

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Саратовский государственный аграрный университет  
им. Н.И. Вавилова»

На правах рукописи

**Панкова Татьяна Анатольевна**

**АДАПТИВНОЕ НОРМИРОВАНИЕ ОРОШЕНИЯ ЛЮЦЕРНЫ  
НА ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ СУХОСТЕПНОГО  
ЗАВОЛЖЬЯ**

Специальность 06.01.02 – Мелиорация, рекультивация  
и охрана земель

Диссертация на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

Научный руководитель кандидат  
технических наук,  
профессор С. В. Затицацкий

Саратов – 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА .....	9
1.1 Орошение земель сухостепного Заволжья и его последствия.....	9
1.2. Нормирование орошения люцерны .....	14
1.3 Факторы, определяющие биоклиматические коэффициенты сельскохозяйственных культур .....	29
1.4 Модели нормирования орошения сельскохозяйственных культур.....	33
Выводы:.....	38
Глава 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ И ПРОГРАММЫ АДАПТИВНОГО НОРМИРОВАНИЯ ОРОШЕНИЯ ЛЮЦЕРНЫ .....	39
2.1 Теория модели адаптивного нормирования орошения.....	39
2.2. Алгоритм и программа адаптивного нормирования орошения.....	46
Выводы:.....	55
Глава 3. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	56
3.1 Агроклиматические условия места проведения исследований .....	56
3.2. Гидрогеологические и почвенные условия района исследования .....	57
3.3 Метеорологические условия периода исследований .....	60
3.4. Методика проведения полевых исследований .....	64
3.5. Определение суммарного водопотребления.....	70
Выводы:.....	72
Глава 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО АДАПТИВНОМУ НОРМИРОВАНИЮ ОРОШЕНИЯ ЛЮЦЕРНЫ .....	73
4.1 Водный режим и динамика влагозапасов под посевами люцерны .....	73
4.2 Суммарное водопотребление люцерны.....	80
4.3 Биоклиматические кривые люцерны .....	84
4.4 Валидность биоклиматических кривых люцерны для условий сухостепного Заволжья.....	94
4.5 Урожайность и коэффициент водопотребления люцерны.....	97

4.6 Валидация и апробация программы адаптивного нормирования орошения люцерны.....	99
Выводы:.....	103
Глава 5. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ АДАПТИВНОГО НОРМИРОВАНИЯ ОРОШЕНИЯ «ПРНОСК».....	105
Выводы:.....	109
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	110
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	112
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	140

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Сухостепное Заволжье находится в зоне рискованного земледелия и выращивание сельскохозяйственных культур в этой зоне без орошения невозможно. Вместе с тем широкое развитие орошения в восьмидесятых годах прошлого века привело к резкому ухудшению экологической ситуации в регионе. По состоянию на 2014 г. общая площадь орошаемых земель Саратовской области составляет 257,3 тыс. га, из них 58,15 тыс. га неблагоприятны: 3,75 тыс. га имеют уровень грунтовых вод менее 3 м от поверхности; 14,9 тыс. га слабо, средне и сильнозасолены; 39,5 тыс. га почв средне и сильно солонцеватые. Наряду с этим продуктивность орошаемого гектара оставалась ниже потенциально возможной, не превышая 3,7 т/га к.е.

Причиной сложившегося неблагоприятного состояния поливных земель и низкой урожайности орошаемых культур является недостаточно совершенное нормирование орошения, при котором определение суммарного водопотребления проводится только с учетом биологических свойств культуры и метеоусловий. Использование такой модели по оценке влияния влагообеспеченности сельскохозяйственного поля на величину суммарного водопотребления направлено на получение максимальной урожайности и приводит к перерасходу воды. Адаптивное нормирование орошения основано на определении суммарного водопотребления с учетом складывающегося водного режима почвы, состояния деятельной поверхности, метеоусловий и биологических особенностей культуры в процессе онтогенеза и направлено на получение заданной урожайности.

Основной кормовой культурой возделываемой в условиях орошения сухостепного Заволжья является люцерна, которая обладает ценными биологическими и кормовыми достоинствами: азотофиксирующей способностью, позволяющей снизить химическую нагрузку на почву; высокой продуктивностью; сбалансированностью корма; ее можно использовать на сено, зеленую массу, сенаж, травяную муку. Выращивание люцерны помогает решить не только

кормовую проблему, но и проблему повышения плодородия почвы, защиту почв от ветровой и водной эрозии, поэтому наиболее важно совершенствовать нормирование орошения этой культуры.

На решение проблемы эффективного использования оросительной воды и повышения урожайности люцерны направлена настоящая диссертационная работа.

**Степень разработанности темы.** Нормирование орошения имеет несколько аспектов, главными из которых является разработка рациональных режимов орошения, моделирование водопотребления. Разработкой режимов орошения люцерны для условий сухостепного Заволжья занимались И. П. Кружилин [127, 145], В. И. Ольгаренко [164 – 166], М. С. Григоров [51 – 58], Н. А. Пронько [200] и др., В. В. Корсак и др. [156, 200], И. В. Ольгаренко [164 – 165, 171], Г. В. Ольгаренко [169], А. В. Кравчук [122, 125], Л. Н. Чумакова [225], Т. Н. Дронова [65], А. Г. Ларионов [133–134], В. Т. Морковин [156–157], Б. П. Барцев [18], Л. А. Косова [110–113], Б. И. Костин [114], И. С. Костин [115], А. Н. Шувалов [232], Е. В. Аржанухина [14], А. Н. Никишанов [136–137], А. Б. Овчинников [162] и др.

Авторами, внесшими решающий вклад в становление проблем моделирования, являются А. Н. Костяков [116], А. М. Алпатьев и С. М. Алпатьев [8–12], Я. А. Пачепский [185], А. И. Голованов [35–36, 240], В. В. Шабанов [226–227], D. N Moriasi и др. [243], M. Smith [247], Y. Mualem [244], J. R. Jensen [242], и другие исследователи.

**Цель исследований** – повышение эффективности использования оросительной воды на основе адаптации модели и программы адаптивного нормирования орошения люцерны для условий сухостепного Заволжья.

**Задачи исследований:**

1. Провести анализ расчетных методов определения суммарного водопотребления люцерны;

2. Экспериментально установить эмпирические коэффициенты модели суммарного водопотребления для различных периодов вегетации люцерны при ее возделывании на темно-каштановых почвах в сухостепном Заволжье.

3. Провести адаптацию модели для культуры люцерны, возделываемой в условиях сухостепного Заволжья, и на ