,8	189	7,8	Лизиметр
3,21	0,68	1,7	10,1	159	5,41	3,08	6,7	254	7,6	60...70%ПВ
3,46	0,81	2,2	11,0	210	4,60	2,99	6,7	226	7,6	70...80%ПВ
3,55	0,95	1,9	9,7	129	5,98	3,00	6,6	196	7,4	80...90%ПВ
Образцы почвы осень 2012 г.										
3,14	0,53	1,7	8,1	53	5,50	4,27	6,8	242	7,9	Лизиметр
3,03	0,83	1,5	8,6	157	6,75	3,98	6,8	262	7,8	60...70%ПВ
3,43	0,80	1,5	8,2	233	6,75	3,98	6,8	310	7,5	70...80%ПВ
3,15	1,08	1,6	8,5	138	7,12	3,82	6,5	267	7,6	80...90%ПВ
3,04	0,91	1,7	7,8	125	6,37	3,93	6,7	168	7,6	Контроль
Образцы почвы весна 2013 г.										
2,3	0,46	1,9	8,6	71	1,0	9,6	6,9	281	8,1	Лизиметр
3,0	0,63	1,7	8,9	196	1,2	33,2	6,9	314	7,8	60...70%ПВ
3,0	0,72	2,2	10,6	325	1,8	34,7	6,8	326	7,7	70...80%ПВ
3,5	0,76	2,0	9,7	218	1,6	37,2	6,7	325	7,6	80...90%ПВ
2,2	0,54	1,9	7,8	95	1,2	24,6	6,8	275	7,7	Контроль
Образцы почвы осень 2013 г.										
2,8	0,40	1,8	9,0	35	1,2	1,2	6,9	303	8,4	Лизиметр
3,4	0,58	1,6	9,2	198	1,6	1,4	6,9	316	8,1	60...70%ПВ

Продолжение таблицы 4.6.1

Гумус, %	Агрехимические показатели									Влажность почвы
	H _r	Mg	Ca	K ₂ O	NH ₄	NO ₃	pH _{ксл}	P ₂ O ₅	pH _{сол}	
	мг-экв/100г почвы				мг/кг почвы					
3,2	0,58	1,9	10,2	221	1,8	1,7	6,9	325	8,1	70...80%ПВ
4,0	0,67	2,0	10,3	165	2,4	1,9	6,9	387	8,0	80...90%ПВ
2,4	0,52	2,0	8,2	69	1,4	1,2	6,8	277	8,1	Контроль

Небольшие изменения гидролитической и солевой кислотности связаны с высоким содержанием обменного кальция в верхнем горизонте почвы [86]. Поэтому различные режимы влажности почвы существенного воздействия на кислотность дерново-подзолистых почв не проявили.

Количество гумуса в почве довольно сильно воздействует на её плодородие. Следует отметить, что количество гумуса в дерново-подзолистых почвах водоразделов невысокое и составляет в среднем 1,5...2,3%. Для повышения запасов гумуса в почве было проведено торфование дозой 100 т/га. Для сравнения был выбран целинный участок с содержанием гумуса 1,72 %. В мае 2012 г. перед посевом содержание гумуса в почве было: при её влажности (0,6...0,7)ПВ – 3,21; (0,7...0,8)ПВ – 3,46; (0,8...0,9)ПВ – 3,55 %%. За период вегетации после уборки урожая моркови содержание гумуса уменьшилось в зависимости от увлажненности почвы на 0,18, 0,03; 0,27 %%. Уменьшение в лизиметре было на 0,41 %. В 2013 г. содержание гумуса в почве увеличилось на делянке № 1 на 0,40 %; № 2 – 0,20 %; № 3 – 0,50 %; на контроле на 0,20 %, лизиметре на 0,50 %. При этом содержание гумуса в почве составило на делянке № 1 – 3,4 %; № 2 – 3,2 %; № 3 – 4,0 %; на контроле – 2,4 %, в лизиметре 2,8 %. Повышение гумуса в почве произошло за счет внесения торфа 100 т/га, минеральных удобрений N₁₀₀P₈₀ K₁₅₀ и орошения.

Из таблицы 4.6.1 видно существенное увеличение количества фосфора в почве опытного участка. Разница между содержанием P₂O₅ в почве весной 2012 г. и осенью поле уборки урожая в 2013 г. составила на делянках в зависимости от влажности почвы: (0,6...0,7) ПВ –62; (0,7...0,8) ПВ –99; (0,8...0,9) ПВ –191 мг/кг. На контроле без полива это повышение оказалось равным 109 мг/кг. В конце опыта после сбора урожая моркови в 2013 г. содержание фосфора в почве на делянках в

соотношении с влажностью составило 316, 325, 387 мг/кг, на контроле 277 мг/кг. Повышение содержания фосфора в почве лизиметра составило 114 мг/кг и оказалось равным 303 мг/кг. Прибавление фосфора в верхнем горизонте почвы вызвано торфованием и внесением P_{80} с минеральными удобрениями.

Перед закладкой опыта количество калия в почве было невысокое, однако внесение K_{150} с удобрениями увеличило его содержание. Результаты таблицы 4.6.1 показывают, что агротехнические и агромелиоративные работы на землях водоразделов положительно повлияли на содержание калия в почве. В результате проведенных мероприятий, содержание калия на делянках № 1, 2 и 3 увеличилось на 39, 11 и 36 мг/кг соответственно. На контроле и в лизиметре это увеличение составило 56 и 12 мг/кг. В конце опыта (осень 2013 г.) после уборки урожая моркови содержание калия в почве оказалось равно: делянки № 1, 2, 3 – 198, 221, 165 мг/кг; контроль – 65 мг/кг; лизиметр – 35 мг/кг.

Торфование повысило количество в почве аммонийного (NH_4) и нитратного (NO_3) азота. Из таблицы 4.6.1 видно, что гидромелиоративные и агротехнические воздействия на дерново-подзолистые почвы возвышенных элементов рельефа обусловили падение аммонийного азота (NH_4) с 5,41 при влажности почвы (0,6...0,7) ПВ; 4,60 – (0,70...0,8) ПВ; 5,98 – (0,8...0,9) ПВ; 6,37 – без полива. Это падение в зависимости от влажности почвы получилось равным 1,60, 1,80, 2,40, 1,40 мг/кг. Аммонийный азот (NH_4) в почве, в зависимости от её влажности, составил 3,81, 2,80, 3,48, 4,79 мг/кг, в лизиметре на 2,48 мг/кг.

Количество нитратного азота (NO_3) уменьшилось на делянках № 1, 2, 3 с 3,08; 2,99; 3,00; контроле-3,93 мг/кг, соответственно до 1,40, 1,70, 1,90, 1,20 мг/кг. Падение содержания аммонийного азота (NH_4) в почве получилось равным 1,68, 1,29, 1,1, 2,73 мг/кг, в лизиметре этот показатель составил 2,02 мг/кг.

Итак, эксперименты с морковью столовой при уровне влажности почвы (0,66...0,79)ПВ и совместное внесение N_{100} привело к падению подвижных форм азота (NH_4) на 2,80...3,81, контроль на 4,79 мг/кг; (NO_3) на 1,10...1,68, контроль на 2,73 мг/кг; лизиметре (NH_4) на 2,48, (NO_3) на 2,02 мг/кг, в 30 см слое почвы в 2012...2013 гг.

Количество кальция (Ca) в 30 см слое почвы изменилось как на контроле, так и на делянках и лизиметре. Наблюдалось повышение кальция на контроле с 7,8 до 8,2 мг-экв/100 г почвы, на делянках № 1, 2 понижение соответственно с 10,1 до 9,2 и с 11,0 до 10,2; на делянке № 3 и в лизиметре наблюдалось повышение с 9,7 до 10,2 и с 8,8 до 9,0 мг-экв/100 г. В результате, принятый диапазон регулирования влажности дерново-подзолистой почвы (0,66...0,79)ПВ, применение минеральных удобрений дозой $N_{100}P_{80}K_{150}$ и внесение органических удобрений дозой 100 т/га торфа не позволило существенно уменьшить содержание кальция (Ca).

Содержание магния (Mg) в 30 см слое почвы при производстве моркови столовой в 2012...2013 гг. оказалось неизменным.

Степень окультуренности и параметры плодородия орошаемых почв водоразделов приведены в таблице 4.6.2, предложенной Завалиным А.А. [50] и дополненной автором.

Таблица 4.6.2 – Показатели плодородия дерново-подзолистых почв водоразделов при орошении моркови столовой

Показатели плодородия почв	Степень окультуренности почв		
	слабая	средняя	высокая
Плотность, г/см ³	1,25...1,30	1,2...1,25	1,1...1,2
Пористость, %	40...45	45–50	50-55
Мощность пахотного слоя, см	12...17	17...22	22...30
Степень насыщенности основаниями, %	35...50	50...70	70...98
Гумус, %	1,6...2,0	2,1...2,5	2,6...3,5
pH _{KCl}	4,2...5,0	5,1...5,8	5,9...6,8
Общий азот, т/га	2,0...2,5	2,5...3,0	3,0...4,0
K ₂ O, мг/кг	60...150	160...180	190...280
P ₂ O ₅ , мг/кг	30...60	70...150	160...300

Степень окультуренности почв на участке научных исследований была средней, поэтому будут предприняты меры по переводу почв от средней степени окультуренности к высокой.

Чтобы избежать уменьшения содержания основных элементов питания в почве и снижения гумуса, следует поддерживать влажность в промачиваемом гори-

зонте почвы (0,66...0,79) ПВ, вносить минеральные удобрения дозой (N₁₀₀P₈₀K₁₅₀) и органические дозой 30 т/га торфа в год.

4.7. Расчет водообмена между корнеобитаемым слоем почвы и нижерасположенными горизонтами

Водообмен между корнеобитаемым слоем почвы и нижерасположенными горизонтами является элементом водного баланса, который трудно определить. Водообмен имеет разнонаправленный вектор. После осадков и поливов, когда влажность почвы превышает наименьшую влагоемкость (НВ), происходит нисходящий ток влаги в грунтовые воды или в горизонты, расположенные ниже корнеобитаемого слоя почвы ($-q$). Когда влажность почвы становится ниже наименьшей влагоемкости, происходит восходящий ток влаги ($+q$). Получить достоверные данные по данному элементу водного баланса, можно используя лизиметры.

Можно также использовать обобщенные данные полевых исследований, выполненных в аналогичных условиях.

Для расчета капиллярного подпитывания известны формулы: Костякова А.Н. [61], Аверьянова С.Ф. [3], Харченко С.И. [119], Маслова Б.С. [70] и др. Недостатком зависимостей данных авторов является то, что они определяют отдельно подпитывание и инфильтрацию, однако в натурной среде эти два процесса взаимозависимы [94].

В рассматриваемых условиях при глубоком залегании грунтовых вод имеет место только инфильтрация.

На основании анализа открытых источников можно сделать заключение, что существуют формулы, по которым можно определить одновременно как подпитывание, так и инфильтрацию. Пашковским И.С. [94] была предложена формула, полученная им в результате решения дифференциального уравнения влагопереноса в зоне аэрации, имеющая следующий вид:

$$\pm q = K_{\phi} \frac{Q^n - e^{-\beta Z}}{1 - e^{-\beta Z}}, \quad (4.7.1)$$

где K_ϕ – коэффициент фильтрации, м/сут; n – показатель степени $3 \leq n \leq 9,5$; Q – приведенная влажность почвы:

$$Q = \frac{W - W_0}{W_{\text{ПВ}} - W_0},$$

где W_0 – максимальная молекулярная влагоемкость; W – средняя влажность почвы; $W_{\text{ПВ}}$ – полная влагоемкость; β – коэффициент, зависящий от показателя степени n и степени приведенной высоты капиллярной зоны H_R :

$$\beta = \frac{n}{H_R},$$

где H_R – приведенная высота капиллярной зоны; Z – глубина от грунтовых вод до расчетного слоя

$$Z = \Delta - h,$$

где h – расчетный слой дерново-подзолистой почвы, м; Δ – глубина грунтовых вод, м;

Недостатком формулы (4.7.1) является то, что при $h = \Delta$ знаменатель равен нулю [88], что делает невозможным решение этого уравнения. Понижение грунтовых вод и, в тоже время, повышение влажности почвы от осадков и орошения делает основной величиной, влияющей на водообмен, коэффициент фильтрации. Однако это не всегда справедливо, так как инфильтрация формируется при неполном насыщении пор почвы водой. Кроме того, данная формула не учитывает влияние корней растений на водообмен, что может привести к существенным ошибкам в расчетах [94].

Голованов А.И., Гейн А.В. [74] предлагают для расчёта водообмена следующую формулу:

$$\pm q = -\Delta\tau K_\phi [0,5(\bar{W} + 1)^n] \left[\bar{h}_t \left(\frac{1}{v} \ln \bar{W} \right)^{\frac{1}{3}} + 1 \right], \quad (4.7.2)$$

где $\Delta\tau$ – интервал времени; v – коэффициент, зависящий от гранулометрического состава почвы; \bar{W} – приведенная влажность почвы.

$$\bar{W} = \frac{W - W_0}{m - W_0},$$

где m – пористость; \bar{h}_t – приведенная мощность транзитной зоны,

$$\bar{h}_t = \frac{h_t}{H_k}$$

где h_t – мощность транзитной зоны; H_k – высота капиллярного подъема, м; Из структуры уравнения (4.7.2) видно, что с увеличением глубины залегания грунтовых вод в его конечной части $\left[\frac{1}{h_t} \left(\frac{1}{v} \ln \bar{W} \right)^{\frac{1}{3}} + 1 \right]$ значительное место получает член, равный 1 [54]. Из этого следует, что для применения этого уравнения необходимо установить пределы его использования.

Никольский Ю.Н. [100] для определения водообмена зоны аэрации с грунтовыми водами предлагает следующее уравнение:

$$\pm q = K_1 \left(\frac{Q^{n-e^{-\lambda}}}{1-e^{-\lambda}} \right) t, \quad (4.7.3)$$

где K_1 – коэффициент влагопроводности при влажности почвы, равной полной влагоемкости (ПВ), определяется по уравнению Аверьянова С.Ф.:

$$K_1 = K_\phi \left(\frac{W_{cp} - W_0}{m - W_0} \right)^n, \quad (4.7.4)$$

где W_{cp} – средняя за расчетной период влажность почвы; W_0 – максимальная молекулярная влагоемкость;

$$Q = \frac{W_{cp} - W_0}{W_{ПВ} - W_0}, \quad (4.7.5)$$

где λ – безразмерная величина грунтовых вод, измеряемая от середины расчетного слоя $(0, x_0)$,

$$\lambda = a \cdot n \left(\Delta - \frac{x_0}{2} \right) \quad (4.7.6)$$

где a – характеристика капиллярных свойств почвы, обратно пропорциональная высоте капиллярного подъема и изменяющаяся в пределах - от 0,6 до 1,5; x_0 – слой почвы, в котором распределена наибольшая масса корней, м.

В работе Пчелкина В.В. [94] отмечается, что слабым местом уравнения (4.7.3) является то, что оно не принимает во внимание ход увеличения корневой системы в зависимости от глубины залегания грунтовых вод. Величина $\frac{x_0}{2}$ предполагает существование корней в то время, когда их еще нет, а именно не берется во внимание динамика развития корневой системы в течение вегетации. Показатель сте-

пени n , принятый 3,5 в уравнении (4.7.4) должен быть использован только для песчаных и супесчаных почв и не должен применяться для суглинистых почв. К тому же, при $\Delta = \frac{x_0}{2} \lambda = 0$, эти негативные особенности характерны также для формулы (4.7.1). Таким образом, для уравнений 4.7.1 и 4.7.3 необходимы усовершенствование и исправление.

Наиболее точно процесс водообмена между корнеобитаемым и нижележащими горизонтами почвы представляет дифференциальное уравнение перетока почвенной влаги. Подробно этот способ рассмотрен в разделе 5.2.

Выводы по четвертой главе:

1. Рациональный интервал управления влажностью дерново-подзолистой почвы водоразделов при поливах моркови столовой равен (0,66...0,79)ПВ;
2. Влажность дерново-подзолистой почвы на водоразделах южнотаёжной зоны европейской части России при орошении вызывает большое воздействие на взаимосвязь между всеми элементами водного баланса и в значительной степени на оросительную норму и суммарное испарение;
3. Глубина почвы для расчета поливной нормы столовой моркови зависит от фазы развития культуры. Для столовой моркови, выращиваемой на дерново-подзолистой почве в Московской области, при глубоких грунтовых водах и поливе дождеванием расчетный слой можно рекомендовать для первых двух декад – 0,2 м; третьей и четвертой декады – 0,3 м; пятой и девятой декады – 0,4...0,5 м.
4. Определена связь скорости впитывания воды в дерново-подзолистую почву при дождевании с интенсивностью дождя;
5. В засушливом 2012 г. количества сырой золы, фосфора и общего азота в корнеплодах моркови не зависело от влажности почвы и составило соответственно 1,4; 0,3; 0,8 % абсолютно сухого вещества;
6. Влажность почвы существенно повлияла на количество нитратов в корнеплодах столовой моркови, так в 2013 г при средней за вегетацию влажности почвы 0,81 ПВ их было 1120 мг/кг, при 0,72 ПВ – 325, при 0,66 ПВ – 149 мг/кг;
7. Влажность почвы существенного влияния на солевую кислотность $pH_{\text{сол}}$ не оказала. При средней влажности почвы на контроле в 2012 г. 0,48 ПВ произошло

снижение $pH_{\text{сол}}$ с 7,8 до 7,5, а на делянках № 1, 2, 3 с поливом при влажности почвы 0,66 ПВ, 0,72 ПВ, 0,81 ПВ, произошло повышение $pH_{\text{сол}}$ с 7,6 до 8,0; Влажность почвы за период весна 2012 осень 2013 г. существенно повлияла на гидролитическую кислотность почвы, причем на всех вариантах она понизилась. При средней влажности почвы 0,48ПВ, 0,66ПВ, 0,72ПВ, 0,81ПВ падение оказалось равным 0,39, 0,28, 0,23, 0,10 мг-экв/100 г почвы;

8. За период выращивания моркови в 2012...2013 гг. при поддержании влажности почвы в интервале (0,66...0,79) ПВ повышение по P_2O_5 было 62–191, по калию 11–39 мг/кг, а по азоту произошло падение (NO_3) на 1,10–2,73, (NH_4) на 2,48...4,79 мг/кг;

9. За период выращивания моркови в 2012–2013 гг. остаток гумуса на делянке без полива увеличился на 0,20%. На делянках с поливом увеличение оказалось равным при влажности: (0,70...0,80)ПВ на 0,20 %; (0,60...0,70)ПВ на 0,40 %; (0,80...0,90)ПВ на 0,50 %;

10. На различных вариантах в течение проведения опытов существенных изменений Са и Mg в пахотном горизонте не наблюдалось.

ГЛАВА 5. РАЗРАБОТКА РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ВОДО- РАЗДЕЛОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

5.1. Анализ известных методов расчета режима орошения моркови столовой при дождевании

Режим полива определяется с помощью водно-балансовых расчётов за рассматриваемый промежуток времени [74]. Климатические, почвенные, гидрогеологические, мелиоративные, биологические условия и технология возделывания растений оказывают значительное влияние на поливной режим.

Поливной режим основывается на приходных и расходных элементах водного баланса в промачиваемом горизонте почвы. К приходным элементам водного баланса относят атмосферные осадки, поливы, а к расходным – суммарное испарение и инфильтрация в грунтовые воды.

Влажность корнеобитаемого слоя почвы воздействует на приходные и расходные элементы водного баланса. Нормальный рост и развитие моркови столовой требует поддержания влажности в корнеобитаемом горизонте почвы в оптимальном диапазоне. Проведенные исследования на опытных участках позволили установить этот диапазон, который равен (0,66...0,79)ПВ. При снижении влажности почвы ниже нижнего предела предполагается проводить поливы дождеванием, то есть орошение. Поддержание увлажненности почвы во влажные периоды вегетации происходит за счет атмосферных осадков. Высокая рентабельность орошения определяется четкостью и достоверностью расчета всех составляющих водного баланса.

Расчетным (проектным) режимом орошения в Нечернозёмной зоне центрального района РФ занималось достаточно большое количество ученых [16; 18; 29; 44; 46; 61; 64; 102; 103; 104; 117].

Саваренским А.Д. [107] представлена методология решения режима орошения в свете расположения подземных вод на большой глубине, применяемая в средней части европейской территории РФ. Задействованные в данной методике био-

логические коэффициенты игнорируют потребность к влажности почв возвышенных элементов рельефа местности, что ведет к её недостаточной достоверности при определении режима орошения [1]. Пчелкин В.В. [94] подчеркивает, что используемые в этом способе расчетные осадки, представляют их совокупность во вневегетационный период за вычетом стекания при оттепелях. Такой прием определения осадков можно использовать тогда, когда завершение таяния снега и размораживание почвы сходятся по датам. В этой связи определение влажности почвы в сроки проведения весенних полевых работ допустимо, лишь в природно-климатической зоне, где она создавалась [94].

В северо-западных районах европейской части России на гидромелиоративных системах двухстороннего действия Д.М. Самофаловым [108] предложена методика для расчета водного режима в условиях атмосферного типа водного питания. Уравнение для установления суммарного испарения, примененное в этой методике, не принимает во внимание специфики дерново-подзолистых почв и свойств элементов рельефа местности, и требует внесения изменений.

Сущность метода Шебеко В.Ф. [100], заключается в том, что его фундаментом является уравнение водного баланса, а в выражение суммарного испарения включен параметр, позволяющий брать в расчет влажность почвы. Необходимо подчеркнуть, что данные параметры вычислены для торфяно-болотных почв, однако это снижает пределы их применения.

Существенным обстоятельством при нахождении режима полива оказывается начальный период весенних полевых работ. Полевые опыты, выполненные Головановым А.И. [74] и Пчелкиным В.В. [100] для пойменных земель, определили требования, фиксирующие начало выполнения весенних полевых работ. Критерием начала выполнения сельскохозяйственных работ в весенний период обозначено накопление суммы среднесуточных температур воздуха до 150°С при переходе их через 0°С и понижение влажности почвы до 0,65...0,75 ПВ. Причем увеличение влажности поверхностного горизонта выше 0,75 ПВ может быть лишь при выпадении дождя, влагу из которого необходимо отвести в течение 2 суток при содействии агромелиоративных мероприятий [100]. Значения диапазона влажно-

сти почвы для дерново-подзолистых почв водораздельных территорий нуждаются в корректировке.

Отрицательным фактом проанализированных методов определения водного режима является то, что во многих формулах по определению суммарного испарения отсутствует коэффициент, принимающий в расчет уменьшение влажности почвы, ниже наилучшего предела.

На основании проведенного анализа методов расчета режима орошения моркови столовой можно заявить, что использование известных методов, учитывающих специфику дерново-подзолистых почв и свойства элементов рельефа местности, недостаточно, а их применение нуждается в исправлении и коррекции. Поэтому следует провести полевые опыты и теоретические исследования. Эта работа была проведена в начальных главах.

5.2. Методика вычисления режима полива моркови столовой при дождевании

В настоящее время создана компьютерная модель расчета режима полива сельскохозяйственных растений, использующая дифференциальное уравнение влагопереноса [36].

Выбор методики вычисления рационального режима полива дождеванием моркови столовой сформирован на реальности корректирования водного режима дерново-подзолистых почв водоразделов с учетом экологических мероприятий, и возможности её совершенствования на основе передовых достижений в науке.

Методика расчета режима орошения сельскохозяйственных культур, разработанная Головановым А.И. [36], с учетом выполненного анализа и требований моркови столовой наилучшим образом подходит в рассматриваемых условиях.

Дифференциальное уравнение влагопереноса получено на основе водного баланса слоя Δx за время Δt , сообразно однотипному вертикальному перетеканию воды:

$$C \frac{dH}{dt} = \frac{d}{dx} \left(K_w \frac{dH}{dx} \right) - e, \quad (5.2.1)$$

где K_w – характеристика влагопроводности почвы, м/сут; e – интенсивность поглощения влаги корневой системой моркови столовой, сут⁻¹; C – параметр влагоемкости, обусловленный влажностью почвы, м⁻¹

$$C = \frac{dW}{d\Psi}, \quad (5.2.2)$$

$H = -x + \Psi$ – полный напор почвенной влаги, включающий в себя гравитационный напор x и капиллярное давление Ψ .

Использование уравнения 5.2.1 возможно при наличии связи коэффициента влагопроводности с влажностью почвы, а также зависимости капиллярного напора от влажности почвы.

Коэффициент влагопроводности почвы рассчитывается по формуле Аверьянова С.Ф. с коррекцией Голованова А.И. (5.2.3).

$$K_1 = K_\phi \left(\frac{W_{cp} - W_0}{m - W_0} \right)^n, \quad (5.2.3)$$

где m – пористость; W_{cp} – средняя за расчетной период влажность почвы; W_0 – максимальная молекулярная влагоемкость; n – показатель степени, обусловленный структурой почвы.

Связь влажности почвы с капиллярным потенциалом для суглинистых и супесчаных почв можно определять по уравнению Голованова А.И. [36].

$$W = W_0 + (m - W_0) \cdot \exp \left(-\nu \frac{\Psi^n}{h_k^n} \right), \quad (5.2.4)$$

где h_k – максимальное значение капиллярного поднятия, м; ν – коэффициент, принимающий во внимание водно-физические характеристики почвы (для минеральных почв $\nu = 2,7$).

Расчетная схема математической модели влагопереноса приведена на рисунке 5.2.

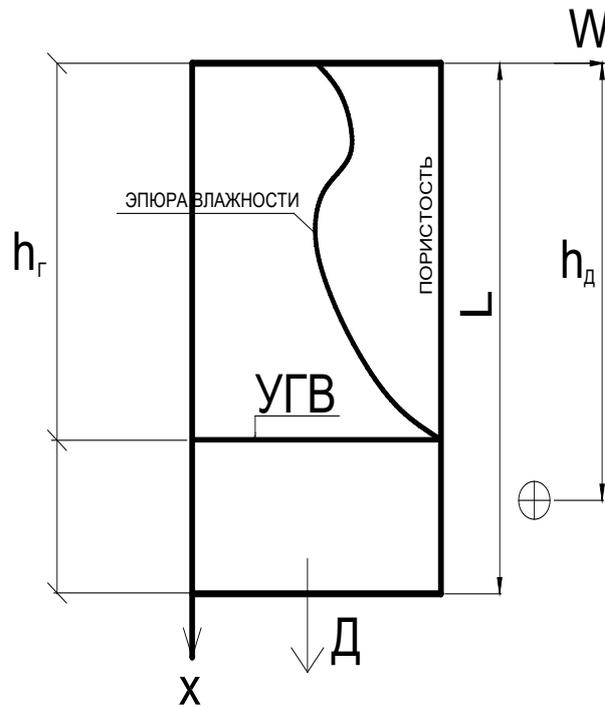


Рисунок 5.2 – Расчетная схема математической модели влагопереноса

В соответствии с водно-физическими характеристиками почв устанавливают граничные требования, а именно требования на нижних и верхних отметках промачиваемого горизонта почвы:

1. Верхняя граница $x = 0$:

- а) норма полива $W = m$;
- б) межполивной период

$$K_w \frac{dH}{dx} = E_f - Oc \quad (5.2.5)$$

2. Нижняя граница $x = L$:

- а) $h_2 = const = L$; $H = -h_2$;
- б) $K_w \cdot \frac{dH}{dx} = 0$; $h_2 = var$, $D = 0$;
- в) $K_w \cdot \frac{dH}{dx} = D$; $h_2 = var$, $D \neq 0$.

$$D = D_0 \cdot (h_d - h_2) - \Phi_k, \quad (5.2.6)$$

где D_0 – интенсивность отвода дренажного стока

$$D_0 = \frac{8a \cdot k \cdot T}{B^2}, \quad (5.2.7)$$

где k – коэффициент фильтрации горизонта заложения дренажа, м/сут;

T – глубина от водоупора до дрены, м; a – коэффициент висячности; B – междренное расстояние, м; h_d – горизонт размещения дренажа, м; Φ_k – потери воды на просачивание из оросительной сети:

$$\Phi_k = \text{Op} \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right), \quad (5.2.8)$$

где Op – норма полива за вегетацию моркови столовой; η – коэффициент полезного действия оросительной сети.

В модели предусмотрено использование закономерности изменения промачиваемого горизонта почвы от нарастания корневой системы.

Нарастание корневой системы во времени описывается параболической функцией в записи Голованова А.И. [36]:

$$H_w(t) = A_w \cdot \bar{t}^2 + B_w \bar{t} + H_{w_0}, \quad (5.2.9)$$

где A_w , B_w – постоянные величины для моркови столовой, определенные по результатам опытов; $\bar{t} = \frac{t_i}{t_k}$ – относительное время.

Применяя в расчетах данные исследований опытных делянок, были определены коэффициенты в зависимости (5.2.9), принявшие следующий вид:

$$H_w = 0,6t - 0,3t^2 + 0,2, \quad (5.2.10)$$

Расчетный слой почвы при определении отбора влаги корнями растений определяется по следующей формуле:

$$H_e(t) = A_e \cdot \bar{t}^2 + B_e \bar{t} + H_{e_0}, \quad (5.2.11)$$

где A_e , B_e – см. обозначения в формуле 5.2.9

Используя результаты опытов, были определены коэффициенты в зависимости (5.2.11), принявшие следующий вид:

$$H_e = -0,7t^2 + 1,4t + 0,1, \quad (5.2.12)$$

При расчете водного режима нужна связь накопления урожайности моркови столовой с колебанием влажности почвы во время вегетации. Поэтому в методике Голованова А.И. [36] используется уравнение Шабанова В.В. [122], учитывающее повышение с течением времени продуктивности растений:

$$Y_\omega = Y_0 \sum_{i=1}^n a_i K_{\omega_i}, \quad (5.2.13)$$

где Y_{ω} – продуктивность конкретного варианта поливного режима; Y_0 – продуктивность при оптимальном значении диапазона влажности почвы для моркови столовой; n – количество декад во время вегетации моркови столовой; a_i – вклад i -ой декады в формировании продуктивности, обусловленный фазой развития моркови столовой; K_{ω_i} – показатель, учитывающий снижение продуктивности при смещении влажности от оптимального значения для конкретной декады.

$$K_{\omega_i} = \left[\frac{\theta_i}{\theta_{opt_i}} \right]^{\gamma_i \theta_{opt_i}} \left[\frac{1-\theta_i}{1-\theta_{opt_i}} \right]^{\gamma_i (1-\theta_{opt_i})}, \quad (5.2.14)$$

$$\theta_i = \frac{\omega_i - B3}{m - B3}; \quad \theta_{opt_i} = \frac{\omega_{opt_i} - B3}{m - B3}, \quad (5.2.15)$$

где m – полная влагоемкость; ω_i – средняя за i -ю декаду влажность в увлажняемом горизонте почвы; ω_{opt_i} – то же, оптимальная влажность; γ_i – показатель степени, принимающий во внимание влияние на культуру смещение влажности от оптимального значения; $B3$ – влажность завядания.

Совершенствование методики Голованова А.И. [36] по определению режима полива моркови столовой реализовано с использованием опытных данных (2011...2013 гг.) по сформулированным позициям:

1. Установлены наилучшие пределы поддержания влажности дерново-подзолистых почв в период роста и развития моркови столовой.
2. Разработана формула для определения суммарного испарения моркови столовой;
3. Получены биологические коэффициенты и коэффициенты, учитывающие снижение влажности почвы при выращивании моркови столовой; определены коэффициенты, учитывающие природную зону и тип почвы.
4. Уточнены значения глубины корнеобитаемого и увлажняемого горизонтов почвы в период вегетации моркови столовой.

Общая схема работы (блок-схема) модели Голованова А.И. приведена в приложении К.

5.3. Режим орошение моркови столовой в условиях дерново-подзолистых почв водоразделов

Основной составляющей при определении режима полива моркови столовой является водный баланс дерново-подзолистых почв водоразделов, основанный на анализе ретроспективных метеорологических данных. Определение режима орошения было проведено в два этапа. На первом этапе был осуществлен расчет режима полива моркови столовой по модели Голованова А.И. с использованием результатов опытов, описанных в разделе 5.2, и проведено сравнение сходимости фактических и вычисленных показателей. На втором этапе был проведен расчет режима увлажнения моркови столовой по данным метеостанции г. Дмитров за 42 года (1960...1997, 2010...2013 гг.) в соответствии с требованием СП 100.13330.2016, предписывающим определять норму увлажнения за период продолжительностью не менее 20...30 лет.

В рисунке 5.3.1 и в таблице 5.3.1 дана закономерность связи экспериментальных данных оросительных норм (делянка № 1, 2, 3) с данными, определенными по модели Голованова А.И.

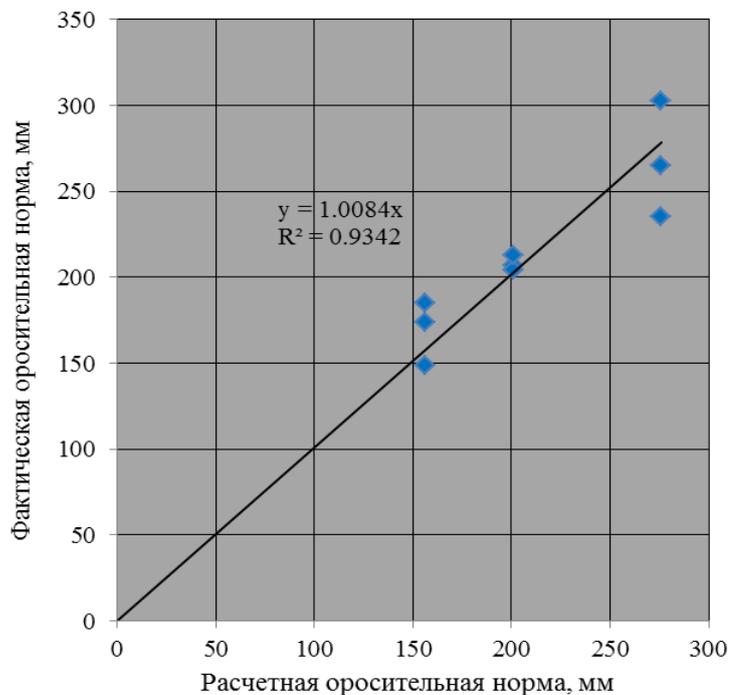


Рисунок 5.3.1 – Связь экспериментальных показателей оросительных норм (M_ϕ) моркови столовой (делянка № 1, 2, 3) с вычисленными (M_p)

Коэффициент корреляции представленной на рисунке 5.3.1 закономерности составляет $0,934 \pm 0,09$, что указывает на плотную связь между M_f и M_p (фактическими и расчетными значениями). Данные, полученные в результате обработки данных за 42 года (1960...1997, 2010...2013 гг.) (Приложение Л) позволили построить график обеспеченности оросительных норм моркови столовой для дерново-подзолистых почв возвышенных элементов рельефа местности (рисунок 5.3.2).

Таблица 5.3.1 – Связь фактических норм полива за вегетацию моркови столовой на дерново-подзолистых почвах водоразделов с расчетными нормами полива

Год	№ варианта	Фактическая (опытная) оросительная норма, мм	Средняя влажность почвы, $\text{см}^3/\text{см}^3$	Оросительная норма по расчету, мм
2011	1	443	0.33	425
	2	430	0.31	
	3	375	0.25	
2012	1	298	0.33	273
	2	292	0.28	
	3	232	0.26	
2013	1	150	0.33	155
	2	140	0.31	
	3	125	0.28	

Полученные расчетом характеристики находили по математическим формулам распределения ежегодных вероятностей превышения в ряду значений.

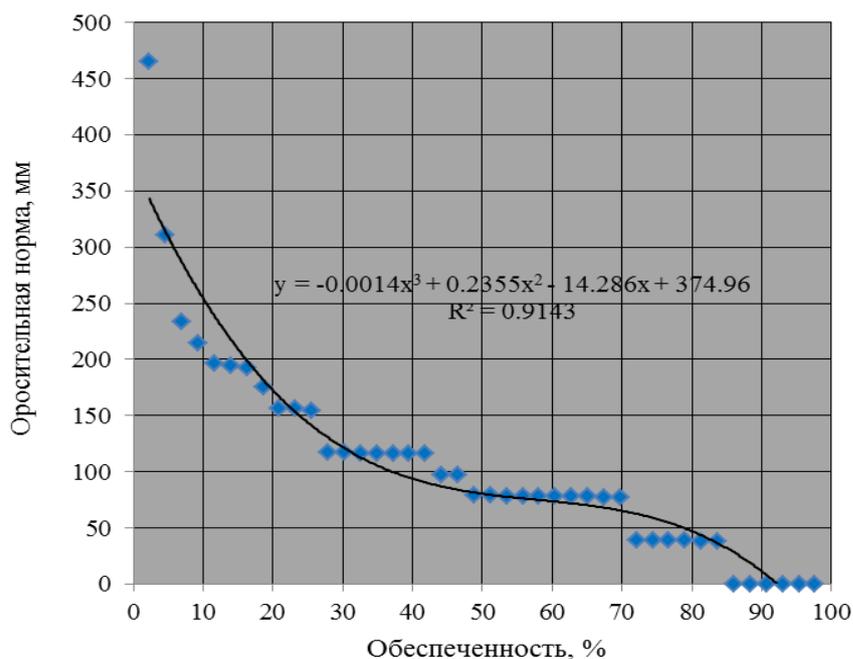


Рисунок 5.3.2 – Кривая обеспеченности оросительной нормы моркови столовой

Значения параметров режима полива моркови столовой на дерново-подзолистых почвах водоразделов Московской области для разных по обеспеченности лет приведены в таблице 5.3.2

Таблица 5.3.2 – Режим полива за вегетацию моркови столовой на дерново-подзолистых почвах водоразделов Московской области

Обеспеченность (P), %	5	10	25	50	75
Расчетный слой почвы, м	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2 – 0,4	0,2...0,4	0,2...0,4
Глубина грунтовых вод, м	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4
Поливная норма, мм	20...40	20...40	20...40	20...40	20...40
Оросительная норма, мм	310	250	140	80	60
Количество поливов	8...9	6...7	3...4	2...3	0...2
Инфильтрация, мм	0	23	45	66	94

В итоге вычисления водного режима при дождевании в условиях глубокого залегания подземных вод было определено, что инфильтрация почвы составила в среднем за 42 года 66 мм или 17% от суммы осадков, поливов и весеннего увлажнения равного 392 мм.

Просачивание воды в почве без полива за 42 года было 18 мм, т.е. орошение дождеванием повысило просачивание воды на 48 мм.

Интенсификация инфильтрации приводит к увеличению потерь поливной воды и вымыву гумуса. Расчет продуктивности по методике Шабанова В.В. показал, что относительная урожайность в среднем за 42 года без полива составила 0,49, а при орошении – 0,84, т.е. возросла на 58%.

Таблица 5.3.3 – Оросительные нормы моркови столовой для Нечернозёмной зоны России

Рекомендации	Оросительные нормы моркови столовой		
	Обеспеченность по Е-Ос, %		
	5	25	50
Харченко С.И. [123]	250	200	130
ВНИИГиМ [Маслов Спр.]	190	-	-
ВНПО «Радуга» [94]	210	110	70
СевНИИГиМ [93]	152	102	50
НИИ Овощеводства	-	-	50...80

На основании сравнения оросительных норм моркови столовой, показанных в таблице 5.3.2, с аналогичными данными научно-исследовательских институтов для Нечернозёмной зоны России был выполнен анализ. Из анализа таблиц 5.3.2 и 5.3.3 видно разнообразие рекомендуемых оросительных норм моркови столовой. Рассчитанная оросительная норма табл. 5.3.2 при 5% обеспеченности в сопоставлении с предлагаемыми нормами значительно больше. Расхождения находятся в диапазоне 1,24 – 2,04 раза. Это факт связан с включением в ретроспективный ряд норм полива за вегетацию, полученных в 2010, 2011 гг., которые оказались очень жаркими и острозасушливыми и 2012 г., который выдался теплым и засушливым.

Оросительная норма при 25% обеспеченности соответствует предписываемым находится в пределах, рекомендуемых научно-исследовательскими институтами РФ. Рекомендации Харченко С.И. [119] при 25% обеспеченности получились больше на 30%, наставления ВНПО «Радуга» [104] и СевНИИГиМ [103] показывают падение на 22% и 27%.

Оросительные нормы в средний по обеспеченности год, определенные Харченко С.И. [119] демонстрируют увеличение на 38%, а СевНИИГиМ [103], ВНПО «Радуга» [104] и Ванеян С.С., Меньших А.М. [29] падение согласно перечислению на 13%; 38%.; 19%.

Для установления влияния, полученного режима орошения моркови, на процесс изменение плодородия почв проведено соотношение оросительных норм среднего года ($O_p = 50\%$) с почвенно-допустимой нормой для центральной части европейской территории России. Никольского Ю.Н. [78] рекомендует принимать

эту норму в пределах 10...15% от среднемноголетней суммы годовых осадков, что составляет 68...102 мм для Московского региона. Таблица 5.3.3 и результаты опытных данных отображают то, что оросительные нормы года 50% обеспеченности равны 80 мм, что не выходит за пределы допустимого диапазона, а значит соответствуют почвенно-допустимым. Следовательно, обоснованные режимы полива столовой моркови (таблица 5.3.2) применимы при проектировании и эксплуатации оросительных систем на дерново-подзолистых почвах возвышенных элементов рельефа местности Московского региона.

5.4. Экономическая эффективность обоснованного режима орошения в условиях проведения исследований

Экономическая эффективность при использовании предлагаемого в диссертационной работе режима орошения в условиях проведения исследований определялась согласно методическим рекомендациям Министерства сельского хозяйства РФ.

В расчетах было проведено сопоставление экономической результативности двух вариантов мелиоративных инвестиционных проектов оросительных систем: без внедрения результатов научных исследований и с учетом внедрения результатов научных исследований.

Основными факторами, влияющими на экономическую результативность при использовании результатов научных исследований:

1. Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур, путем усовершенствования водного, и связанного с ним, пищевого и теплового режимов почв.

Усовершенствование водного режима осуществляется в результате:

- уточнения оптимальных параметров регулирования влажности дерново-подзолистых почв в течение периода вегетации, при выращивании моркови столовой;

- уточнения глубины корнеобитаемого горизонта почвы в течение вегетации при выращивании моркови столовой;
- внедрения рационального режима полива моркови столовой при дождевании дерново-подзолистых почв на водоразделах Московской области.

Совершенствование пищевого режима осуществляется в результате:

- использования наилучшей системы удобрений;
- сохранение рациональной системы полива почв.

Совершенствование теплового режима осуществляется в результате поддержания оптимальной системы полива почв.

2. Снижение отрицательного воздействия гидромелиорации на природную среду.

Природоохранный результат формируется благодаря:

- сохранению и повышению плодородия почв;
- сокращению инфильтрации из увлажняемого слоя почвы в нижерасположенные горизонты;
- сбережению водных ресурсов (использование оптимального поливного режима моркови столовой).

Данные для расчета экономической эффективности мелиоративных мероприятий приведены в таблице 5.4.1.

По информации торговых организаций по состоянию на 20.03.2022 года цена закупки моркови столовой составляет 16000 рублей за тонну продукции (<http://agrobazar.ru/vegetables/buy/Carrot>).

Инфляция за период 2014...2022 гг. составила 24,27 % (по данным ФСГС Росстат http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/tariffs/).

Закупочная цена моркови столовой в 2013 году в пересчете от стоимости на 20.03.2022 составляла $16000 \times 0,7573 = 12116$ рублей за тонну продукции.

Таблица 5.4.1 – Данные для расчета экономической эффективности

№	Данные для расчета	Источники информации
1	2	3
1.	Капитальные затраты на строительство оросительной системы: – без внедрения результатов научных исследований (В-2) – с внедрением результатов научных исследований (В-3)	Проект мелиоративной системы в с-зе «Загорский», 1987 г. (проектный институт «Мосгипроводхоз») То же с учетом дополнительных материалов и оборудования
2.	Овощная культура: – столовая морковь	Научные исследования на опорно-мелиоративном пункте «Дубна» (2011...2013гг.)
3.	Издержки: – сельскохозяйственные – гидромелиоративные – природоохранные: – В-2 – В-3	Данные годовых отчетов с-за «Загорский» То же Данные проекта мелиоративной системы с-з «Загорский» 1987 г. (проектный институт Мосгипроводхоз) Данные экспериментальных исследований на стационаре ОМП «Дубна» (2011...2013гг.)
4.	Оросительная норма: – В-2 – В-3	Данные научно-исследовательских организаций Данные экспериментальных исследований на стационаре ОМП «Дубна» (2011...2013гг.)
5.	Стоимость забора и сброса воды	Методические рекомендации по оценке эффективности мелиоративных систем
6.	Закупочная цена (столовая морковь)	Данные овоще-трейдерских организаций на 20.03.2022.

№	Данные для расчета	Источники информации
1	2	3
7.	Продуктивность: – В-2 – В-3	Данные проекта мелиоративной системы с-з «Загорский» 1987 г. (проектный институт «Мосгипроводхоз») Данные экспериментальных исследований на стационаре ОМП «Дубна» (2011...2013гг.)
8.	Удобрения – минеральные – органические	Данные проекта мелиоративной системы с-з «Загорский» 1987 г. (Мосгипроводхоз) Данные экспериментальных исследований на стационаре ОМП «Дубна» (2011...2013гг.)
9.	Налоги	Статистический сборник. Сельское хозяйство России. Госкомстат РФ. 2013 г. Методические рекомендации по оценке эффективности мелиоративных мероприятий Налоговый кодекс РФ. Официальный текст. М.: Норма, 2013. Ч.2

Расчет выручки от реализации сельскохозяйственной продукции сведен в таблицу 5.4.2

Таблица 5.4.2 – Расчет выручки от реализации сельскохозяйственной продукции

Состав культур		Урожайность культур			Цена закупки, руб/т	Выручка от реализации продукции, руб/га (Цтр)		
До мелиорации	После мелиорации	До мелиорации, т корм. ед./га	После мелиорации, т/га			До мелиорации	После мелиорации	
			Без внедрения научных разработок	С внедрением научных разработок			Без внедрения научных разработок	С внедрением научных разработок
Травы многолет.	Морковь столовая	0,69	35	40	12116	7576	424060	484640

Капитальные вложения по варианту В-2 составили 2100 руб/га, а В-3 – 2500 руб/га в ценах 1987 г. Перерасчет цен 1987 г. в цены 2002 г. проводился с коэффициентом 17, по данным Краснощекова В.Н. [185].

Сельскохозяйственные затраты на производство столовой моркови даны в таблице 5.4.3.

Таблица 5.4.3 – Сельскохозяйственные затраты на производство столовой моркови

Сельскохозяйственные затраты на производство	Себестоимость, руб/т (в ценах 2013 г.)	Себестоимость, руб/га (в ценах 2013 г.)	Источник информации
До мелиорации (В-1)	2500	-	-
Без внедрения результатов научных исследований (В-2)	9710	339850	http://selskayapravda.ru/ekonomika/itogi-goda-selskohozyaystvennogo-26-11-2013.html
С внедрением результатов научных исследований (В-3)	9710	388400	http://selskayapravda.ru/ekonomika/itogi-goda-selskohozyaystvennogo-26-11-2013.html

Целесообразность использования минеральных и органических удобрений определена на основе анализа данных агрохимического обследования почв опытных участков (2011...2013гг.).

Необходимое количество органических и минеральных удобрений при выращивании моркови столовой в рассматриваемых условиях представлено в таблицах 5.4.4 и 5.4.5.

В таблице 5.4.6 указаны все издержки и объемы на природоохранные мероприятия по вариантам. В издержки на природоохранные мероприятия включены также: расходы на отвод фильтрационных вод и подачу воды на орошение, на ежегодную планировку полей, плата за сброс и подачу воды, кротование и другие показатели.

Таблица 5.4.4 – Необходимое количество органических удобрений

В тоннах на гектар

Варианты	Количество органических удобрений
До мелиорации (В-1)	-
Без внедрения результатов научных исследований (В-2)	20
С внедрением результатов научных исследований (В-3)	15

Таблица 5.4.5 – Необходимое количество минеральных удобрений

В килограммах на гектар

Дозы удобрений (действующего вещества)			
Без внедрения результатов научных исследований (В-2)		С внедрением результатов научных исследований (В-3)	
N	100	N	100
P	80	P	80
K	150	K	150

Затраты на одну тонну минеральных удобрений, определялись по данным Госкомстата РФ 2013 г., и составили 11850 руб., но ввиду того, что РФ возмещает 40% затрат на минеральные удобрения (Постановление Правительства РФ от 12.08.99 г. №920 «О внесении изменений и дополнений в постановление Правительства РФ от 15.05.99 г. № 539»), при определении стоимости 1 т на эти удобрения она была понижена до 7110 руб.

Стоимость органических удобрений, принятая по данным Госкомстата РФ за 2013 г., составила 3000 рублей за тонну.

Размер налоговых поступлений засчитывается по Налоговому Кодексу РФ, с употреблением следующих налоговых ставок:

- НДС в аграрном секторе допускаем 10% от величины реальных издержек;
- единый социальный налог в аграрном секторе берем 26,1% от величины заработка работников;
- налог на эксплуатантов автодорог в аграрном секторе берем 1% с дохода, от реализации аграрной продукции;
- налог с заработной платы физических лиц в аграрном секторе берем 13%.

Согласно «Статистическому сборнику. Сельское хозяйство в России. Госкомстат РФ. 2002 г.» реальные издержки на производство продукции аграрного сектора составляют 61%, а заработной платы физических лиц – 18%.

Важными параметрами по результатам расчета эколого-экономической эффективности МИП, для условий проводимых научных исследований, по указанию Минсельхоза РФ, являются: сроки окупаемости; чистый доход и чистый дисконтированный доход.

Чистый доход МИП (ЧД) подсчитывается как дискретное суммирование за весь период остатка между приходом и расходом денежного потока. Расчет проводится по равенству:

$$\text{ЧД} = \sum_m f_m, \quad (5.4.1)$$

где f_m – остаток между приходом и расходом денежного потока на m -ом шаге, а сумма делится на все шаги расчетного периода.

Важными параметрами по результатам расчета эффективности МИП является чистый дисконтированный доход (ЧДД), подсчитывается как дискретное суммирование за весь расчетный период остатка между приходом и расходом денежного потока. Расчет ЧДД проводится по равенству:

$$\text{ЧДД} = \sum_m f_m a_m, \quad (5.4.2)$$

где a_m – коэффициент дисконтирования, рассчитываемый по формуле (5.4.3), а распределяется на все шаги расчетного периода:

$$a_m = \frac{1}{(1+E)^m} = \frac{1}{(1+E)^m}, \quad (5.4.3)$$

$$E = \frac{100+D}{100+I} - 1 = \frac{100+12,5}{100+11,4} - 1 = 0,01, \quad (5.4.4)$$

где D – депозитная ставка банков первой категории надежности по годовым депозитам, процентов годовых;

I – темп инфляции на следующий год, предусмотренный в федеральном бюджете.

Данные расчетов по вариантам (с применением и без применения результатов научных исследований) представлены соответственно в таблицах 5.4.7 и 5.4.8 в упрощенном виде. Развернуто результаты расчетов приведены в таблицах приложения 11.

Таблица 5.4.6 – Определение затрат по вариантам (в ценах 2013 г.)

Показатели	Единицы измерения	В а р и а н т ы		
		В – 1	В – 2	В – 3
Выручка, в т.ч.	руб./га	6651	420060	484640
- от реализации продукции	руб./га	6651	405978	470640
- экологический эффект	руб./га	–	14082	14000
Суммарные издержки, в т.ч.	– " –	3500	339850	388400
- сельскохозяйственные	– " –	2500	170942	189220
- мелиоративные	– " –	–	37800	36000
- природоохранные:	– " –	–	16852	16852
– внесение органических удобрений, стоимость в т.ч.	– " –	–	60000	45000
– внесение минеральных	– " –	1000	2346	2346
вода, стоимость в т.ч.	– " –	–	–	–
- плата за сброс воды	– " –	–	–	–
- плата за забор воды	– " –	–	2400	2400
– ежегодная планировка полей	– " –	–	–	–
– кротование	– " –	–	–	–
– гребневание	– " –	–	–	–
– глубокая вспашка	– " –	–	–	–
Налоги	– " –	2550	49510	56582
Прибыль	– " –	601	80210	96240
Суммарные капит. вложения	– " –	–	210000	210000
Оросительная норма	м ³ /га	–	1300	1400

Из анализа таблицы 5.4.7 видно, что простой срок окупаемости составил 9/7 лет, а срок окупаемости с дисконтом 24/22 года. Чистый доход составил 178444 руб./га, а чистый дисконтированный доход – 938 руб./га.

Анализ таблицы 5.4.8 показывает, что простой срок окупаемости составил 9/7 лет, а срок окупаемости с дисконтом 21/19 лет. Чистый доход 206784 руб./га, а чистый дисконтированный доход - 12894 руб./га.

Проект считается эффективным, если его ЧДД положителен, и неэффективным если он отрицателен. Из ряда вариантов МИП более предпочтительным следует считать вариант с большим ЧДД.

Сопоставляя данные таблиц 5.4.7 и 5.4.8, можно сделать вывод, что внедрение научных разработок повышает экономические показатели мелиоративных инвестиционных проектов. Так, простой срок окупаемости мелиоративных инвестиционных проектов остается неизменным, но срок окупаемости с дисконтом снижается на 4 года, чистый доход повышается на 13,7 %, а чистый дисконтный доход в 13,8 раза.

Таблица 5.4.7 – Оценка экономической эффективности проекта строительства мелиоративной системы (без внедрения научных разработок), руб./га (в ценах 2022 г.)

Показатель	Шаги	Годы								Сумма
		стр-во	освоение			эффективное использование				
		2	1	2	3	1	6	12	18	
		2	4	5	6	7	12	18	24	
Приток средств	Выручка от реализации продукции	—	135 326	270 652	405 978	405 978	405 978	405 978	405 978	8 119 560
	Компенсация	—	4694	9388	14082	14082	14082	14082	14082	281 640
	Всего	—	140 020	280 040	420 060	420 060	420 060	420 060	420 060	8 401 200
Отток средств	Капиталовложения	210 000	—	—	—	—	—	—	—	420 000
	Издержки с/х производства	—	56981	113961	170942	170942	170942	170942	170942	3 418 840
	Издержки мелиоративные	—	12600	25200	37800	37800	37800	37800	37800	756 000
	Издержки Природоохранные	—	5617	11235	16852	16852	16852	16852	16852	337 040
	Налоги	—	16503	33007	49510	49510	49510	49510	49510	990 200
	Всего	210 000	91 701	183 403	275 104	275 104	275 104	275 104	275 104	5 922 080
Сальдо-ЧД предприятий	-210 000	48 319	96 637	144 956	144 956	144 956	144 956	144 956	2 479 120	
ЧД с/х предприятий без мелиораций	—	601	601	601	601	601	601	601	12 621	
Прирост ЧД с/х предприятий	-210 000	47 718	96 036	144 355	144 355	144 355	144 355	144 355	2 466 499	
Нарастающим итогом	-210 000	-162 282	-66 246	78 109	222 464	944 239	1 810 369	2 676 499	25 520 248	
Коэффициент дисконтирования	1	0,8573	0,7938	0,735	0,6806	0,4632	0,2919	0,183	—	
Дисконтированный прирост ЧД	-194 439	41 424	76 710	106 543	98 657	67 144	42 313	26 527	818 651	
Нарастающим итогом	-404 439	-363 015	-286 305	-179 762	-81 105	312 798	623 193	818 651	6 811 990	

Таблица 5.4.8 – Оценка экономической эффективности проекта строительства мелиоративной системы (с внедрением научных разработок), руб./га (в ценах 2022 г.)

Показатель	Шаги	Годы								Сумма
		стр-во	освоение			эффективное использование				
		2	1	2	3	1	6	12	18	
		2	4	5	6	7	12	18	24	
Приток средств	Выручка от реализации продукции	—	156 880	327 760	470 640	470 640	470 640	470 640	470 640	9 426 800
	Компенсация	—	4 667	9 333	14 000	14 000	14 000	14 000	14 000	280 000
	Всего	—	—	161 547	337 093	484 640	484 640	484 640	484 640	9 706 800
Отток средств	Капиталовложения	210 000	—	—	—	—	—	—	—	420 000
	Издержки с/х производства	—	63 073	126 147	189 220	189 220	189 220	189 220	189 220	3 784 400
	Издержки мелиоративные	—	12 000	24000	36000	36 000	36 000	36 000	36 000	720 000
	Издержки Природоохранные	—	5 617	11 235	16 852	16 852	16 852	16 852	16 852	337 040
	Налоги	—	18861	37721	56582	56 582	56 582	56 582	56 582	1 131 640
	Всего	210 000	99 551	199 103	298 654	298 654	298 654	298 654	298 654	6 393 080
Сальдо-ЧД предприятий		-210 000	61 996	137 990	185 986	185 986	185 986	185 986	185 986	3 313 720
ЧД с/х предприятий без мелиораций		—	601	601	601	601	601	601	601	12 621
Прирост ЧД с/х предприятий		-210 000	61 395	137 389	185 385	185 385	185 385	185 385	185 385	3 301 099
Нарастающим итогом		-420 000	-357 605	-220 216	-34 831	405 601	1 147 141	2 259 451	3371761	3 371 761
Коэффициент дисконтирования		0,96295	0,8573	0,7938	0,735	0,6302	0,4632	0,2919	0,183	—
Дисконтированный прирост ЧД		-202 219	52 413	109 536	136 700	117 208	86 149	54 289	34 035	1 175 962
Нарастающим итогом		-404 439	-352 026	-241 753	-105 054	138 737	526 927	925 179	1 175 962	11 540 334

Выводы по пятой главе:

1. Результаты исследований показывают, что при определении режима полива моркови столовой на дерново-подзолистых почвах водоразделов Московской области наилучшим образом применима методика Голованова А.И. с использованием экспериментальных данных, согласно разделам 5.1 и 5.2.

2. Для вычисления норм полива за вегетацию моркови столовой на дерново-подзолистых почвах водоразделов Московской области следует использовать график кривой обеспеченности, показанный на рисунке 5.3.2. Величины норм полива за вегетацию моркови столовой по репрезентативным годам показаны в таблице 5.3.2.

3. Применение результатов экспериментальных данных позволяет повысить экономическую эффективность мелиоративных инвестиционных проектов. Таким образом, время окупаемости мелиоративных инвестиционных проектов без дисконта – не варьируется, а время окупаемости с дисконтом сокращается на 1 год, при этом чистый доход вырастает на 30 %, а чистый дисконтный доход – на 41%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенных исследований было проведено обоснование проектного режима орошения столовой моркови южнотаёжной подзоны Нечернозёмной зоны России;
2. Проведенные натурные исследования позволили уточнить оптимальные параметры регулирования влажности дерново-подзолистых почв в течение периода вегетации, при выращивании моркови столовой в рассматриваемых условиях (уточнен диапазон регулирования влажности почвы, даны рекомендации по величине расчетного слоя почвы при орошении моркови столовой на водоразделах Московской области);
3. Получена формула для расчета суммарного испарения моркови столовой на дерново-подзолистых почвах возвышенных элементов рельефа Московской области при поливе дождеванием. Определены биологические коэффициенты для расчетной формулы столовой моркови. Определены коэффициенты, позволяющие учесть снижение влажности расчетного слоя дерново-подзолистой почвы для моркови столовой.
4. Уточнена величина промачиваемого слоя почвы при производстве моркови столовой и её орошении в течение вегетации;
5. Проведена модернизация математической модели Голованова А.И. путем введения в модель результатов экспериментальных исследований для расчета поливного режима режима столовой моркови при дождевании дерново-подзолистых почв водоразделов южнотаёжной подзоны Нечернозёмной зоны России

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдель Таваб Зедан, М.И. Обоснование режима орошения овощных культур в условиях Египта и Нечернозёмной зоны России: Автореф. дисс. канд. тех. наук. – 2012. – 20 с.
2. Абрамов, Ф.Г. Определение водопроницаемости почвы при дождевании/ Ф.Г. Абрамов // Почвоведение. – 1954. – №11. – С.71-79.
3. Аверьянов, С.Ф. Расчет водного режима мелиорируемых земель/ С.Ф. Аверьянов, А.И. Голованов, Ю.Н. Никольский Ю.Н. // Гидротехника и мелиорация. – 1974. – № 3. – С. 34- 41.
4. А. с. 414517 СССР. Лизиметр / Бондаренко В.А.; опубл. 05.11.74, бюл. №
5. А. с. № 235372 СССР. Лизиметр / Данильченко Н.В., Кондрачук В.Ф.; опубл. 15.09.70, бюл. № 24.
6. А. с. № 763794 СССР. Лизиметр / Маци А.Ф.; опубл. 15.09.80, бюл. № 34.
7. А. с. № 809090 СССР. Лизиметр / Галаганов А.Ф., Селезнев А.П., Кац Э.Д. и Панин Л.С.; опубл. 28.02.81, бюл. № 8.
8. А. с. № 1004986 СССР. Лизиметр / Байков В.В., Клейн Г.С. Протасьев Н.Б., Ракитова Л.С.; опубл. 15.03.83, бюл. № 10.
9. А. с. № 1513400 СССР. Лизиметр / Пчелкин В.В., Никольский Ю.Н., Узунян А.И.; опубл. 07.10.89, бюл. № 37.
10. А. с. № 1631421 СССР. Способ строительства монолитных лизиметров / Пчелкин В.В., Бунина Н.П.; опубл. 28.02.91, бюл. № 8.
11. А. с. № 1658091 СССР. Лизиметр / Пчелкин В.В., Узунян А.И., Марченков В.Г.; опубл. 23.06.91, Бюл. № 23.
12. Минеев, В.С. Агрохимические методы исследования почв. / В.С. Минеев, В.Г. Сычев, О.А. Емельянчик // Учебное пособие. – Наука. – 1975. – 136 с.
13. Айдаров, И.П. Оптимизация мелиоративных режимов и осушаемых сельскохозяйственных земель / И.П. Айдаров, А.И. Голованов, Ю.Н. Никольский // Агропромиздат. – 1990. – 58 с.

14. Айтпаева, А.А. Режим орошения и водопотребления новых сортов озимой пшеницы на светло-каштановых почвах правобережья Волгоградской области. – Автореф. дисс. канд. с/х наук. – Волгоград, 2000. – 164 с.
15. Алексанкин, А.В. Мелиорация земель в Нечернозёмной зоне РСФСР / А.В. Алексанкин, Н.И. Дружинин // Колос. –1980. – С. 25-29, 152, 157-162.
16. Алпатыев, А.М. Биологические основы орошаемого земледелия / А.М. Алпатыев // Сб. науч. статей. – Изд-во АН СССР. – 1957. – С. 361-369.
17. Алпатыев, А.М. Влагодоборот культурных растений / А.М. Алпатыев // Гидрометеоздат. – 1954. – С. 22-130.
18. Алпатыев, А.М. К обоснованию формирования поливных норм с использованием биоклиматического метода расчета суммарного испарения/ А.М. Алпатыев., В.П. Остапчик // Мелиорация и водное хозяйство. – 1971. – Вып.19. – С. 13–17.
19. Андреев, Н.Г. Водопотребление пастбищных трав / Н.Г. Андреев // Вестник с.-х. науки. – 1976. – № 9. – С. 54-62.
20. Астапов, С.В. Мелиоративное почвоведение / С.В Астапов // Сельхозгиз. – 1985. – 367 с.
21. Бальчюнас, А.И. Осушение тяжелых почв и ее эффективность в Литовской ССР / А.И. Бальчюнас // Колос. – 1981. – С. 123-132.
22. Битюков, К.К. Сохранение структуры почвы при орошении дождеванием / К.К. Битюков // Гидротехника и мелиорация. – 1951. – № 5. – С. 25-34.
23. Бородычев, В.В. Поливной режим и продуктивность лука репчатого / В.В. Бородычев, В.С. Казаченко // Картофель и овощи. – 2011. – № 4. – С. 19-20.
24. Бородычев, В.В. Водопотребление яблоневого сада интенсивного типа на шпалерной опоре / В.В. Бородычев, А.А. Криволуцкий // Мелиорация и водное хозяйство. – 2012. – № 1. – С. 19-22.
25. Бородычев, В.В. Режим орошения и минеральное питание моркови / В.В. Бородычев, А.А. Мартынова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – №1. – С. 39-41.

26. Будаговский, А.И. Испарение почвенной влаги /А.И. Будаговский // Наука. – 1969. – 244 с.
27. Будыко, М.И. Тепловой баланс земной поверхности / М.И. Будыко // Гидрометеиздат. – 1956. – 256 с.
28. Ванеян, С.С., Енгальчев, Д.И., Меньших, А.М. Водопотребление, урожайность и качество капусты белокочанной при капельном поливе и дождевании / С.С. Ванеян, Д.И. Енгальчев, А.М. Меньших // Мелиорация и водное хозяйство. – 2012. – № 3. – С. 25-28.
29. Ванеян, С.С., Меньших, А.М. Режим орошения, способы и техника полива овощных и бахчевых культур в различных зонах РФ – Руководство. – ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2010. – 82 с.
30. Ванеян, С.С. Эффективность полива овощных культур дождеванием малыми нормами // Мелиорация и водное хозяйство. – 2001. – № 2. – С. 10-12.
31. Вичюс, Ю.И. Расчет суммарного испарения с орошаемой капусты поздней в условиях прибрежной зоны Литовской ССР // Мелиорация и гидротехника: – Сб.науч.тр. Минводхоза СССР. – Вильнюс. – 1979. – С. 74–80.
32. Владимиров, С.О. Обоснование режима влажности дерново-подзолистой почвы водоразделов при выращивании моркови/ С.О. Владимиров // Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации: сб. науч. докладов V-ой междунар. (9-ой Всероссийской) научн. конф. молодых ученых и специалистов / ФГНУ ВНИИ Радуга. – Коломна. – 2012. – С. 49-51.
33. Воробьев, С.А. Водопотребление озимой пшеницы, ячменя и картофеля / С.А. Воробьев, А.Ф. Сафонов // Вестник с.-х науки – 1976. – №8. – С. 17-26.
34. Голованов, А.И., Сорокин, Р.А. Статистические методы в управлении качеством окружающей среды: учебно-методическое пособие / А.И. Голованов, Р.А. Сорокин. – М.: МГУП. – 2007. – 108 с.
35. Голованов, А.И. Методология мелиорации / А.И. Голованов // Природообустройство – 2009. – № 4. – С. 5-17.
36. Голованов, А.И. Оптимизация режимов орошения черноземов / А.И. Голованов // Почвоведение. – 1993. – № 6. – С. 79–84.

37. Голченко, М.Г. Влагообеспеченность и орошение земель в Белоруссии. / М.Г. Голченко // Минск. – Ураджай. – 1976. – С. 183-188.
38. Гордон, С.М. К вопросу о впитывании воды в почву при дождевании/ С.М. Гордон, В.Н. Бережнова // Сб. научн. трудов ВНИИМиТП. – Коломна. – 1975. – т. 8 – С. 226-239.
39. ГОСТ Р 25584-90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации. – М. : Стандартинформ, 2015. – 16 с.
40. ГОСТ Р 28268-2013. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. – М. : Стандартинформ, 2013. – 9 с.
41. Государственный (национальный) доклад о состоянии использования земель РФ за 1996 год. – Русслит. – 1997. – 88 с.
42. Григоров, М.С. Зависимость водопотребления эспарцета от режима орошения / М.С.Григоров// Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 4 – С. 17-18.
43. Гузенко, Е.Ю. Режим орошения и водопотребление эспарцета в Волгоградском Заволжье. – Дисс. канд. с/х наук. – Волгоград. – 2005. –162 с.
44. Данильченко, Н.В. Методические особенности расчета оросительных норм с.-х. культур в НЧЗ РСФСР / Н.В. Данильченко // В кн.: Техника и технология механизированного орошения. –1982. – С.177-186.
45. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
46. Дубенок, Н.Н. Орошение дождеванием склоновых участков в условиях Нечернозёмной зоны РСФСР / Н.Н. Дубенок // Известия ТСХА. – 1984. вып. 2 – № 2. – С. 22-26.
47. Дронова Т.Н., Карпов, М.И. Суммарное водопотребление и продуктивность посевов клевера лугового в Волгоградском Заволжье / Т.Н. Дронова, М.И. Карпов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 4. – С. 28-32.

48. Ерхов, Н.С. Методика экспериментальных исследований безнапорного впитывания воды при поливе дождеванием / Н.С. Ерхов // Труды ВНИИГиМ. – 1972. – Том 51. – С. 79-90.
49. Завалин, А.А. Влияние водного режима и минеральных удобрений на водно-физические свойства почвы / А.А.Завалин, В.В. Пчелкин // Проблемы экологии и безопасности жизнедеятельности в 21 веке. Материалы научн. практ. конф. – МАЭБП. – Вып.3. – 2002. – С. 81-82.
50. Завалин, А.А. Удобрение сельскохозяйственных культур на осушаемых минеральных почвах / А.А. Завалин // ВИУА. – 1995. – 138 с.
51. Зайдельман, Ф.Р. Мелиорация заболоченных земель Нечернозёмной зоны РСФСР/ Ф.Р. Зайдельман. – М. : Колос. – 1981. – С. 139-141, 232-267.
52. Зайдельман, Ф.Р. Процесс глееобразования и его роль в формировании почв / Ф.Р. Зайдельман. – М. : МГУ –1998. – С. 226-239.
53. Зарубежный опыт расчета режима орошения сельскохозяйственных культур (по литературным источникам). – 1965. – С. 1-44.
54. Изучение водно-физических свойств почв для мелиоративного строительства пособие к ВСН 33-2.1.02-85 "Почвенные изыскания для мелиоративного строительства" Утверждено: Приказом В/О "Союзводпроект" N 30 от 17.02.86 г.
55. Иванов, Н.Н. Об определении величины испаряемости / Н.Н. Иванов // Известия Всесоюзного географического общества – 1954. – т. 86, вып.2. – С. 189-196.
56. Ильинская, И.Н. Нормирование водопотребления при орошении – основа экосистемного водопользования / И.Н. Ильинская // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 52.– С. 28-30.
57. Калачнюк, Н.В. Водопотребление столовой свеклы на южных чернозёмах Оренбургской области / Н.В. Калачнюк, И.В. Сатункин, А.И. Гуляев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 6. – С. 32-33.
58. Красильников, П.К. Методика полевого изучения подземных частей растений / П.К. Красильников // Наука. – 1983. – С. 76-88.

59. Константинов, А.Р. Испарение в природе / А.Р. Константинов. – М. : Гидрометеиздат, 1968. – С. 307...319.
60. Константинов, А.Р. Определение оптимальных влагозапасов почвы по периодам развития озимой пшеницы / А.Р. Константинов // Гидротехника и мелиорация. – 1975. – № 2. – С. 38-43.
61. Коротков, Б.И. Орошаемые пастбища и сенокосы в Нечернозёмье / Б.И. Коротков, Н.А. Ященко, М.Ф. Щербаков и др. // Россельхозиздат. – 1984. – С. 21-28, 76-77.
62. Костяков, А.Н. Основы мелиорации / А.Н. Костяков. – М. : Сельхозгиз. – 1960. – С. 54-66.
63. Кружилин, А.С. Биологические особенности и продуктивность орошаемых культур / А.С. Кружилин. – М. : Колос, 1977. – 301с.
64. Куликова, М.Ф. Полив овощных культур / М.Ф. Куликова. – М. : Колос. – 1969. – С. 103-161.
65. Лемякин, Ю.Ю. Режим орошения и удобрение моркови на светлокаштановых почвах Нижнего Поволжья. – Автореф. канд. дисс., – Волгоград. – 2003. – 20 с.
66. Лихоманова, М.А. Режим орошения и водопотребление белокочанной капусты в условиях Волго-Ахтубинской поймы. – Автореф. канд. дисс., – Волгоград, 2001. – 20 с.
67. Льгов, Г.К. Орошение сельскохозяйственных культур центральной части Северного Кавказа / Г.К. Льгов // Нальчик. – 1980. – С. 104.
68. Макарычева, Е.А. К обоснованию водопотребление сельскохозяйственных культур / Е.А. Макарычева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 1. – С. 24-26.
69. Марков, Е.С. Мелиорация пойм Нечернозёмной зоны / Е.С. Марков. – М. : Колос, 1973. – С. 7, 45-49.
70. Маслов, Б.С. Исследования по увлажнению сельскохозяйственных культур на осушаемых землях в центральной Нечернозёмной зоне / Б.С. Маслов // Увлажнение осушаемых земель. Тр. ВАСХНИЛ. – 1974. – С. 48-62.

71. Маслов, Б.С., Минаев, И.В. Мелиорация и охрана природы / Б.С. Маслов, И.В. Минаев. – М. : Россельхозиздат, 1985. – 269 с.
72. Маслов, Б.С. Справочник по мелиорации. / Б.С. Маслов, И.В. Минаев, К.В. Губер. – М. : Агропромиздат, 1989. – С. 115-135.
73. Мезенцев, В.С. Определение оросительных норм по климатическим данным / В.С. Мезенцев // Гидротехника и мелиорация. – 1976. – №11. – С.54-61.
74. Мелиорация земель / Голованов А.И., И.П. Айдаров, М.С. Григоров, Пчелкин В.В. и др.; Под ред. А.И. Голованова. – М. : КолосС, 2011. – 824 с.
75. Никитин, И.С. Режим орошения основных сельскохозяйственных культур в Нечернозёмной зоне РСФСР / Никитин И.С., Панов Е.П., Соломина А.П. // Проспект. – ВНИИГиМ. –1987. – 8 с.
76. Никольский, Ю.Н. Водный режим осушаемых торфяных почв при дождевании многолетних трав / Ю.Н. Никольский, Н.П. Бунина // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1979. – №4. – С. 95-99.
77. Никольский, Ю.Н. Направленность почвенных процессов при мелиорации в Нечернозёмье / Ю.Н. Никольский // Гидротехника и мелиорация. – 1987. – №7 – С. 20-23.
78. Никольский, Ю.Н. Направленность почвенных процессов при мелиорации в Нечернозёмье / Ю.Н. Никольский // Гидротехника и мелиорация. – 1987. – №7. – С. 20-23.
79. Никольский, Ю.Н. Расчет суммарного испарения на пойменных землях / Ю.Н. Никольский, В.В. Пчелкин, Н.П. Бунина // В кн.: Режим и техника орошения с/х культур. – Сб. науч. тр. МГМИ. – 1982. – С. 128-136.
80. Новикова И.В. Водопотребление и режим орошения картофеля в Ростовской области. – Автореф. канд. дисс. – Новочеркасск. – 2006. – 209 с.
81. Ольгаренко, Г. В. Планирование экологически безопасных режимов орошения агробиоценозов с учетом изменчивости гидрометеорологических условий / Г. В. Ольгаренко, Ф. К. Цекоева // Природообустройство. – 2012. – № 5. – С. 7–11.

82. Панов, Е.П., Филенко, Р.А., Ильиных, Н.И. Комплексное природомелиоративное районирование Нечернозёмной зоны РСФСР / Е.П. Панов, Р.А. Филенко, Н.И. Ильиных // – ЛГУ. – 1980. – 230 с.
83. Патент № 2159306 Российская Федерация. Осушительная система. / Пчелкин В.В.; опубл. 20.11.2000, бюл. № 32.
84. Патент № 2425999 Российская Федерация. Способ строительства монолитных лизиметров / Пчелкин В.В., Шильников Д.С.; опубл. 10.04. 2011, Бюл. № 10.
85. Петин, Н.С. Состояние и перспективы разработки научных основ поливных режимов и системы питания главнейших сельскохозяйственных культур / Н.С. Петин // Биологические основы орошаемого земледелия. – Изд. АН СССР. – 1974. – С. 33–37.
86. Почвы Московской области и их использование / Коллектив авторов в 2 томах. – Почвенный институт им. В.В. Докучаева. – 2002.
87. Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков и др., под ред. Б.А. Ягодина. – М. : Агрометеоиздат, 1987. – 512 с.
88. Пчелкин, В.В. Методические указания по изучению дисциплины и выполнению курсового проекта по мелиорации сельскохозяйственных земель / В.В. Пчелкин. – М. : МГУП, 2010. – 53 с.
89. Пчелкин, В.В. Водопотребление моркови на дерново-подзолистых почвах водоразделов Московской области / В.В. Пчелкин, С.О. Владимиров // Природообустройство. – 2014. – № 3 – С. 29-31.
90. Пчелкин, В.В., Владимиров, С.О. Связь испарения с водной поверхности с водопотреблением моркови в условиях Московской области / В.В. Пчелкин, С.О. Владимиров // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 3 – С. 23-35.
91. Пчелкин, В.В. Режим орошения моркови на дерново-подзолистых почвах водораздельных территорий Московской области / В.В. Пчелкин, С.О. Владимиров // Природообустройство. – 2015. – №5. – С. 78-82.

92. Пчелкин, В.В. Режим увлажнения кормовой свеклы на осушаемых минеральных пойменных землях / В.В. Пчелкин, Е.С. Кожанов // Вопросы совершенствования мелиоративных систем. – Сб. научн. тр. МГМИ. – 1985. – С. 3-7.
93. Пчелкин, В.В. Мелиоративная энциклопедия // Пчелкин В.В.; под ред. А.В. Колганова, Е.П. Гусенкова, Б.С. Маслова и др. – 2003. – Том 1. – С. 205.
94. Пчелкин, В.В. Обоснование мелиоративного режима осушаемых пойменных земель. – М. : КолосС, 2003. – 253 с.
95. Пчелкин В.В. Режим увлажнения кормовых культур на осушаемых пойменных землях. – Дисс. канд. тех. наук –1986. – 310 с.
96. Пчелкин, В.В. Водопотребление кормовой свеклы на пойменных землях/ В.В. Пчелкин, А.И. Узунян // Повышение эффективности мелиоративных систем. Сб. научн. тр. МГМИ. – МГМИ. – 1983. – С. 113-120.
97. Пчелкин, В.В. Обоснование режима влажности дерново-подзолистых почв при выращивании вико-овсяной смеси/ В.В. Пчелкин, Д.С. Шильников // Сб. тр. ФГНУ ВНИИ Радуга. – 2010. – 5 с.
98. Пчелкин, В.В. Влияние водного режима на плодородие дерново-подзолистых почв водоразделов Московской области при выращивании столовой моркови / В.В. Пчелкин, С.О. Владимиров // Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации: сб. науч. докладов VIII-ой междунар. (12-ой Всероссийской) научн. конф. молодых ученых и специалистов. / ФГНУ ВНИИ Радуга. – Коломна. – 2015. – С. 88-91.
99. Пчелкин, В.В. Режим орошения вико-овсяной смеси на дерново-подзолистых почвах водоразделов Московской области / В.В. Пчелкин, Д.С. Шильников // Природообустройство. – 2013. – №3. – С. 28-32.
100. Разработка природоохранных мероприятий при регулировании водного режима на осушаемых пойменных землях. Научный отчет НИС МГМИ. – № Гос. регистр.0186.011740. – 1990. – 331 с.
101. Растениеводство / Под редакцией П.П. Вавилова. – М. : Колос, 1981. – 430 с.

102. Рекомендации по оросительным нормам в Нечернозёмной зоне РСФСР. – 1984. – С.1-10.
103. Рекомендации по расчету параметров режима осушения и увлажнения сельскохозяйственных земель. – СевНИИГиМ. – 1981. – С.54...64.
104. Рекомендации по режиму орошения сельскохозяйственных культур в Московской области. – Коломна. – 2003. – 20 с.
105. Романов, Ю.А., Агафонова, Л.Ф. Распределение корневой системы белокачанной капусты в условиях среднего Предуралья / Ю.А. Романов, Л.Ф. Агафонова // Межвузовский сборник научн. тр. – Пермь. – 1980. – С.58...62.
106. Романова, Е.Н., Мосолова, Г.И., Береснева, И.А. Микро-климатология и ее значение для сельского хозяйства/ Е.Н. Романова, Г.И. Мосолова, И.А.Береснева. – М. : Гидрометеиздат, 1983. – С. 24-61.
107. Саваренский, А.Д. Новые методы расчета режима осушения земель и усовершенствование конструкций осушительных систем / А.Д. Саваренский, Б.С. Маслов, И.С. Никитин. – М. : Сб. науч.тр. ВНИИГиМ, 1972. – С. 165-175.
108. Самофалов, Д.П. Обоснование оптимальной интенсивности осушения на основе водобалансовых расчетов. Автореф. дисс. канд. тех. наук. – 1980. – С.12-14.
109. Сатункин, И.В. Оптимизация водного и питательного режимов почвы для получения устойчивых урожаев столовой свеклы / И.В. Сатункин, Ю. А. Гулянов, Н. В. Калачнюк // Плодородие: журн. для ученых, специалистов и практиков. – 2010. – № 4. – С. 23-24.
110. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации. Под редакцией Е.С. Маркова. – М. : Колос, 1982. – С.20...21, 27, 33...34, 230...234.
111. Сирота, С.М., Беляков, М.А. Режимы орошения овощных культур в лесостепной зоне Приобья Алтайского края / С.М. Сирота, М.А. Беляков // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 4 – С. 27-28.
112. Струнников, Э.А. Обеспеченность влагой сельскохозяйственных, культур на северо-западе СССР / Э.А. Струнников. – М. : Гидрометеиздат. – 1986. – С.3-42,70-77.

113. Субботин, А.С. Конструирование и применение почвенных испарителей и лизиметров на современном этапе / А.С. Субботин // В кн.: Труды всесоюзного гидрологического съезда. – 1976. – т.6. – С. 82-89.
114. Судницын, И.И. Движение почвенной влаги и водопотребление растений / И.И. Судницын. – М. : МГУ, 1979. – С. 255.
115. Табук, М.А. Капельное орошение картофеля на легких полупустынных почвах юга Омана – Автореф. канд. дисс. – М., 2013. – 20 с.
116. Тарасенко, Е.И. Водопотребление белокочанной капусты на среднесуглинистых почвах поймы Оки / Е.И. Тарасенко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 3. – С. 30-32.
117. Филимонов, М.С. Орошение полевых культур / М.С. Филимонов. – М. : Россельхозиздат. – 1978. – С.10–14.
118. Харченко, С.И. Гидрология орошаемых земель/ С.И. Харченко. – 2-е изд. – М. : Гидрометеиздат. – 1975. – С. 43-49, 116-170.
119. Харченко С.И. Управление водным режимом на мелиорируемых землях в Нечернозёмной зоне / С.И. Харченко. – М. : Гидрометеиздат. – 1987. – С. 206-208.
120. Циприс, Д.Б. Орошение в Нечернозёмной зоне / Д.Б. Циприс. – М. : Колос. – 1973. – С. 192.
121. Чудновский, А.Ф. Транспирация, физическое и суммарное испарение с сельскохозяйственного поля /А.Ф. Чудновский // Материалы третьего межведомственного совещания по вопросам прогнозирования гидрогеологических, инженерно-геологических и почвенно-мелиоративных условий. – 1977. – № 3 – С. 106-113.
122. Шабанов, В.В. Влагообеспеченность яровой пшеницы и ее расчет / В.В. Шабанов. – М. : Гидрометеиздат, 1981. – С. 82-85.
123. Шашко, Д.И. Агроклиматическое районирование СССР / Д.И. Шашко // – М. : Колос, 1967. – 335 с.

124. Шелковкина, Н.С. Водопотребление и режим орошения сои при внесении минеральных удобрений в Приамурье. – Автореф. дисс. канд. тех. наук. – Волгоград. – 2004. – 171 с.

125. Шильникова, Т.И. Оптимизация водного режима почв возделываемых кормовых корнеплодов и кукурузы / Т.И. Шильникова //Строительство и природообустройство/ Сб. научных трудов. – Благовещенск. – ДальГАУ. 2002. – С. 65-68.

126. Шуравилин, А.В. Водный баланс почвы и водопотребление лука в зависимости от уровня увлажнения при капельном орошении в условиях Непала. / А.В. Шуравилин, Т.И. Сурикова, Бхандари // Природообустройство. – 2013. – №3. – С. 28-32.

127. Шуравилин, А.В. Мелиорация: учебное пособие / А.В. Шуравилин, А.И. Кибека. – М. : ЭКМОС. – 2006. – 944 с.

128. Шуран, Т.Г. Водопотребление и режим орошения зеленой массы кукурузы на силос при внутрпочвенном орошении и внесении минеральных удобрений в условиях Приамурья. – Автореф. дисс. канд. с-х. наук. – Благовещенск, 2006. – 192 с.

129. Яковенко, Е.А. Режим орошения и водопотребление сахарной свёклы в Ростовской области. – Автореф. дисс. канд. с-х. наук. – Новочеркасск, 2007. – 181 с.

130. Abdel-Hafez, S.A., Bengamen, I.S., El-Tantawy, M.M., Mesiha, W.L. and Gad El-Rab, G.M. Estimation of water needs for vegetable crop in the old lands. Egyptin, meteorological Authority, Meteorological Research Bulletin. – 2001. – Vol. 16. – P. 106-121.

131. Awady M.N.; Vis E.G.; Kumar R.; Mitra S. (2003). Distribution uniformity from pop-up sprinklers. 15 th An. Conf. MSAE: 181-194.

132. Badr A.E.; Bakeer G.A.; El-Tantawy M.T. and A. H. Awwad. (2006). Sprinkler and trickle irrigation affected by climatic conditions in upper Egypt. Misr J. Ag. Eng., 23(2): 346-361.

133. Christiansen, J.E. Irrigation by Sprinkling; Bulletin 670; California Agricultural Experiment Station, University of California: Berkeley, CA, USA, 1942.
134. Cid-Garcia N.M., Bravo-Lozano A.G., Rios-Solis Y.A. A crop planning and real-time irrigation method based on site-specific management zones and linear programming // Computers and electronics in agriculture. 2014. Vol. 107. P. 20-28. DOI:10.1016/j.compag.2014.06.002.
135. Eid H.M.; Ainer N.G.; Metwally M.A. (1987). Estimation of irrigation and temperature needs for the new pods in Egypt Conf. of Agri. Sci. On food Deficiency Overcoming Through Autonomous Efforts in Egypt Manssoura Univ. Pp. 907-914.
136. FAO. (1985). Introduction to Irrigation. Irrigation Water Management. Training Manual No. 1. 1985.
137. Hagan RM, Haise HR, Edminster TW (Eds). 1987. Irrigation of Agricultural Lands. American Society of Agronomy Publ. No. 11: Madison, USA.
138. Heerman, D.F.; Martin, D.L.; Jackson, R.D. and E.C. Slegman. 1990. Irrigation scheduling control and techniques. CSSA - SSSA. 677 South Steeple Road, Madison, WI 53711. USA. Irrigation of agriculture crops-Agronomy Monograph No. 30.
139. Klatt F. Die Steuerung der Berechnung nach dem Berechnungsdiagramm. - Feldwirtschaft, H.4, 1970, s.164–165.
140. Klatt F. Die Steuerung der Berechnung nach dem Berechnungsdiagramm. -Z. Landeskultur, H.2, 1967, s.89–98.
141. Melikhova, E.V. Information System and Database for Simulation of Irrigated Crop Growing / E.V. Melikhova, A.F. Rogachev, N.N. Skiter // Studies in Computational Intelligence 2019, № 826. – P. 1185-1190.
142. Nastaran Basiri Jahromi, Amy Fulcher, Forbes Walker & James Altland // Photosynthesis, growth, and water use of *Hydrangea paniculata* ‘Silver Dollar’ using a physiological-based or a substrate physical properties-based irrigation schedule and a biochar substrate amendment / Irrigation Science volume 38, pages 263-274 (2020).
143. Optimum control model of soil water regime under irrigation [Tekst] / A.S. Ovchinnikov, V.V. Borodychev, M.N. Lytov, V.S. Bocharnikov, S.D. Fomin, O.V. Bo-

charnikova, E.S. Vorontsova // Bulgarian journal of agricultural Science. – №24 (5). 2018. – P. 909-913.

144. Soil water content monitoring for irrigation management: A geostatistical analysis /J.B. Barker, T.E. Franz, D.M. Heeren, C.M.U. Neale, J.D. Luck// Agricultural water management. 2017. V. 188. P. 36-49. DOI: 10.1016/j.agwat.2017.03.02

145. Steven R. Evett, Kenneth C. Stone, Robert C. Schwartz, Susan A. O'Shaughnessy, Paul D. Colaizzi, Scott K. //Anderson & David J. Anderson Resolving discrepancies between laboratory-determined field capacity values and field water content observations: implications for irrigation management / Irrigation Science volume37, pages751-759(2019) Cite this article.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное)

Водный баланс расчетного слоя почвы в лизиметре в течение вегетации столовой моркови за 2011...2013 гг.

Таблица А.1 – Водный баланс расчетного слоя почвы в лизиметре в течение вегетации столовой моркови за 2011...2013 гг.

В миллиметрах

Лизиметр 2011 г.								
Дата		W _н	W _к	Δ W	Ос	М	q	Еф
Май	3	442	429	-13	11	15	0	39
Июнь	1	429	412	-17	2	25	3	41
	2	412	401	-11	15	4	1	29
	3	401	381	-15	15	15	2	43
Июль	1	381	374	-12	4	44	12	48
	2	374	372	-2	7	57	3	63
	3	372	401	+29	63	57	11	80
Август	1	401	406	+5	4	55	16	38
	2	406	422	+16	67	0	12	39
	3	422	421	-1	7	20	4	24
Сумма за вегетацию				-21	195	292	64	444
Лизиметр 2012 г.								
Дата		W _н	W _к	Δ W	Ос	М	q	Еф
Май	3	490	499	+9	29	10	-1	29
Июнь	1	499	519	+20	49	0	-6	23
	2	519	505	-14	74	0	-55	33
	3	505	505	0	16	26	-2	40
Июль	1	505	489	-16	0	42	-9	49
	2	489	508	+19	35	26	-10	32
	3	508	492	-16	25	14	0	55
Август	1	492	474	-18	11	30	-9	50
	2	474	473	-1	10	10	0	21
	3	473	480	+7	33	10	-18	18
Сумма за вегетацию				-10	282	168	-110	350

Лизиметр 2013 г.								
Дата		Wн	Wк	ΔW	Ос	М	q	Еф
Май	2	416	420	4	15	5	7	9
	3	420	438	18	47	10	20	19
Июнь	1	438	430	-8	9	38	15	40
	2	430	431	1	9	41	18	31
	3	431	433	2	4	42	9	35
Июль	1	433	425	-8	42	0	12	38
	2	425	436	11	20	39	13	35
	3	436	449	13	43	0	10	20
Август	1	449	430	-19	16	0	11	24
	2	430	417	-13	4	20	6	31
	3	417	406	-11	10	0	1	20
Сумма за вегетацию				-10	219	195	122	302

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное)

Водный баланс расчетного слоя почвы опытных делянок в течение вегетации столовой моркови за 2011 г.

Таблица Б.1 – Водный баланс расчетного слоя почвы опытных делянок в течение
вегетации столовой моркови за 2011 г.

В миллиметрах

Делянка 1 2011 г.								
Дата		W _н	W _к	Δ W	Ос	М	q	Еф
Май	3	168	154	-14	11	15	-4	36
Июнь	1	154	143	-11	2	28	-3	38
	2	143	141	-2	15	11	-4	24
	3	141	133	-8	15	24	-4	43
Июль	1	133	112	-21	4	25	-6	44
	2	112	105	-7	7	44	0	58
	3	105	118	+13	63	35	-9	76
Август	1	118	119	+1	4	35	-4	34
	2	119	145	+26	67	0	-6	35
	3	145	146	+1	7	18	-3	21
Сумма за вегетацию				-22	195	235	43	409
Делянка 2 2011 г.								
Дата		W _н	W _к	Δ W	Ос	М	q	Еф
Май	3	154	133	-21	11	15	-8	39
Июнь	1	133	137	+4	2	46	-1	43
	2	137	141	+4	15	23	-2	32
	3	141	130	-11	15	18	-3	41
Июль	1	130	110	-20	4	27	-1	50
	2	110	100	-10	7	45	-1	61
	3	100	138	+38	63	66	-13	78
Август	1	138	156	+18	4	54	-1	39
	2	156	165	+9	67	0	-18	40
	3	165	154	-11	7	6	-1	23
Сумма за вегетацию, мм				0	195	300	49	446
Делянка 3 2011 г.								

Дата		W _н	W _к	ΔW	Ос	М	q	Еф
Май	3	184	181	-3	11	25	-3	36
Июнь	1	181	190	+9	2	50	-5	38
	2	190	194	+4	15	26	-10	27
	3	194	176	-18	15	12	-5	40
Июль	1	176	160	-16	4	30	-4	46
	2	160	151	-9	7	57	-12	61
	3	151	153	+2	63	19	-3	77
Август	1	153	148	-5	4	31	-3	37
	2	148	166	+18	67	0	-11	38
	3	166	166	0	7	15	0	22
Сумма за вегетацию, мм				-18	195	265	56	422
Контроль 2011 г.								
Дата		W _н	W _к	ΔW	Ос	М	q	Еф
Май	3	150	143	-7	11	0	0	18
Июнь	1	143	132	-11	2	0	0	13
	2	132	126	-6	15	0	0	21
	3	126	119	-7	15	0	0	22
Июль	1	119	106	-13	4	0	0	17
	2	106	89	-17	7	0	0	24
	3	89	93	+4	63	0	-12	47
Август	1	93	79	-14	4	0	0	18
	2	79	92	+13	67	0	-16	38
	3	92	77	-15	7	0	0	22
Сумма за вегетацию, мм				-73	195	0	-28	240

ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное)

Водный баланс расчетного слоя почвы опытных делянок в течение вегетации столовой моркови за 2012 г.

Таблица В.1 – Водный баланс расчетного слоя почвы опытных делянок в течение вегетации столовой моркови за 2012 г.

В миллиметрах

Делянка 1 2012 г.								
Дата		Wн	Wк	ΔW	Oс	M	q	Eф
Май	3	115	122	+7	29	10	-5	27
	1	122	146	+24	49	0	-5	20
Июнь	2	146	160	+14	74	0	-30	30
	3	160	146	-14	16	13	-5	38
Июль	1	146	147	+1	0	46	-4	41
	2	147	155	+8	35	10	-5	32
	3	155	137	-18	25	20	-10	53
Август	1	137	137	0	11	40	-1	50
	2	137	135	-2	10	10	-2	20
	3	135	133	-2	33	0	-18	17
Сумма за вегетацию				+18	282	149	85	328
Делянка 2 2012 г.								
Дата		Wн	Wк	ΔW	Oс	M	q	Eф
Май	3	126	131	+5	29	10	-5	29
	1	131	151	+20	49	0	-8	21
Июнь	2	151	164	+13	74	0	-30	31
	3	164	155	-9	16	25	-10	40
Июль	1	155	167	+12	0	59	-4	43
	2	167	170	+3	35	5	-5	32
	3	170	152	-18	25	20	-5	58
Август	1	152	151	-1	11	40	-1	51
	2	151	152	+1	10	15	-2	22
	3	152	150	-2	33	0	-18	17
Сумма за вегетацию, мм				+24	282	174	88	344

Делянка 3 2012 г.								
Дата		W _н	W _к	ΔW	Ос	М	q	Еф
Май	3	150	157	+7	29	10	-5	27
Июнь	1	157	171	+14	49	0	-15	20
	2	171	184	+13	74	0	-30	31
	3	184	175	-9	16	25	-10	40
Июль	1	175	172	-3	0	48	-14	41
	2	172	185	+13	35	22	-15	32
	3	185	170	-15	25	20	-5	55
Август	1	170	171	+1	11	40	-1	49
	2	171	167	-4	10	20	-2	22
	3	167	165	-2	33	0	-18	17
Сумма за вегетацию, мм				+15	282	185	115	334
Контроль 2012 г.								
Дата		W _н	W _к	ΔW	Ос	М	q	Еф
Май	3	122	119	-3	29	0	-15	17
Июнь	1	119	140	+24	49	0	-5	20
	2	140	140	0	74	0	-50	24
	3	140	115	-25	16	0	-3	38
Июль	1	115	80	-35	0	0	-4	31
	2	80	90	+10	35	0	-5	20
	3	90	72	-18	25	0	-10	33
Август	1	72	62	-10	11	0	-1	20
	2	62	60	-2	10	0	-2	10
	3	60	80	+20	33	0	-1	12
Сумма за вегетацию, мм				-39	282	0	96	225

ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное)

Водный баланс расчетного слоя почвы опытных делянок в течение вегетации столовой моркови за 2013 г.

Таблица Г.1 – Водный баланс расчетного слоя почвы опытных делянок в течение вегетации столовой моркови за 2013 г.

В миллиметрах

Делянка 1 2013 г.								
Дата		Wн	Wк	ΔW	Ос	М	q	Еф
Май	3	123	136	+13	47	0	-5	29
	1	136	125	-11	9	26	-5	41
Июнь	2	125	127	+2	9	42	-12	37
	3	127	113	-14	4	32	-10	40
Июль	1	113	111	-2	42	0	-4	40
	2	111	122	+11	20	33	-5	37
	3	122	137	+15	43	0	-10	18
Август	1	137	149	+12	16	23	-1	26
	2	149	136	-13	4	21	-2	36
	3	136	120	-16	10	0	-1	25
Сумма за вегетацию				-3	204	177	-55	329
Делянка 2 2013 г.								
Дата		Wн	Wк	ΔW	Ос	М	q	Еф
Май	3	152	168	+16	47	13	-13	31
	1	168	157	-11	9	26	-5	41
Июнь	2	157	136	-21	9	20	-12	38
	3	136	125	-11	4	36	-10	41
Июль	1	125	133	+8	42	13	-4	43
	2	133	138	+5	20	27	-5	37
	3	138	156	+18	43	5	-10	20
Август	1	156	170	+14	16	25	-1	26
	2	170	160	-10	4	24	-2	36
	3	160	161	-1	10	15	-1	25
Сумма за вегетацию, мм				+8	204	204	63	337

Делянка 3 2013 г.								
Дата		W _н	W _к	ΔW	Ос	М	q	Еф
Май	3	159	179	+20	47	16	-13	30
Июнь	1	179	183	+4	9	38	-5	38
	2	183	149	-34	9	10	-15	38
	3	149	153	+4	4	53	-10	43
Июль	1	153	152	-1	42	5	-6	42
	2	152	144	-8	20	15	-5	38
	3	144	161	+17	43	5	-10	21
Август	1	161	189	+25	16	36	-1	26
	2	189	184	-5	4	30	-2	37
	3	184	185	+1	10	15	-1	23
Сумма за вегетацию, мм				+13	204	213	68	336
Контроль 2013 г.								
Дата		W _н	W _к	ΔW	Ос	М	q	Еф
Май	3	65	112	+27	47	0	-5	15
Июнь	1	112	101	-11	9	0	-5	15
	2	101	105	-6	9	0	-1	14
	3	105	96	-9	4	0	0	13
Июль	1	96	80	-16	42	0	-16	42
	2	80	69	-11	20	0	-5	26
	3	69	100	+31	43	0	-2	10
Август	1	100	88	-12	16	0	-1	27
	2	88	59	-29	4	0	-2	31
	3	59	58	-1	10	0	-1	10
Сумма за вегетацию, мм				-37	204	0	38	203

ПРИЛОЖЕНИЕ Д (обязательное)

Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы в лизиметрах в течение вегетации столовой моркови за 2011...2013 гг.

Таблица Д.1 – Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы в лизиметре в течение вегетации столовой моркови за 2011 г.

В миллиметрах

Слой, см	Лизиметр (2011г.)											
	Месяцы											
	Май		Июнь			Июль			Август			
	Даты											
	21	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	
0 – 10	0,32	0,32	0,30	0,29	0,29	0,30	0,30	0,32	0,32	0,32	0,30	
10 - 20	0,32	0,32	0,30	0,29	0,29	0,30	0,30	0,32	0,32	0,32	0,30	
20 - 30	0,32	0,31	0,30	0,30	0,29	0,30	0,26	0,30	0,31	0,30	0,29	
30 - 40	0,27	0,30	0,29	0,28	0,27	0,25	0,09	0,27	0,29	0,29	0,27	
40 - 50	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09	0,07	0,10	0,10	0,11	0,11	
50 - 60	0,13	0,14	0,10	0,09	0,09	0,08	0,10	0,08	0,08	0,09	0,09	
60 – 70	0,15	0,14	0,14	0,14	0,11	0,10	0,17	0,10	0,10	0,14	0,18	
70 - 80	0,25	0,24	0,20	0,18	0,16	0,17	0,20	0,20	0,22	0,23	0,27	
80 - 90	0,25	0,21	0,20	0,19	0,19	0,19	0,22	0,22	0,22	0,26	0,26	
90 - 100	0,24	0,23	0,23	0,22	0,23	0,23	0,27	0,26	0,26	0,28	0,29	
100 - 110	0,32	0,30	0,30	0,29	0,29	0,28	0,27	0,30	0,30	0,32	0,32	
110 - 120	0,31	0,30	0,27	0,27	0,28	0,27	0,27	0,29	0,29	0,30	0,30	
120- 130	0,36	0,36	0,35	0,34	0,30	0,26	0,30	0,29	0,29	0,30	0,30	
130 - 140	0,37	0,36	0,36	0,35	0,33	0,31	0,30	0,33	0,33	0,33	0,31	
140 - 150	0,34	0,33	0,33	0,33	0,32	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31	0,30	
150 - 160	0,34	0,34	0,34	0,34	0,32	0,31	0,30	0,32	0,32	0,32	0,32	
	490	499	519	505	505	489	508	492	474	473	480	
	+9	+20	-14	0	-16	+19	-16	-18	-1	+7		
W _{ср.} =0,33см ³ /см в слое 0...50см; W=0,73ПВ; ПВ=0,42 см ³ /см ³												

Таблица Д.2 – Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы в лизиметре в течение вегетации столовой моркови за 2012 г.

В миллиметрах

Слой, см	Лизиметр (2012г.)											
	Месяцы											
	Май		Июнь			Июль			Август			
	Даты											
	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	
0 – 10	0,30	0,32	0,32	0,26	0,25	0,27	0,32	0,27	0,33	0,33	0,31	
10 - 20	0,29	0,30	0,31	0,24	0,31	0,31	0,37	0,32	0,30	0,32	0,37	
20 - 30	0,29	0,30	0,30	0,30	0,32	0,32	0,35	0,31	0,25	0,28	0,33	
30 - 40	0,28	0,29	0,30	0,32	0,32	0,34	0,38	0,36	0,30	0,28	0,28	
40 - 50	0,25	0,26	0,26	0,23	0,23	0,23	0,35	0,25	0,25	0,23	0,25	
50 - 60	0,30	0,32	0,33	0,33	0,30	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	
60 – 70	0,31	0,32	0,33	0,33	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,27	
70 - 80	0,29	0,29	0,30	0,30	0,30	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	
80 - 90	0,31	0,31	0,33	0,33	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	
90 - 100	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	
100 - 110	0,32	0,32	0,34	0,34	0,34	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	
110 - 120	0,32	0,32	0,34	0,34	0,34	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	
120- 130	0,33	0,33	0,36	0,36	0,36	0,34	0,33	0,33	0,30	0,30	0,30	
130 - 140	0,32	0,32	0,35	0,35	0,35	0,33	0,33	0,33	0,30	0,30	0,30	
140 - 150	0,32	0,32	0,34	0,34	0,34	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	
150 - 160	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	
	490	499	519	505	505	489	508	492	474	473	480	
	+9	+20	-14	0	-16	+19	-16	-18	-1	+7		
$W_{\text{ср.}}=0,33\text{см}^3/\text{см}$ в слое 0...50см; $W=0,73\text{ПВ}$; $\text{ПВ}=0,42\text{ см}^3/\text{см}^3$												

Таблица Д.3 – Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы в лизиметре в течение вегетации столовой моркови за 2013 г.

В миллиметрах

Слой, см	Лизиметр (2013г.)											
	Месяцы											
	Май		Июнь			Июль			Август			
	Даты											
	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	
0 – 10	0,27	0,27	0,31	0,27	0,30	0,29	0,28	0,33	0,32	0,30	0,28	
10 - 20	0,37	0,42	0,39	0,36	0,35	0,32	0,34	0,38	0,37	0,35	0,30	
20 - 30	0,32	0,35	0,28	0,34	0,32	0,31	0,32	0,35	0,35	0,34	0,28	
30 - 40	0,39	0,40	0,40	0,34	0,36	0,33	0,36	0,39	0,37	0,34	0,35	
40 - 50	0,17	0,20	0,20	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,18	0,18	0,17	
50 - 60	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	
60 – 70	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	
70 - 80	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,22	0,21	0,20	
80 - 90	0,21	0,21	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,19	0,21	0,20	0,21	
90 - 100	0,21	0,20	0,20	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,21	0,20	0,20	
100 - 110	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,28	0,30	0,30	0,28	0,29	0,30	
110 - 120	0,28	0,30	0,30	0,31	0,28	0,29	0,30	0,30	0,28	0,28	0,30	
120- 130	0,29	0,30	0,30	0,30	0,32	0,32	0,33	0,32	0,30	0,30	0,30	
130 - 140	0,29	0,31	0,29	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,31	0,30	0,30	
140 - 150	0,30	0,31	0,30	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,30	0,30	
150 - 160	0,30	0,30	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,30	0,30	0,31	
	420	438	430	431	433	425	436	449	430	417	406	
	+18	-8	+1	+2	-8	+11	+13	-19	-13	-11		
$W_{\text{ср.}}=0,33\text{см}^3/\text{см}$ в слое 0...50см; $W=0,73\text{ПВ}$; $\text{ПВ}=0,42\text{ см}^3/\text{см}^3$												

ПРИЛОЖЕНИЕ Е (обязательное)

Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы на делянках в течение вегетации столовой моркови за 2011 г.

Таблица Е.1 – Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы на делянке 1 в течение вегетации столовой моркови за 2011 г.

В миллиметрах

Слой, см	Делянка 1											
	Месяцы											
	Май		Июнь			Июль			Август			
	Даты											
	21	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	
0 – 10	0,40	0,34	0,30	0,30	0,29	0,28	0,25	0,28	0,28	0,34	0,34	
10 – 20	0,40	0,34	0,30	0,30	0,29	0,27	0,25	0,28	0,28	0,34	0,34	
20 – 30	0,34	0,32	0,30	0,29	0,27	0,21	0,20	0,23	0,24	0,31	0,31	
30 – 40	0,30	0,30	0,29	0,28	0,26	0,18	0,17	0,21	0,21	0,22	0,23	
40 – 50	0,24	0,24	0,24	0,24	0,22	0,18	0,18	0,18	0,18	0,24	0,24	
	168	154	143	141	133	112	105	118	119	145	146	
	-14	-11	-2	-8	-21	-7	+13	+1	+26	+1		
W _{ср.} =0,27см ³ /см в слое 0...50см; W=0,64ПВ; ПВ=0,42 см ³ /см ³												

Таблица Е.2 – Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы на делянке 2 в течение вегетации столовой моркови за 2011 г.

В миллиметрах

Слой, см	Делянка 2											
	Месяцы											
	Май		Июнь			Июль			Август			
	Даты											
	21	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	
0 – 10	0,33	0,32	0,32	0,32	0,31	0,29	0,25	0,30	0,34	0,36	0,33	
10 – 20	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	0,29	0,25	0,30	0,34	0,36	0,33	
20 – 30	0,36	0,31	0,33	0,33	0,28	0,25	0,24	0,33	0,37	0,38	0,37	
30 – 40	0,34	0,29	0,30	0,31	0,29	0,21	0,21	0,31	0,33	0,35	0,34	
40 – 50	0,33	0,24	0,25	0,28	0,25	0,21	0,20	0,29	0,33	0,35	0,32	
	169	148	152	156	145	125	115	153	171	180	169	
	-21	+4	+4	-11	-20	-10	+38	+18	+9	-11		
W _{ср.} =0,306 см ³ /см в слое 0...50см; W=0,73ПВ; ПВ=0,42 см ³ /см ³												

Таблица Е.3 – Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы на делянке 3 в течение вегетации столовой моркови за 2011 г.

В миллиметрах

Слой, см	Делянка 3											
	Месяцы											
	Май		Июнь			Июль			Август			
	Даты											
	21	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	
0 – 10	0,38	0,38	0,39	0,39	0,36	0,31	0,31	0,30	0,29	0,35	0,35	
10 – 20	0,38	0,38	0,39	0,39	0,36	0,32	0,31	0,30	0,29	0,35	0,35	
20 – 30	0,35	0,35	0,40	0,40	0,35	0,32	0,30	0,28	0,33	0,29	0,29	
30 – 40	0,35	0,35	0,36	0,38	0,35	0,33	0,30	0,22	0,22	0,24	0,24	
40 – 50	0,38	0,35	0,36	0,38	0,34	0,32	0,29	0,23	0,25	0,33	0,33	
	184	181	190	194	176	160	151	153	148	166	166	
	-3	+9	+4	-18	-16	-9	+2	-5	+18	0		
W _{ср.} =0,337 см ³ /см в слое 0...50см; W=0,81ПВ; ПВ=0,42 см ³ /см ³												

Таблица Е.4 – Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы на Контроле в течение вегетации столовой моркови за 2011 г.

В миллиметрах

Слой, см	Контроль											
	Месяцы											
	Май		Июнь			Июль			Август			
	Даты											
	21	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	
0 – 10	0,32	0,30	0,27	0,26	0,24	0,18	0,16	0,20	0,16	0,19	0,16	
10 – 20	0,32	0,30	0,27	0,26	0,24	0,18	0,16	0,20	0,16	0,19	0,16	
20 – 30	0,30	0,29	0,27	0,26	0,25	0,25	0,18	0,15	0,15	0,16	0,15	
30 – 40	0,30	0,29	0,27	0,26	0,25	0,25	0,19	0,19	0,15	0,19	0,15	
40 – 50	0,26	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,20	0,19	0,17	0,19	0,15	
	150	143	132	126	119	106	89	93	79	92	77	
	-7	-11	-6	-7	-13	-17	+4	-14	+13	-15		
W _{ср.} =0,22 см ³ /см в слое 0...50см; W=0,48ПВ; ПВ=0,42 см ³ /см ³												

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (обязательное)

Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы на делянках в течение вегетации столовой моркови за 2012 г.

Таблица Ж.1 – Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы на делянке 1 в течение вегетации столовой моркови за 2012 г.

В миллиметрах

Слой, см	Делянка 1											
	Месяцы											
	Май		Июнь			Июль			Август			
	Даты											
	21	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	
0 – 10	0,19	0,21	0,29	0,31	0,29	0,29	0,29	0,24	0,24	0,23	0,23	
10 – 20	0,20	0,21	0,29	0,31	0,26	0,27	0,29	0,26	0,26	0,25	0,25	
20 – 30	0,21	0,22	0,27	0,30	0,28	0,28	0,30	0,26	0,26	0,26	0,25	
30 – 40	0,26	0,27	0,28	0,34	0,30	0,30	0,33	0,29	0,29	0,29	0,28	
40 – 50	0,29	0,31	0,33	0,35	0,33	0,33	0,34	0,32	0,32	0,32	0,32	
	115	122	146	160	146	147	155	137	137	135	133	
	+7	+24	+14	-14	+1	+8	-18	0	-2	-2		
W _{ср.} =0,2см ³ /см в слое 0...50см; W=0,66ПВ; ПВ=0,42 см ³ /см ³												

Таблица Ж.2 – Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы на делянке 2 в течение вегетации столовой моркови за 2012 г.

В миллиметрах

Слой, см	Делянка 2											
	Месяцы											
	Май		Июнь			Июль			Август			
	Даты											
	21	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	
0 – 10	0,27	0,27	0,34	0,34	0,33	0,34	0,34	0,30	0,29	0,30	0,29	
10 – 20	0,27	0,27	0,29	0,33	0,30	0,34	0,34	0,29	0,29	0,29	0,28	
20 – 30	0,25	0,25	0,33	0,35	0,33	0,34	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	
30 – 40	0,25	0,30	0,30	0,31	0,30	0,34	0,34	0,30	0,30	0,30	0,30	
40 – 50	0,22	0,22	0,25	0,31	0,29	0,32	0,35	0,31	0,31	0,31	0,31	
	126	131	151	164	155	167	170	152	151	152	150	
	+5	+20	+13	-9	+12	+3	-18	-1	+1	-2		
W _{ср.} =0,304 см ³ /см в слое 0...50см; W=0,72ПВ; ПВ=0,42 см ³ /см ³												

Таблица Ж.3 – Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы на делянке 3 в течение вегетации столовой моркови за 2012 г.

В миллиметрах

Слой, см	Делянка 3											
	Месяцы											
	Май		Июнь			Июль			Август			
	Даты											
	21	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	
0 – 10	0,28	0,30	0,33	0,36	0,35	0,35	0,36	0,34	0,35	0,33	0,33	
10 – 20	0,28	0,30	0,33	0,36	0,33	0,33	0,38	0,33	0,34	0,34	0,34	
20 – 30	0,31	0,31	0,33	0,37	0,37	0,35	0,35	0,35	0,34	0,32	0,32	
30 – 40	0,32	0,32	0,35	0,38	0,33	0,33	0,39	0,34	0,34	0,34	0,34	
40 – 50	0,31	0,34	0,37	0,37	0,37	0,36	0,37	0,34	0,34	0,34	0,32	
	150	157	171	184	175	172	185	170	171	167	165	
	+7	+14	+13	-9	-3	+13	-15	+1	-4	-2		
W _{ср.} =0,34 см ³ /см в слое 0...50см; W=0,81ПВ; ПВ=0,42 см ³ /см ³												

Таблица Ж.4 – Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы на Контроле в течение вегетации столовой моркови за 2011 г.

В миллиметрах

Слой, см	Контроль											
	Месяцы											
	Май		Июнь			Июль			Август			
	Даты											
	21	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	
0 – 10	0,25	0,24	0,28	0,27	0,22	0,15	0,18	0,14	0,12	0,11	0,15	
10 – 20	0,23	0,23	0,27	0,28	0,24	0,17	0,19	0,14	0,13	0,12	0,16	
20 – 30	0,26	0,26	0,29	0,28	0,23	0,16	0,17	0,15	0,12	0,13	0,17	
30 – 40	0,24	0,22	0,28	0,28	0,23	0,16	0,18	0,14	0,13	0,12	0,16	
40 – 50	0,24	0,24	0,28	0,29	0,23	0,16	0,18	0,15	0,12	0,12	0,16	
	122	119	140	140	115	80	90	72	62	60	80	
	-3	+24	0	-25	-35	+10	-18	-15	-7	+20		
W _{ср.} =0,20 см ³ /см в слое 0...50см; W=0,48ПВ; ПВ=0,42 см ³ /см ³												

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 (обязательное)

Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы на делянках в течение вегетации столовой моркови за 2013 г.

Таблица 3.1 – Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы на делянке 1 в течение вегетации столовой моркови за 2013 г.

В миллиметрах

Слой, см	Делянка 1											
	Месяцы											
	Май			Июнь			Июль			Август		
	Даты											
	21	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	
0 – 10	0,21	0,21	0,21	0,21	0,19	0,17	0,19	0,26	0,33	0,26	0,24	
10 – 20	0,26	0,26	0,23	0,25	0,22	0,22	0,23	0,28	0,30	0,27	0,22	
20 – 30	0,24	0,34	0,30	0,30	0,27	0,27	0,28	0,28	0,29	0,27	0,24	
30 – 40	0,26	0,30	0,28	0,28	0,23	0,23	0,29	0,29	0,30	0,27	0,25	
40 – 50	0,26	0,25	0,23	0,23	0,22	0,22	0,23	0,26	0,27	0,29	0,25	
	123	136	125	127	113	111	122	137	149	136	120	
		+13	-11	+2	-14	-2	+11	+15	+12	-13	-16	
W _{ср.} =0,26см ³ /см в слое 0...50см; W=0,62ПВ; ПВ=0,42 см ³ /см ³												

Таблица 3.2 – Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы на делянке 2 в течение вегетации столовой моркови за 2012 г.

В миллиметрах

Слой, см	Делянка 2											
	Месяцы											
	Май			Июнь			Июль			Август		
	Даты											
	21	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	
0 – 10	0,29	0,36	0,31	0,29	0,24	0,32	0,34	0,34	0,38	0,38	0,36	
10 – 20	0,31	0,31	0,30	0,28	0,23	0,27	0,29	0,32	0,34	0,31	0,35	
20 – 30	0,28	0,30	0,32	0,28	0,28	0,27	0,27	0,31	0,34	0,26	0,28	
30 – 40	0,32	0,37	0,31	0,24	0,25	0,21	0,23	0,30	0,32	0,33	0,28	
40 – 50	0,32	0,33	0,33	0,27	0,25	0,26	0,25	0,29	0,32	0,32	0,34	
	152	168	157	136	125	133	138	156	170	160	161	
		+16	-11	-21	-11	+8	+5	+18	+14	-10	+1	
W _{ср.} =0,30 см ³ /см в слое 0...50см; W=0,72ПВ; ПВ=0,42 см ³ /см ³												

Таблица 3.3 – Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы на делянке 3 в течение вегетации столовой моркови за 2012 г.

В миллиметрах

Слой, см	Делянка 3											
	Месяцы											
	Май		Июнь			Июль			Август			
	Даты											
	21	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	
0 – 10	0,34	0,35	0,38	0,28	0,33	0,38	0,34	0,38	0,39	0,38	0,38	
10 – 20	0,32	0,35	0,34	0,31	0,31	0,33	0,28	0,31	0,37	0,38	0,39	
20 – 30	0,24	0,31	0,39	0,29	0,32	0,28	0,29	0,34	0,40	0,39	0,38	
30 – 40	0,36	0,39	0,37	0,34	0,27	0,27	0,27	0,31	0,37	0,37	0,37	
40 – 50	0,36	0,42	0,38	0,30	0,33	0,29	0,29	0,30	0,39	0,35	0,36	
	162	182	186	152	156	155	147	164	189	187	188	
	+20	+4	+34	+4	-1	-8	+17	+25	-4	-1		
W _{ср.} =0,34 см ³ /см в слое 0...50см; W=0,81ПВ; ПВ=0,42 см ³ /см ³												

Таблица 3.4 – Влажность расчетного слоя дерново-подзолистой почвы на Контроле в течение вегетации столовой моркови за 2011 г.

В миллиметрах

Слой, см	Контроль											
	Месяцы											
	Май		Июнь			Июль			Август			
	Даты											
	21	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	
0 – 10	0,12	0,17	0,19	0,19	0,17	0,15	0,15	0,22	0,20	0,12	0,12	
10 – 20	0,10	0,25	0,20	0,23	0,18	0,13	0,14	0,22	0,19	0,11	0,10	
20 – 30	0,12	0,26	0,22	0,20	0,22	0,14	0,11	0,21	0,18	0,11	0,11	
30 – 40	0,16	0,21	0,22	0,23	0,22	0,20	0,16	0,20	0,17	0,15	0,14	
40 – 50	0,15	0,23	0,19	0,20	0,17	0,18	0,13	0,15	0,14	0,10	0,11	
	65	112	101	105	96	80	69	100	88	59	58	
	+47	-11	-6	-9	-16	-11	+31	-12	-29	-1		
W _{ср.} =0,20 см ³ /см в слое 0...50см; W=0,48ПВ; ПВ=0,42 см ³ /см ³												

ПРИЛОЖЕНИЕ И (обязательное)

Интерфейсы программы «ПОЛИВ» А.И. Голованова

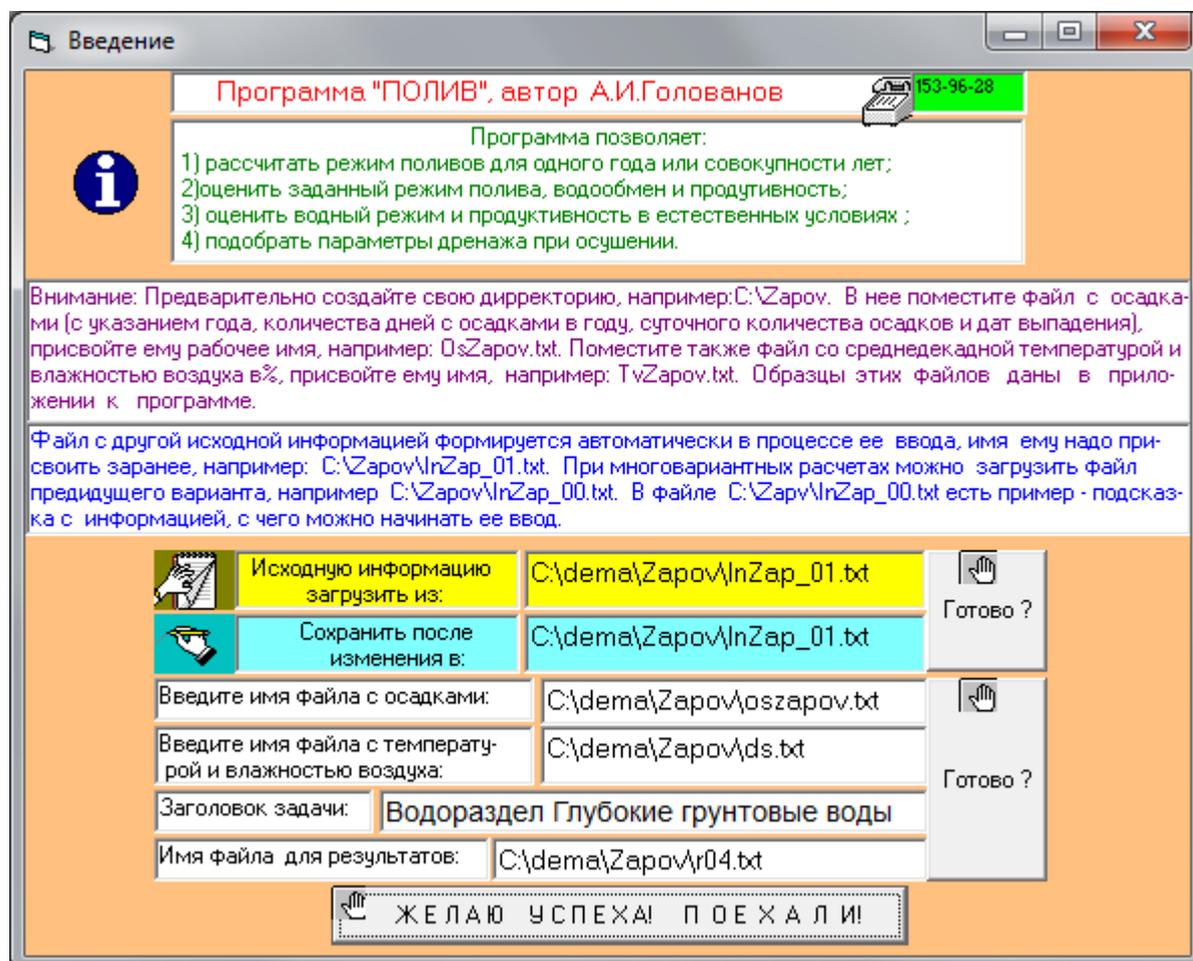


Рисунок И.1 – Введение

Начальное окно модели, где загружаются файлы с климатическими данными (атмосферные осадки, дефицит влажности воздуха)

Выбор вариантов

Варианты расчета

- Расчет режима полива
- Оценка режима полива, водообмена и урожайности
- Естественный режим, осушение

Вывод результатов

- Через декаду
- После каждого полива
- В конце каждого года

Учет способа полива

При расчете режима поливов поливная норма задана (дождевание) или устанавливается автоматически, исходя из пределов регулирования влажности почвы (поверхностный полив)?

- Дождевание
- Поверхностный полив

Какой нормой?(мм)

Учет прогноза осадков при назначении поливов

Учитывать прогноз выпадения осадков при назначении очередного полива? Да

При оценке режима поливов задать число поливов, сроки поливов в сутках, считая от начала теплого периода, и поливные нормы в мм.

Число поливов	<input type="text" value="11"/>
Сроки поливов	<input type="text" value="\$036\$044\$056\$078\$099\$109\$123\$134\$156\$166\$1"/>
Поливные нормы, мм	<input type="text" value="\$51\$42\$53\$53\$55\$66\$58\$63\$53\$57\$43\$00\$0"/>

\$- это не доллар, а разделитель для формата ввода. Понял, да?

Рисунок И.2 – Выбор вариантов

Во втором окне выбираются варианты расчетов с орошением и без орошения, задается количество поливов, поливная норма, сроки поливов. Выбирается учет способа поливов: дождевание или поверхностный полив, имеется возможность учета прогноза выпадения атмосферных осадков при назначении поливов.

Требования растения и свойства почвы

Р а с т е н и е

Начало вегетации: 21.05 Продолжительность вегетации, сут.: 90

Предполивная, оптимальная и максимальная влажности. доли ППВ: 0,56 0,73 0,77

Увлажняемый слой в начале и в конце вегетации, м: 0,1 0,5

Корнеобитаемый слой в начале и в конце вегетации, м: 0,2 0,6

Биологический коэффициент для испарения $K_{biol} =$ 1,000

Коэффициент чувствительности растения к отклонению влажности почвы от оптимальной (по В.В.Шабанов): 6,2

Свойства почвы

Горизонт А	Горизонт В1	Горизонт В2	Горизонт С	
0,2	0,2	0,2	Глубже В2	Толщина, м
0,46	0,49	0,47	0,44	Пористость, доли
0,13	0,11	0,09	0,06	Макс.гигроскопичность
2	2,2	2,1	1,9	Высота кап.подъема,м
0,19	0,11	0,07	0,02	Козф. фильтрации,м/сут

0,65 Предельная полевая влагоемкость (ППВ) горизонта А, доли пористости

Готово? Д А Л Е Е > Назад!

Рисунок И.3 – Требования растения и свойства почвы

В третьем окне задаются требования растений к внешней среде и водно-физические параметры почвы.

Климат

Введите число лет с климатическими данными, начало теплого периода и его продолжительность в сутках (считайте во всех месяцах по 30 суток!)

Лет 42 Теплый период с 21,05 Его длина 90 сут

Ввод осадков, подсчет их контрольной суммы, расчет суммарного испарения по Иванову $E=0.018Kbiol(t+25)^2(1-a)$, оценка дефицита увлажнения=испарение-осадки

Коэффициент редукции осадков для учета поверхностного стока: 1,000

Коэффициент редукции температуры воздуха для учета экспозиции склона 1,000

Введите среднегодовое увлажнение весной, мм 50

Контрольная сумма осадков за все годы, мм (проверьте!) 8665

К сведению: характерные годы по влагообеспеченности

Год	%обеспеч	Осадки	Испарен	Дефицит
1964	10	96	439	343
1981	25	88	324	236
1973	50	274	432	158
1963	75	266	356	90
1993	90	281	275	-6

Сухой год, 10%
Среднесухой год, 25%
Средний год, 50%
Средневлажный год, 75%
Влажный год, 90%

Готово ?

Выберите вариант расчета:

Расчитать одну вегетацию? Да! Нет! Расчитать несколько лет подряд? Да! Нет!

Сколько лет? 42 Повторить эти годы для стабилизации процесса? Да! (Советую!) Нет!

Выберите расчетный год по % обеспеченности дефицита или любой другой год из имеющихся в диапазоне: 1960 ↔ 2001

Выбран год Все годы Его обеспеченность, %

Год выбран? Д А Л Е Е > Назад!

Рисунок И.4 – Климатическая характеристика

В четвертом окне задается информации о климате, количество лет, начало теплого периода и его продолжительность в сутках (все месяцы считаются по 30 суток), также задается среднегодовое увлажнение весной до начала полива.

Геология

Выберите вариант залегания грунтовых вод H_g

Уровень грунтовых вод переменный
 Уровень грунтовых вод постоянный (лизиметр)
 Уровень грунтовых вод очень глубоко

Естественная дренированность (мм/сут на 1 м напора над дренами)
 Искусственная дренированность (мм/сут на 1 м напора над дренами)

Глубина естественных дрен, м
 Глубина искусственных дрен, м

Среднегодовой приток грунтовых вод с водораздела и (или) среднегодовые фильтрационные потери из оросительной сети, мм

Для учета напорного подпитывания введите мощность раздельного слоя T_0 (м); его коэффициент фильтрации k_0 (м/сут) и глубину залегания пьезометрического напора H_p (м), если он выше поверхности земли, то $H_p < 0$. Если напорного подпитывания нет, то $k_0 = 0$.

$T_0 =$
 $k_0 =$
 $H_p =$

Глубина грунтовых вод H_g на начало теплого периода, м

Введите мощность расчетного слоя L_r в м (при $H_g = \text{Const}$ $L_r = H_g$, при H_g переменном L_r - больше возможного диапазона их колебаний, при H_g очень глубоко $L_r = 6 \dots 8$ м). Минимально $L_r = 2$ м!

Рисунок И.5 – Гидрогеологические условия

В пятом окне задается информация о гидрогеологических условиях.

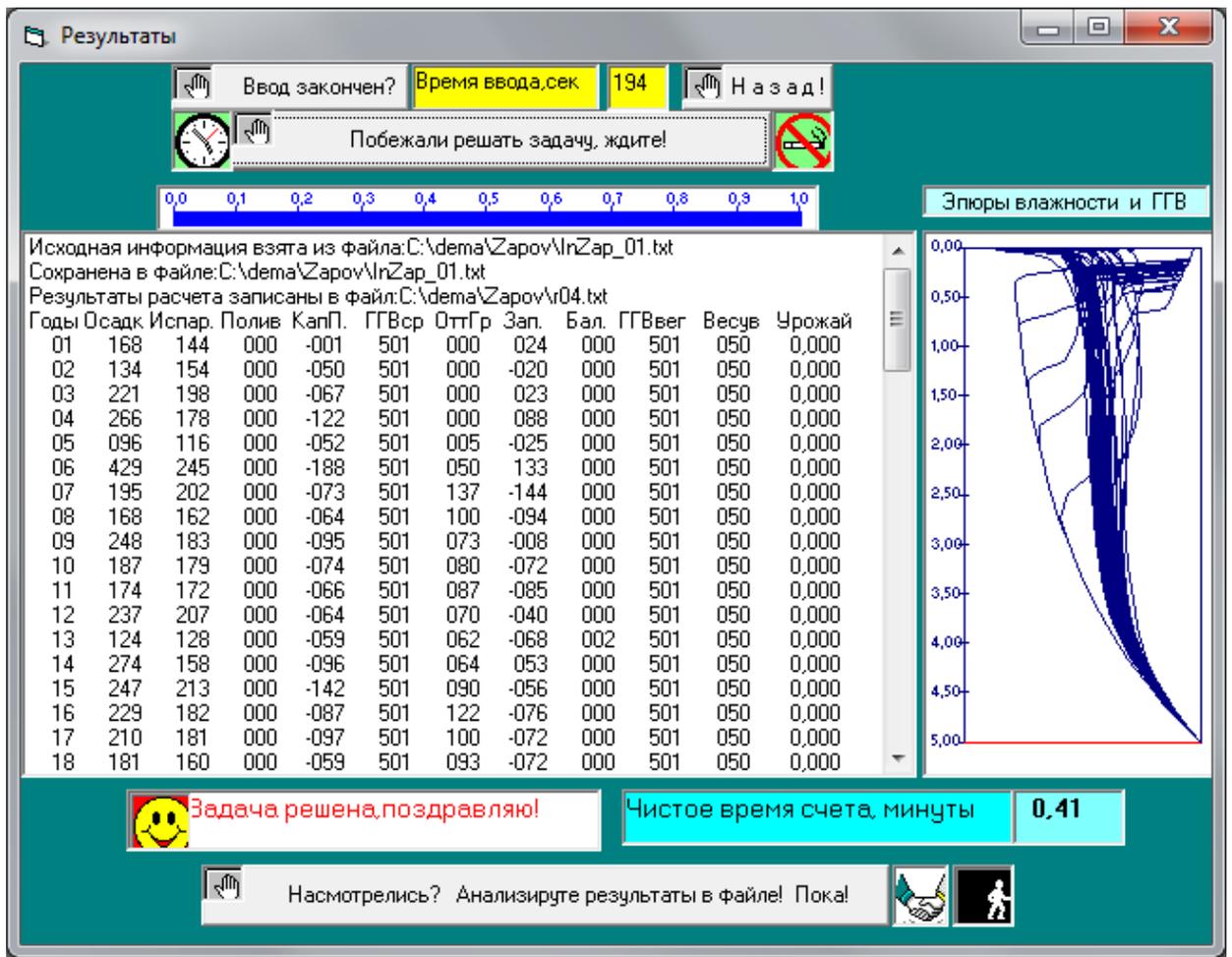


Рисунок И.6 – Результаты моделирования

Окно пятое, где отображаются краткая информация о моделировании природных процессов.

Полная информация о результатах моделирования будет находиться на диске «С» в папке, где находится основной блок файлов модели «ПОЛИВ»; имя файла, который мы задали в начальном окне, находится в строке «имя файлов для результатов».

ПРИЛОЖЕНИЕ К (обязательное)

Блок-схема алгоритма работы программы «ПОЛИВ»

Голованова А.И.



Рисунок К.1 – Блок схема программы «Полив» А.И. Голованова

ПРИЛОЖЕНИЕ Л (обязательное)

Результаты расчета режима орошения моркови столовой при дождевании на дерново-подзолистых почвах водоразделов Московской области

C:\dema\Zapov\tr04.txt

Водораздел Глубокие грунтовые воды

Исходная информация взята из файла:C:\dema\Zapov\InZap_01.txt

Исходная информация сохранена в файле:C:\dema\Zapov\InZap_01.txt

Год	Осадки	Испарение	Дефицит
1960	168	459	291
1961	134	418	284
1962	221	314	093
1963	266	356	090
1964	096	439	343
1965	429	303	-126
1966	195	395	200
1967	168	421	253
1968	248	370	122
1969	187	326	139
1970	174	382	208
1971	237	349	112
1972	124	576	453
1973	274	432	158
1974	247	347	100
1975	229	372	143
1976	210	299	090
1977	181	306	125
1978	273	279	005
1979	176	357	181
1980	190	337	148
1981	088	324	236
1982	195	278	083
1983	152	348	196
1984	092	287	195
1985	163	269	107
1986	180	294	114
1987	311	242	-068
1988	267	286	019
1989	315	290	-025
1990	326	245	-081
1991	271	292	022
1992	110	451	341
1993	281	275	-006
1994	191	365	174
1995	211	394	183
1996	159	360	201
1997	225	389	165
1998	128	794	666
1999	188	543	355
2000	239	471	232
2001	151	421	271
Среднее	206	368	162

Среднегодовое весеннее увлажнение, мм = 50

Год	%Обеспеч	Осадки	Испарение	Дефицит
1964	10	096	439	343
1981	25	088	324	236
1973	50	274	432	158
1963	75	266	356	090
1993	90	281	275	-006

I	h	x	p	wm	hk	mju	kf	W0	W0(uvl)
01	0.000	0.000	0.46	0.13	2.00	1.00	0.19	0.2482	0.4508
02	0.050	0.025	0.46	0.13	2.00	1.00	0.19	0.2272	0.4462
03	0.050	0.075	0.46	0.13	2.00	1.00	0.19	0.2063	0.4416
04	0.050	0.125	0.46	0.13	2.00	1.00	0.19	0.1854	0.4370
05	0.050	0.175	0.46	0.13	2.00	1.00	0.19	0.1645	0.4324
06	0.050	0.225	0.49	0.11	2.20	1.00	0.11	0.1534	0.1795
07	0.050	0.275	0.49	0.11	2.20	1.00	0.11	0.1544	0.1544
08	0.050	0.325	0.49	0.11	2.20	1.00	0.11	0.1554	0.1554
09	0.050	0.375	0.49	0.11	2.20	1.00	0.11	0.1564	0.1564
10	0.050	0.425	0.47	0.09	2.10	1.00	0.07	0.1330	0.1330
11	0.050	0.475	0.47	0.09	2.10	1.00	0.07	0.1341	0.1341
12	0.050	0.525	0.47	0.09	2.10	1.00	0.07	0.1351	0.1351
13	0.050	0.575	0.47	0.09	2.10	1.00	0.07	0.1362	0.1362
14	0.050	0.625	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.0980	0.0980
15	0.050	0.675	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.0990	0.0990
16	0.050	0.725	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1001	0.1001
17	0.050	0.775	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1011	0.1011
18	0.050	0.825	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1022	0.1022
19	0.050	0.875	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1033	0.1033
20	0.050	0.925	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1045	0.1045
21	0.050	0.975	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1057	0.1057
22	0.100	1.050	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1075	0.1075
23	0.100	1.150	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1101	0.1101
24	0.100	1.250	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1128	0.1128
25	0.100	1.350	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1157	0.1157
26	0.100	1.450	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1187	0.1187
27	0.200	1.600	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1235	0.1235
28	0.200	1.800	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1305	0.1305
29	0.238	2.019	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1392	0.1392
30	0.238	2.258	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1497	0.1497
31	0.238	2.496	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1617	0.1617
32	0.238	2.735	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1753	0.1753
33	0.238	2.973	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.1908	0.1908
34	0.238	3.212	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.2082	0.2082
35	0.238	3.450	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.2281	0.2281
36	0.238	3.688	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.2505	0.2505
37	0.238	3.927	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.2760	0.2760
38	0.238	4.165	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.3049	0.3049
39	0.238	4.404	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.3377	0.3377
40	0.238	4.642	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.3748	0.3748
41	0.238	4.881	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.4169	0.4169
42	0.000	5.000	0.44	0.06	1.90	1.00	0.02	0.4400	0.4400

Начало теплого периода 21.05

Его продолжительность 90

Начало вегетации 21.05 Ее продолжительность 90

Биологический коэффициент для всех декад и лет

0001	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0002	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0003	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0004	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0005	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910

0006	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0007	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0008	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0009	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0010	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0011	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0012	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0013	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0014	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0015	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0016	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0017	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0018	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0019	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0020	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0021	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0022	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0023	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0024	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0025	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0026	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0027	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0028	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0029	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0030	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0031	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0032	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0033	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0034	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0035	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0036	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0037	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0038	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0039	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0040	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0041	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910
0042	0.770	0.870	0.930	0.980	1.010	1.020	1.010	0.970	0.910

Оптимальная влажность, доли ППВ= 0.730

Корнеобитаемая зона, м= 0.600

Коэффициент чувствительности растений к влажности по В.В.Шабанову, Gamma= 6.200

Коэффициент редукции осадков, Kosad= 1.000

Коэффициент редукции температуры воздуха, Ktemp= 1.000

Dek Alfa Efis

01 0.055 0.480

02 0.097 0.358

03 0.127 0.271

04 0.145 0.208

05 0.151 0.163

06 0.145 0.131

07 0.127 0.108

08 0.097 0.092

09 0.055 0.080

Сумма альфа=1.000

Lveg= -1 tk= 90 Ngod= 42 Npovt= 2

Ld=-1 Lp= 1 Lg= 1

Hg0, м= 5 Lr, м= 5

L1= 0 Уровень грунтовых вод постоянный

L2=-1 Расчет режима поливов

Lrol= 1 Дождевание Поливная норма, мм= 40

Lprogn=-1 Без прогноза осадков

Влажность завядания=1.35WmA=1.350

Плоскость влагообмена, м=0.700

Потенциальное среднемноголетнее весеннее увлажнение, мм=50

Год и его номер 1960 ; 1

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
014	006	042	000	000	500	000	-036	000	-0.012	0.036	0.208	0.308	
014	000	000	039	000	500	000	039	000	0.532	0.424	0.212	0.312	
029	034	072	000	000	500	000	-038	000	0.018	0.043	0.315	0.415	
029	000	000	038	000	500	000	038	000	0.399	0.339	0.319	0.419	
040	002	043	000	000	500	000	-042	000	0.028	0.045	0.374	0.474	
040	000	000	039	000	500	000	038	000	0.367	0.316	0.377	0.477	
054	033	072	000	-001	500	000	-039	000	0.035	0.050	0.435	0.535	
054	007	001	039	000	500	000	045	000	0.390	0.340	0.437	0.537	
061	000	050	000	000	500	000	-050	000	0.048	0.042	0.457	0.557	
061	000	000	039	000	500	000	039	000	0.321	0.269	0.458	0.558	
071	011	057	000	000	500	000	-046	000	0.047	0.024	0.481	0.581	
071	000	000	038	000	500	000	038	000	0.314	0.247	0.482	0.582	
090	076	057	000	000	500	000	019	000	0.361	0.329	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 168 395 232 -001 501 000 005 000 501 50 0.834

Год и его номер 1961 ; 2

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
017	002	068	000	-004	500	000	-067	000	-0.006	0.053	0.234	0.334	
017	000	000	038	000	500	000	038	000	0.528	0.434	0.238	0.338	
030	012	060	000	-002	500	000	-048	000	0.021	0.050	0.318	0.418	
030	000	000	039	000	500	000	039	000	0.409	0.352	0.322	0.422	
044	015	059	000	-001	500	000	-045	000	0.026	0.046	0.393	0.493	
044	040	001	038	000	500	000	077	000	0.674	0.565	0.396	0.496	
074	040	119	000	-003	500	000	-080	000	0.047	0.050	0.487	0.587	
074	010	000	038	000	500	000	048	000	0.382	0.329	0.488	0.588	
090	016	057	000	000	500	000	-041	000	0.130	0.093	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 134 367 154 -010 500 000 -079 000 500 50 0.884

Год и его номер 1962 ; 3

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
034	069	107	000	000	500	000	-056	018	0.016	0.037	0.344	0.444	
034	055	001	039	000	500	000	093	000	0.880	0.714	0.347	0.447	
083	083	156	000	-015	500	000	-074	000	0.052	0.069	0.497	0.597	
083	000	000	039	000	500	000	039	000	0.327	0.298	0.497	0.597	
090	014	023	000	000	500	000	-009	000	0.232	0.230	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 221 288 078 -014 502 000 -007 018 502 50 0.823

Год и его номер 1963 ; 4

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
068	230	244	000	-060	500	000	-014	000	0.050	0.082	0.475	0.575	
068	000	001	040	000	500	000	039	000	0.326	0.312	0.476	0.576	
080	009	060	000	003	500	000	-051	000	0.046	0.057	0.495	0.595	
080	000	000	039	000	500	000	039	000	0.318	0.283	0.495	0.595	
090	027	028	000	002	500	000	000	000	0.262	0.262	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 266 333 079 -055 502 000 012 000 502 50 0.682

Год и его номер 1964 ; 5

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
027	039	091	000	-016	500	000	-053	000	0.006	0.057	0.299	0.399	
027	000	000	040	000	500	000	039	000	0.428	0.386	0.303	0.403	
038	007	058	000	001	500	000	-051	000	0.029	0.060	0.363	0.463	
038	000	000	039	000	500	000	038	000	0.365	0.329	0.366	0.466	

052	014	062	000	002	500	000	-049	000	0.035	0.050	0.425	0.525
052	000	000	038	000	500	000	038	000	0.331	0.291	0.427	0.527
059	002	043	000	001	500	000	-041	000	0.045	0.053	0.450	0.550
059	000	000	038	000	500	000	038	000	0.310	0.274	0.452	0.552
068	003	049	000	001	500	000	-045	000	0.047	0.024	0.475	0.575
068	000	000	039	000	500	000	038	000	0.316	0.248	0.476	0.576
090	031	073	000	002	500	000	-042	000	0.076	0.048	0.500	0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 096 379 193 -009 501 000 -090 000 501 50 0.863

Год и его номер 1965 ; 6

Сут Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
090	429	293	000	-063	500	000	102	034	0.401	0.416	0.500	0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 429 293 000 -063 501 000 102 034 501 50 0.649

Год и его номер 1966 ; 7

Сут Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
040	066	159	000	-026	500	000	-093	000	0.022	0.056	0.376	0.476
040	000	000	038	000	500	000	038	000	0.356	0.323	0.378	0.478
060	032	080	000	003	500	000	-048	000	0.045	0.068	0.454	0.554
060	000	000	040	000	500	000	039	000	0.321	0.298	0.456	0.556
090	097	129	000	002	500	000	-032	000	0.116	0.122	0.500	0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 195 369 078 -021 502 000 -096 000 502 50 0.815

Год и его номер 1967 ; 8

Сут Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
033	062	107	000	-006	500	000	-045	000	0.018	0.050	0.335	0.435
033	000	000	039	000	500	000	039	000	0.410	0.355	0.339	0.439
043	009	055	000	001	500	000	-047	000	0.019	0.045	0.391	0.491
044	000	000	039	000	500	000	038	000	0.357	0.315	0.393	0.493
053	000	044	000	001	500	000	-044	000	0.041	0.050	0.429	0.529
053	000	000	039	000	500	000	039	000	0.347	0.300	0.431	0.531
084	093	135	000	002	500	002	-044	000	0.052	0.062	0.498	0.598
084	004	000	039	000	500	000	043	000	0.352	0.312	0.498	0.598
090	000	032	000	000	500	001	-033	000	0.148	0.123	0.500	0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 168 375 157 -002 500 003 -053 000 500 50 0.900

Год и его номер 1968 ; 9

Сут Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
024	047	080	000	-008	500	003	-036	000	0.009	0.056	0.280	0.380
024	000	000	039	000	500	000	039	000	0.463	0.396	0.283	0.383
033	006	051	000	000	500	001	-046	000	0.016	0.053	0.339	0.439
033	000	001	039	000	500	000	038	000	0.401	0.352	0.342	0.442
044	010	055	000	000	500	002	-047	000	0.028	0.054	0.391	0.491
044	000	000	040	000	500	000	039	000	0.375	0.332	0.394	0.494
090	186	153	000	-030	500	008	024	000	0.268	0.281	0.500	0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 248 339 118 -039 503 014 013 000 503 50 0.738

Год и его номер 1969 ; 10

Сут Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
050	109	173	000	-027	500	009	-073	000	0.037	0.065	0.421	0.521
050	000	000	039	000	500	000	039	000	0.340	0.313	0.423	0.523
071	027	075	000	003	500	004	-052	000	0.051	0.064	0.481	0.581
071	000	000	039	000	500	000	039	000	0.324	0.291	0.483	0.583

090 051 059 000 001 500 004 -011 000 0.215 0.223 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай

090 187 307 078 -023 502 017 -058 000 502 50 0.814

Год и его номер 1970 ; 11

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He

051 116 176 000 -017 500 010 -071 000 0.042 0.066 0.424 0.524

051 000 001 039 000 500 000 039 000 0.345 0.314 0.427 0.527

072 043 095 000 003 500 005 -056 000 0.046 0.046 0.482 0.582

072 000 000 038 000 500 000 038 000 0.312 0.268 0.483 0.583

090 015 060 000 002 500 004 -049 000 0.050 0.026 0.500 0.600

090 000 000 039 000 500 000 038 000 0.321 0.252 0.500 0.600

090 000 000 000 000 500 000 000 000 0.313 0.246 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай

090 174 332 116 -012 500 020 -062 000 500 50 0.841

Год и его номер 1971 ; 12

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He

090 237 313 000 -009 500 023 -094 -005 0.081 0.065 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай

090 237 313 000 -009 501 023 -094 -005 501 50 0.894

Год и его номер 1972 ; 13

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He

023 042 072 000 -003 500 006 -036 000 0.008 0.052 0.273 0.373

023 000 000 040 000 500 000 039 000 0.468 0.397 0.277 0.377

033 007 050 000 000 500 003 -046 000 0.020 0.054 0.339 0.439

033 000 001 039 000 500 000 039 000 0.412 0.358 0.342 0.442

054 066 114 000 000 500 005 -053 000 0.039 0.057 0.433 0.533

054 000 001 038 000 500 000 037 000 0.332 0.297 0.435 0.535

060 001 043 000 000 500 002 -044 000 0.048 0.053 0.455 0.555

060 000 001 039 000 500 000 039 000 0.321 0.280 0.457 0.557

068 002 048 000 000 500 002 -048 000 0.050 0.027 0.476 0.576

068 000 000 038 000 500 000 038 000 0.318 0.250 0.477 0.577

075 001 045 000 000 500 001 -045 000 0.046 0.023 0.488 0.588

075 000 001 038 000 500 000 038 000 0.312 0.245 0.489 0.589

081 000 043 000 001 500 001 -044 000 0.048 0.025 0.495 0.595

081 000 001 040 000 500 000 039 000 0.322 0.254 0.496 0.596

088 005 050 000 005 500 002 -046 000 0.050 0.026 0.500 0.600

088 000 000 038 000 500 000 038 000 0.314 0.247 0.500 0.600

090 000 021 000 002 500 001 -021 000 0.171 0.127 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай

090 124 489 311 007 502 021 -076 000 502 50 0.863

Год и его номер 1973 ; 14

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He

016 023 058 000 000 500 003 -054 016 -0.008 0.040 0.227 0.327

016 000 001 039 000 500 000 038 000 0.531 0.424 0.231 0.331

027 003 045 000 000 500 002 -046 001 0.001 0.036 0.300 0.400

027 000 000 039 000 500 000 039 000 0.410 0.357 0.303 0.403

037 001 045 000 000 500 002 -047 001 0.018 0.043 0.356 0.456

037 000 001 039 000 500 000 039 000 0.361 0.317 0.359 0.459

051 027 073 000 000 500 003 -051 001 0.037 0.026 0.424 0.524

051 000 000 039 000 500 000 039 000 0.342 0.275 0.426 0.526

061 010 051 000 000 500 002 -043 001 0.050 0.026 0.458 0.558

061 000 000 038 000 500 000 038 000 0.319 0.250 0.460 0.560

090 210 097 000 -031 500 005 108 000 0.500 0.516 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай

090 274 372 195 -031 501 018 060 020 501 50 0.744

Год и его номер 1974 ; 15

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He

090 247 330 000 -063 500 015 -097 000 0.077 0.090 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай

090 247 330 000 -063 501 015 -097 000 501 50 0.828

Год и его номер 1975 ; 16

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He

041 127 152 000 -018 500 007 -032 000 0.025 0.064 0.378 0.478

041 000 000 039 000 500 000 039 000 0.369 0.339 0.381 0.481

056 020 068 000 002 500 003 -051 000 0.040 0.065 0.440 0.540

056 000 001 040 000 500 000 039 000 0.346 0.315 0.442 0.542

090 082 119 000 004 500 009 -046 000 0.174 0.130 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай

090 229 340 079 -012 502 019 -051 000 502 50 0.830

Год и его номер 1976 ; 17

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He

053 153 168 000 -016 500 015 -053 024 0.035 0.066 0.432 0.532

053 000 000 039 000 500 000 038 000 0.337 0.313 0.434 0.534

090 057 109 000 004 500 010 -063 000 0.071 0.060 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай

090 210 278 039 -012 502 025 -078 024 502 50 0.788

Год и его номер 1977 ; 18

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He

015 013 047 000 001 500 004 -038 000 -0.005 0.044 0.216 0.316

015 000 000 038 000 500 000 038 000 0.531 0.427 0.221 0.321

026 004 045 000 000 500 003 -045 000 0.010 0.045 0.297 0.397

026 000 000 040 000 500 000 039 000 0.424 0.370 0.301 0.401

050 040 088 000 000 500 006 -054 000 0.037 0.059 0.420 0.520

050 002 000 038 000 500 000 040 000 0.351 0.316 0.422 0.522

090 122 095 000 -023 500 010 017 000 0.267 0.279 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай

090 181 275 116 -023 503 023 -001 000 503 50 0.770

Год и его номер 1978 ; 19

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He

090 273 276 000 -044 500 019 -023 000 0.288 0.296 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай

090 273 276 000 -044 502 019 -023 000 502 50 0.642

Год и его номер 1979 ; 20

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He

060 138 220 000 -011 500 011 -094 000 0.051 0.078 0.453 0.553

060 000 000 040 000 500 000 039 000 0.328 0.309 0.455 0.555

073 000 047 000 002 500 003 -050 000 0.045 0.059 0.486 0.586

073 000 000 038 000 500 000 038 000 0.313 0.282 0.487 0.587

090 039 058 000 002 500 004 -023 000 0.214 0.171 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай

090 176 326 078 -008 501 018 -090 000 501 50 0.890

Год и его номер 1980 ; 21

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He

031 089 142 000 -004 500 007 -061 000 0.017 0.056 0.325 0.425

031	000	000	040	000	500	000	039	000	0.413	0.364	0.328	0.428
049	000	047	000	000	500	005	-051	000	0.042	0.069	0.415	0.515
049	000	000	039	000	500	000	039	000	0.344	0.315	0.418	0.518
090	101	118	000	003	500	011	-028	000	0.240	0.227	0.500	0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай
090 190 307 078 -001 502 023 -062 000 502 50 0.876

Год и его номер 1981 ; 22

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГГВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
025	013	069	000	-008	500	007	-063	000	0.006	0.051	0.289	0.389	
025	000	000	039	000	500	000	039	000	0.462	0.393	0.293	0.393	
038	000	046	000	000	500	003	-050	000	0.025	0.058	0.363	0.463	
038	000	000	038	000	500	000	038	000	0.358	0.324	0.366	0.466	
064	046	098	000	002	500	007	-059	000	0.047	0.051	0.466	0.566	
064	001	000	039	000	500	000	040	000	0.329	0.286	0.468	0.568	
090	028	060	000	001	500	006	-038	000	0.147	0.108	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай
090 088 274 116 -005 501 023 -093 000 501 50 0.826

Год и его номер 1982 ; 23

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГГВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
056	134	165	000	002	500	012	-072	029	0.037	0.049	0.442	0.542	
056	000	000	039	000	500	000	039	000	0.342	0.299	0.444	0.544	
090	061	091	000	001	500	007	-036	000	0.161	0.119	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай
090 195 256 039 003 502 019 -069 029 502 50 0.894

Год и его номер 1983 ; 24

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГГВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
045	092	132	000	001	500	008	-072	024	0.027	0.036	0.396	0.496	
045	000	000	038	000	500	000	038	000	0.360	0.302	0.398	0.498	
057	004	047	000	000	500	002	-045	000	0.040	0.019	0.445	0.545	
057	000	000	040	000	500	000	039	000	0.347	0.270	0.447	0.547	
067	000	041	000	000	500	002	-043	000	0.047	0.024	0.474	0.574	
067	000	000	039	000	500	000	039	000	0.322	0.253	0.475	0.575	
090	056	078	000	001	500	004	-026	000	0.178	0.133	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай
090 152 299 117 002 502 015 -070 024 502 50 0.844

Год и его номер 1984 ; 25

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГГВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
023	010	051	000	000	500	003	-063	019	0.008	0.042	0.273	0.373	
023	000	000	039	000	500	000	038	000	0.457	0.379	0.277	0.377	
037	000	039	000	000	500	002	-042	001	0.026	0.048	0.361	0.461	
037	000	000	040	000	500	000	039	000	0.371	0.324	0.364	0.464	
069	062	105	000	001	500	004	-047	000	0.051	0.052	0.477	0.577	
069	000	000	039	000	500	000	039	000	0.324	0.279	0.478	0.578	
090	020	054	000	001	500	003	-037	000	0.120	0.085	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай
090 092 250 117 002 501 012 -073 020 501 50 0.882

Год и его номер 1985 ; 26

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГГВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
022	000	038	000	000	500	003	-055	014	0.008	0.041	0.266	0.366	
022	000	000	039	000	500	000	038	000	0.457	0.378	0.270	0.370	
045	023	066	000	000	500	003	-045	000	0.028	0.036	0.400	0.500	
046	000	000	038	000	500	000	038	000	0.329	0.285	0.402	0.502	
090	139	141	000	-004	500	005	-007	000	0.167	0.175	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 163 246 077 -003 501 010 -030 014 501 50 0.814

Год и его номер 1986 ; 27

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
027	033	079	000	-011	500	003	-049	000	0.008	0.048	0.300	0.400	
027	000	000	039	000	500	000	039	000	0.422	0.372	0.304	0.404	
071	105	141	000	-013	500	004	-040	000	0.047	0.071	0.481	0.581	
071	001	000	039	000	500	000	039	000	0.324	0.303	0.482	0.582	
090	041	042	000	002	500	002	-002	000	0.291	0.289	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 180 263 078 -022 502 008 -013 000 502 50 0.789

Год и его номер 1987 ; 28

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
033	012	075	000	-017	500	003	-066	000	0.018	0.057	0.338	0.438	
033	000	000	039	000	500	000	039	000	0.412	0.363	0.341	0.441	
090	299	151	000	-102	500	004	144	000	0.485	0.501	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 311 226 039 -120 501 007 117 000 501 50 0.727

Год и его номер 1988 ; 29

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
042	021	133	000	-026	500	003	-115	000	0.024	0.058	0.385	0.485	
042	000	000	038	000	500	000	038	000	0.360	0.327	0.388	0.488	
090	247	137	000	-043	500	004	106	000	0.558	0.574	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 267 270 038 -069 502 007 028 000 502 50 0.695

Год и его номер 1989 ; 30

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
090	315	283	000	-117	500	055	-024	000	0.411	0.423	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 315 283 000 -117 502 055 -024 000 502 50 0.596

Год и его номер 1990 ; 31

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
032	006	093	000	-025	500	037	-123	000	0.020	0.065	0.329	0.429	
032	000	000	039	000	500	000	038	000	0.407	0.366	0.333	0.433	
090	320	137	000	-130	500	057	126	000	0.530	0.548	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 326 230 039 -154 502 094 041 000 502 50 0.478

Год и его номер 1991 ; 32

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
090	271	290	000	-114	500	155	-174	000	0.166	0.182	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 271 290 000 -114 501 155 -174 000 501 50 0.483

Год и его номер 1992 ; 33

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
015	000	051	000	-002	500	029	-081	000	-0.005	0.055	0.219	0.319	
015	000	000	039	000	500	000	039	000	0.542	0.445	0.223	0.323	
027	000	045	000	000	500	019	-064	000	0.005	0.051	0.299	0.399	
027	000	000	039	000	500	000	039	000	0.419	0.374	0.303	0.403	
040	008	058	000	001	500	020	-070	000	0.022	0.051	0.376	0.476	

041	000	000	039	000	500	000	039	000	0.364	0.324	0.379	0.479
052	018	064	000	001	500	015	-061	000	0.041	0.050	0.427	0.527
052	000	000	039	000	500	000	039	000	0.345	0.298	0.429	0.529
068	037	085	000	002	500	018	-066	000	0.052	0.031	0.476	0.576
069	000	000	039	000	500	000	039	000	0.324	0.258	0.477	0.577
090	047	079	000	002	500	020	-051	000	0.151	0.111	0.500	0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай
090 110 385 196 005 502 121 -200 000 502 50 0.897

Год и его номер 1993 ; 34

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He
041 064 105 000 002 500 029 -103 034 0.029 0.027 0.377 0.477
041 000 000 039 000 500 000 038 000 0.368 0.297 0.380 0.480
090 217 148 000 001 500 026 043 001 0.460 0.472 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай
090 281 253 039 004 500 054 -022 035 500 50 0.780

Год и его номер 1994 ; 35

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He
042 068 135 000 -058 500 017 -084 000 0.021 0.061 0.384 0.484
042 000 001 040 000 500 000 039 000 0.365 0.336 0.387 0.487
057 027 082 000 003 500 005 -059 000 0.039 0.050 0.444 0.544
057 000 000 038 000 500 000 038 000 0.334 0.291 0.446 0.546
090 095 115 000 004 500 010 -030 000 0.200 0.178 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай
090 191 333 078 -051 501 032 -096 000 501 50 0.778

Год и его номер 1995 ; 36

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He
046 148 193 000 -016 500 013 -060 002 0.042 0.076 0.403 0.503
046 000 000 039 000 500 000 039 000 0.347 0.325 0.405 0.505
077 060 117 000 004 500 008 -065 000 0.048 0.048 0.491 0.591
077 000 000 039 000 500 000 039 000 0.323 0.277 0.491 0.591
090 004 047 000 001 500 004 -047 000 0.058 0.033 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай
090 211 358 079 -011 502 025 -095 002 502 50 0.818

Год и его номер 1996 ; 37

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He
066 156 194 000 003 500 018 -078 023 0.049 0.026 0.471 0.571
066 000 000 039 000 500 000 039 000 0.321 0.253 0.473 0.573
077 000 042 000 001 500 003 -045 000 0.051 0.027 0.492 0.592
078 000 000 038 000 500 000 038 000 0.319 0.251 0.492 0.592
087 003 045 000 003 500 002 -044 000 0.051 0.027 0.499 0.599
087 000 000 039 000 500 000 038 000 0.321 0.253 0.500 0.600
090 000 019 000 001 500 001 -019 000 0.187 0.141 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай
090 159 300 116 008 501 024 -071 023 501 50 0.829

Год и его номер 1997 ; 38

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He
045 164 154 000 -020 500 011 -032 032 0.029 0.065 0.398 0.498
045 000 000 039 000 500 000 038 000 0.348 0.329 0.401 0.501
069 048 104 000 002 500 005 -061 000 0.046 0.049 0.477 0.577
069 008 000 038 000 500 000 046 000 0.366 0.316 0.478 0.578
085 004 055 000 001 500 003 -054 000 0.052 0.028 0.499 0.599
085 000 000 039 000 500 000 039 000 0.327 0.257 0.499 0.599
090 000 028 000 000 500 001 -029 000 0.142 0.103 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 225 342 117 -017 502 021 -053 032 502 50 0.794

Год и его номер 1998 ; 39

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
032	100	146	000	001	500	006	-075	023	0.008	0.021	0.330	0.430	
032	000	001	039	000	500	000	038	000	0.394	0.320	0.333	0.433	
037	000	042	000	000	500	001	-043	000	0.022	0.010	0.361	0.461	
037	000	001	039	000	500	000	038	000	0.362	0.281	0.364	0.464	
044	000	042	000	000	500	001	-043	000	0.026	0.003	0.393	0.493	
044	000	001	039	000	500	000	039	000	0.367	0.275	0.396	0.496	
050	002	041	000	001	500	001	-040	000	0.036	0.013	0.420	0.520	
050	000	001	039	000	500	000	038	000	0.336	0.258	0.422	0.522	
055	000	041	000	001	500	001	-041	000	0.042	0.018	0.439	0.539	
055	000	001	039	000	500	000	038	000	0.342	0.264	0.441	0.541	
060	000	039	000	003	500	001	-040	000	0.046	0.023	0.454	0.554	
060	000	001	038	000	500	000	037	000	0.310	0.243	0.455	0.555	
066	013	058	000	006	500	001	-046	000	0.037	0.016	0.470	0.570	
066	000	001	038	000	500	000	038	000	0.303	0.238	0.472	0.572	
072	012	057	000	006	500	001	-045	000	0.036	0.015	0.483	0.583	
072	000	001	039	000	500	000	038	000	0.302	0.237	0.484	0.584	
075	000	041	000	004	500	001	-041	000	0.047	0.024	0.489	0.589	
075	000	001	039	000	500	000	038	000	0.315	0.247	0.489	0.589	
079	000	041	000	004	500	001	-042	000	0.052	0.028	0.493	0.593	
079	000	001	039	000	500	000	038	000	0.319	0.251	0.494	0.594	
083	000	042	000	004	500	001	-043	000	0.050	0.026	0.497	0.597	
083	000	001	039	000	500	000	038	000	0.318	0.250	0.498	0.598	
089	000	042	000	004	500	001	-043	000	0.047	0.024	0.500	0.600	
089	000	001	039	000	500	000	038	000	0.314	0.247	0.500	0.600	
090	000	009	000	001	500	000	-009	000	0.244	0.188	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 128 648 465 034 501 017 -094 023 501 50 0.765

Год и его номер 1999 ; 40

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
016	011	066	000	-001	500	003	-034	-023	-0.009	0.049	0.223	0.323	
016	000	000	040	000	500	000	039	000	0.546	0.445	0.228	0.328	
033	017	066	000	-003	500	003	-053	000	0.021	0.043	0.337	0.437	
033	000	000	038	000	500	000	038	000	0.403	0.341	0.340	0.440	
044	015	056	000	-001	500	002	-042	000	0.025	0.047	0.392	0.492	
044	000	001	039	000	500	000	039	000	0.368	0.321	0.395	0.495	
052	004	049	000	000	500	001	-046	000	0.041	0.041	0.429	0.529	
053	004	001	039	000	500	000	043	000	0.375	0.313	0.431	0.531	
068	064	116	000	000	500	002	-053	000	0.049	0.026	0.474	0.574	
068	000	001	038	000	500	000	038	000	0.316	0.248	0.476	0.576	
076	006	049	000	000	500	001	-044	000	0.050	0.026	0.490	0.590	
076	000	000	039	000	500	000	039	000	0.322	0.253	0.491	0.591	
090	067	062	000	004	500	002	003	000	0.345	0.272	0.500	0.600	

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГТВ,см ОтГВ Запас Баланс ГТВвег Весув Урожай
090 188 466 234 -002 501 013 -035 -023 501 50 0.858

Год и его номер 2000 ; 41

Сут	Осадки	Испар	Полив	КапП	ГТВ,см	ОтГВ	Запас	Баланс	TetHw	TetHe	VlzapHe	Hw	He
046	168	209	000	-031	500	006	-045	-002	0.037	0.071	0.402	0.502	
046	000	001	040	000	500	000	039	000	0.345	0.322	0.405	0.505	
059	012	061	000	001	500	002	-051	000	0.049	0.065	0.452	0.552	
059	023	001	038	000	500	000	061	000	0.466	0.412	0.454	0.554	
072	025	085	000	000	500	002	-061	000	0.044	0.065	0.484	0.584	
073	000	001	038	000	500	000	038	000	0.311	0.287	0.485	0.585	
081	011	057	000	001	500	001	-048	000	0.050	0.037	0.496	0.596	

081 000 000 039 000 500 000 039 000 0.326 0.267 0.496 0.596
 090 000 026 000 000 500 001 -027 000 0.150 0.110 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай
 090 239 439 156 -029 502 011 -054 -002 502 50 0.773

Год и его номер 2001 ; 42

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс TetHw TetHe VlzapHe Hw He
 019 040 057 000 -001 500 002 -041 022 -0.008 0.046 0.246 0.346
 019 000 000 040 000 500 000 039 000 0.546 0.442 0.250 0.350
 032 014 062 000 -001 500 001 -049 000 0.016 0.047 0.334 0.434
 033 003 001 038 000 500 000 040 000 0.422 0.362 0.337 0.437
 043 004 051 000 000 500 001 -048 000 0.027 0.046 0.387 0.487
 043 000 000 038 000 500 000 038 000 0.362 0.313 0.390 0.490
 055 012 059 000 000 500 001 -048 000 0.039 0.033 0.437 0.537
 055 000 000 039 000 500 000 038 000 0.340 0.279 0.439 0.539
 089 077 122 000 001 500 003 -049 000 0.048 0.025 0.500 0.600
 089 000 000 039 000 500 000 039 000 0.322 0.254 0.500 0.600
 090 000 008 000 000 500 000 -008 000 0.254 0.197 0.500 0.600

Конец года (мм)

Сут Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай
 090 151 361 194 000 503 009 -047 022 503 50 0.882

Год Осадки Испар Полив КапП ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай

01 168 395 232 -001 501 000 005 000 501 050 0.834
 02 134 367 154 -010 500 000 -079 000 500 050 0.884
 03 221 288 078 -014 502 000 -007 018 502 050 0.823
 04 266 333 079 -055 502 000 012 000 502 050 0.682
 05 096 379 193 -009 501 000 -090 000 501 050 0.863
 06 429 293 000 -063 501 000 102 034 501 050 0.649
 07 195 369 078 -021 502 000 -096 000 502 050 0.815
 08 168 375 157 -002 500 003 -053 000 500 050 0.900
 09 248 339 118 -039 503 014 013 000 503 050 0.738
 10 187 307 078 -023 502 017 -058 000 502 050 0.814
 11 174 332 116 -012 500 020 -062 000 500 050 0.841
 12 237 313 000 -009 501 023 -094 -005 501 050 0.894
 13 124 489 311 007 502 021 -076 000 502 050 0.863
 14 274 372 195 -031 501 018 060 020 501 050 0.744
 15 247 330 000 -063 501 015 -097 000 501 050 0.828
 16 229 340 079 -012 502 019 -051 000 502 050 0.830
 17 210 278 039 -012 502 025 -078 024 502 050 0.788
 18 181 275 116 -023 503 023 -001 000 503 050 0.770
 19 273 276 000 -044 502 019 -023 000 502 050 0.642
 20 176 326 078 -008 501 018 -090 000 501 050 0.890
 21 190 307 078 -001 502 023 -062 000 502 050 0.876
 22 088 274 116 -005 501 023 -093 000 501 050 0.826
 23 195 256 039 003 502 019 -069 029 502 050 0.894
 24 152 299 117 002 502 015 -070 024 502 050 0.844
 25 092 250 117 002 501 012 -073 020 501 050 0.882
 26 163 246 077 -003 501 010 -030 014 501 050 0.814
 27 180 263 078 -022 502 008 -013 000 502 050 0.789
 28 311 226 039 -120 501 007 117 000 501 050 0.727
 29 267 270 038 -069 502 007 028 000 502 050 0.695
 30 315 283 000 -117 502 055 -024 000 502 050 0.596
 31 326 230 039 -154 502 094 041 000 502 050 0.478
 32 271 290 000 -114 501 155 -174 000 501 050 0.483
 33 110 385 196 005 502 121 -200 000 502 050 0.897
 34 281 253 039 004 500 054 -022 035 500 050 0.780
 35 191 333 078 -051 501 032 -096 000 501 050 0.778
 36 211 358 079 -011 502 025 -095 002 502 050 0.818
 37 159 300 116 008 501 024 -071 023 501 050 0.829
 38 225 342 117 -017 502 021 -053 032 502 050 0.794

39	128	648	465	034	501	017	-094	023	501	050	0.765
40	188	466	234	-002	501	013	-035	-023	501	050	0.858
41	239	439	156	-029	502	011	-054	-002	502	050	0.773
42	151	361	194	000	503	009	-047	022	503	050	0.882
43	168	400	196	-003	501	008	-036	-008	501	050	0.876
44	134	366	155	-007	500	007	-084	000	500	050	0.889
45	221	288	078	-013	502	006	-012	016	502	050	0.819
46	266	334	078	-055	502	006	005	000	502	050	0.674
47	096	380	192	-009	501	005	-098	000	501	050	0.861
48	429	293	000	-063	501	009	094	033	501	050	0.644
49	195	370	078	-020	502	015	-112	000	502	050	0.814
50	168	374	156	-002	500	029	-079	000	500	050	0.901
51	248	339	117	-039	503	030	-004	000	503	050	0.737
52	187	307	078	-023	502	023	-065	000	502	050	0.814
53	174	332	116	-012	500	023	-065	000	500	050	0.841
54	237	313	000	-009	501	025	-096	-005	501	050	0.894
55	124	489	311	007	502	022	-077	000	502	050	0.863
56	274	380	156	-031	500	018	059	-027	500	050	0.856
57	247	329	000	-056	501	015	-097	000	501	050	0.834
58	229	339	079	-012	502	019	-051	000	502	050	0.830
59	210	282	039	-019	502	026	-068	009	502	050	0.781
60	181	272	078	-006	502	024	-036	000	502	050	0.867
61	273	275	000	-034	502	021	-022	000	502	050	0.709
62	176	329	117	-017	502	017	-053	000	502	050	0.821
63	190	311	076	-008	501	018	-062	000	501	050	0.883
64	088	280	117	-008	501	020	-095	000	501	050	0.849
65	195	261	038	001	502	019	-064	018	502	050	0.907
66	152	314	116	-003	502	016	-063	000	502	050	0.894
67	092	254	115	000	501	013	-070	009	501	050	0.882
68	163	247	078	-016	501	011	-018	000	501	050	0.797
69	180	265	079	-026	502	009	-016	000	502	050	0.761
70	311	227	039	-124	501	008	115	000	501	050	0.708
71	267	271	039	-069	502	014	021	000	502	050	0.691
72	315	283	000	-117	502	077	-046	000	502	050	0.595
73	326	230	039	-154	502	098	037	000	502	050	0.478
74	271	290	000	-114	501	155	-175	000	501	050	0.483
75	110	385	196	005	502	121	-200	000	502	050	0.897
76	281	253	039	004	500	054	-022	035	500	050	0.780
77	191	333	078	-051	501	032	-096	000	501	050	0.778
78	211	358	079	-011	502	025	-095	002	502	050	0.818
79	159	300	116	008	501	024	-071	023	501	050	0.829
80	225	342	117	-017	502	021	-053	032	502	050	0.794
81	128	648	465	034	501	017	-094	023	501	050	0.766
82	188	466	234	-002	501	013	-035	-023	501	050	0.858
83	239	439	156	-029	502	011	-054	-002	502	050	0.773
84	151	361	194	000	503	009	-047	022	503	050	0.882

Сумма за последний повтор лет, мм

Год Осадки Испар Полив КапИ ГГВ,см ОтГВ Запас Баланс ГГВвег Весув Урожай
42 8665 13910 4431 -1120 0501 1132 -2100 0155 0501 2100 0.796

Среднее за последний повтор лет

42 206 331 106 -027 501 027 -050 004 501 050 0.796

Среднегодовой приток грунтовых вод и фильтр.потери,мм=0

Среднегодовое напорное питание,мм=0

Среднегодовой дренажный сток,мм=0

Суммарное весеннее увлажнение,мм=2100

Суммарный поверхностный сток,мм=0

Продуктивные среднедекадные влагозапасы в слое 1м,мм

Год 3_05 1_06 2_06 3_06 1_07 2_07 3_07 1_08 2_08

1960 0111 0088 0089 0081 0078 0064 0056 0068 0690

1961 0123 0093 0080 0083 0101 0093 0074 0073 0530

1962 0085 0077 0069 0105 0130 0128 0112 0083 0809

1963 0127 0109 0138 0158 0195 0167 0106 0087 0965

1964 0163 0143 0113 0096 0083 0079 0068 0067 0425
 1965 0084 0078 0117 0128 0131 0172 0189 0169 1436
 1966 0204 0168 0135 0098 0115 0086 0113 0107 0763
 1967 0132 0119 0098 0094 0081 0087 0095 0082 0606
 1968 0131 0116 0102 0092 0113 0153 0174 0146 1100
 1969 0181 0174 0148 0122 0092 0105 0077 0108 0903
 1970 0154 0130 0129 0124 0093 0094 0068 0075 0448
 1971 0144 0125 0111 0093 0103 0094 0084 0075 0525
 1972 0113 0097 0095 0094 0088 0071 0066 0051 0384
 1973 0123 0097 0084 0079 0075 0067 0098 0121 1336
 1974 0237 0189 0138 0121 0115 0117 0116 0101 0682
 1975 0134 0147 0147 0109 0110 0087 0078 0072 0625
 1976 0109 0132 0167 0141 0113 0092 0086 0074 0558
 1977 0104 0091 0084 0098 0075 0094 0122 0121 0838
 1978 0133 0141 0128 0109 0137 0175 0142 0134 0980
 1979 0155 0145 0111 0140 0134 0103 0089 0084 0939
 1980 0142 0135 0107 0100 0085 0079 0086 0091 0848
 1981 0144 0112 0100 0090 0084 0069 0073 0060 0524
 1982 0088 0085 0080 0095 0088 0075 0077 0073 0571
 1983 0111 0095 0090 0092 0077 0070 0064 0086 0617
 1984 0098 0074 0079 0068 0082 0092 0070 0076 0492
 1985 0096 0075 0082 0082 0073 0125 0131 0116 0898
 1986 0152 0121 0093 0101 0155 0144 0092 0098 0943
 1987 0168 0140 0108 0100 0113 0109 0151 0256 1787
 1988 0225 0170 0129 0102 0117 0125 0158 0182 1643
 1989 0250 0236 0189 0135 0111 0121 0178 0181 1317
 1990 0204 0160 0116 0125 0167 0218 0201 0234 1938
 1991 0248 0236 0230 0199 0175 0159 0113 0118 0885
 1992 0126 0110 0103 0085 0090 0083 0065 0070 0506
 1993 0084 0060 0048 0036 0063 0068 0082 0113 1054
 1994 0205 0178 0165 0117 0097 0085 0070 0104 0769
 1995 0141 0140 0137 0117 0096 0094 0067 0071 0494
 1996 0070 0050 0071 0060 0067 0054 0052 0050 0381
 1997 0059 0094 0160 0121 0099 0088 0072 0077 0533
 1998 0081 0074 0058 0051 0043 0043 0029 0023 0116
 1999 0087 0068 0057 0063 0053 0061 0044 0035 0390
 2000 0105 0108 0154 0127 0092 0080 0103 0070 0627
 2001 0112 0092 0089 0080 0069 0067 0084 0079 0447

Продуктивные среднедекадные влагозапасы в слое 0,5м,мм

Год 3_05 1_06 2_06 3_06 1_07 2_07 3_07 1_08 2_08
 1960 0066 0039 0040 0034 0033 0023 0022 0038 0436
 1961 0074 0041 0030 0035 0050 0041 0028 0031 0213
 1962 0049 0043 0031 0056 0065 0060 0048 0028 0354
 1963 0063 0045 0067 0073 0090 0068 0031 0025 0446
 1964 0082 0060 0040 0031 0025 0026 0021 0026 0126
 1965 0049 0045 0066 0059 0060 0082 0086 0073 0645
 1966 0094 0070 0051 0027 0048 0026 0053 0047 0280
 1967 0068 0050 0034 0035 0027 0037 0046 0033 0231
 1968 0074 0049 0040 0034 0053 0076 0081 0060 0459
 1969 0089 0077 0060 0046 0025 0043 0022 0052 0403
 1970 0079 0052 0056 0051 0029 0036 0018 0028 0098
 1971 0081 0052 0044 0032 0044 0036 0032 0027 0147
 1972 0063 0040 0040 0040 0036 0024 0025 0019 0192
 1973 0077 0043 0032 0031 0030 0026 0054 0065 0683
 1974 0112 0079 0050 0044 0045 0050 0050 0040 0203
 1975 0070 0069 0065 0035 0045 0029 0027 0024 0232
 1976 0063 0071 0079 0059 0041 0030 0032 0024 0167
 1977 0053 0037 0032 0044 0025 0044 0061 0058 0348
 1978 0065 0067 0055 0043 0068 0085 0060 0058 0406
 1979 0073 0064 0037 0066 0056 0035 0030 0030 0469
 1980 0070 0061 0038 0037 0027 0025 0036 0042 0420
 1981 0073 0043 0037 0031 0030 0019 0027 0018 0189
 1982 0049 0047 0036 0049 0037 0028 0033 0032 0243

1983 0063 0043 0039 0040 0029 0026 0024 0048 0318
1984 0060 0031 0036 0025 0039 0049 0029 0037 0183
1985 0054 0031 0037 0037 0030 0071 0067 0053 0396
1986 0079 0047 0029 0040 0080 0062 0026 0040 0449
1987 0085 0057 0036 0036 0050 0047 0079 0121 0778
1988 0099 0068 0044 0029 0048 0055 0078 0083 0779
1989 0115 0105 0078 0046 0036 0050 0090 0079 0575
1990 0094 0064 0036 0051 0082 0101 0090 0108 0866
1991 0111 0107 0103 0083 0076 0065 0036 0048 0336
1992 0055 0042 0037 0025 0033 0031 0019 0029 0202
1993 0049 0028 0018 0008 0033 0038 0052 0076 0621
1994 0103 0078 0071 0038 0030 0026 0018 0053 0366
1995 0078 0063 0062 0046 0033 0037 0017 0024 0141
1996 0031 0014 0033 0024 0032 0021 0021 0022 0184
1997 0037 0064 0091 0048 0037 0032 0024 0032 0194
1998 0043 0037 0024 0017 0013 0019 0015 0020 0156
1999 0064 0041 0029 0036 0027 0036 0026 0023 0306
2000 0078 0072 0089 0054 0031 0028 0048 0024 0278
2001 0069 0040 0037 0031 0023 0025 0043 0042 0174

Время счета варианта,минуты=4.5

Дата и время расчета 17.05.2015 18:11:31

Показатели	Шаги	Годы																						Сумма	
		строительства		освоения			эффективного использования																		
		1	2	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		18
		1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		24
Издержки с/х производства	—	—	6307 3	1261 47	189220	1892 20	1892 20	1892 20	1892 20	1892 20	18922 0	18922 0	18922 0	18922 0	18922 0	378440 0									
Мелиоративные	—	—	1200 0	2400 0	36000	3600 0	3600 0	3600 0	3600 0	3600 0	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	720000	
Природоохранные	—	—	5617	1123 5	16852	1685 2	1685 2	1685 2	1685 2	1685 2	16852	16852	16852	16852	16852	16852	16852	16852	16852	16852	16852	16852	16852	337040	
Налоги, выплачиваемые сельхозпредприятиями	—	—	1886 1	3772 1	56582	5658 2	5658 2	5658 2	5658 2	5658 2	56582	56582	56582	56582	56582	56582	56582	56582	56582	56582	56582	56582	56582	113164 0	
Налоги от выбывшего оборудования	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Всего	2100 00	21000 0	9955 1	1991 03	298654	2986 54	2986 54	2986 54	2986 54	2986 54	29865 4	29865 4	29865 4	29865 4	29865 4	639308 0									
Сальдо-чистый доход сельхозпредприятий	- 2100 00	- 21000 0	6199 6	1379 90	185986	1859 86	1859 86	1859 86	1859 86	1859 86	18598 6	18598 6	18598 6	18598 6	18598 6	331372 0									
Чистый доход сельхозпредприятий без мелиораций	—	—	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601	12621	
Прирост чистого дохода сельхозпредприятий	- 2100 00	- 21000 0	6139 5	1373 89	185385	1853 85	1853 85	1853 85	1853 85	1853 85	18538 5	18538 5	18538 5	18538 5	18538 5	330109 9									
То же, нарастающим итогом	- 2100 00	- 42000 0	- 3576 05	- 2202 16	-34831	2202 16	4056 01	5909 86	7763 71	9617 56	11471 41	13325 26	15179 11	17032 96	18886 81	20740 66	22594 51	24448 36	26302 21	28156 06	30009 91	31863 76	33717 61	337176 1	
Коэффициент дисконтирования	1	0,962 95	0,857 3	0,793 8	0,735	0,680 6	0,630 2	0,583 5	0,540 3	0,500 2	0,4632	0,4289	0,3971	0,3677	0,3405	0,3152	0,2919	0,2703	0,2502	0,2317	0,2145	0,1987	0,183	—	
Дисконтированный прирост чистого дохода	-210 000	-20221 9	5241 3	109 536	136 700	126 582	117 208	108 523	100 488	93 030	86 149	79 769	73 855	68 387	63 328	58 623	54 289	50 272	46 534	43 093	39 894	36 955	34 035	117596 2	
То же, нарастающим итогом	-210 000	-404 439	-352 026	-241 753	-105 054	21 528	138 737	247 260	347 748	440 778	526 927	606 696	680 551	748 938	812 266	870 889	925 179	975 451	1 021 984	1 065 077	1 104 971	1 141 927	1 175 962	115403 34	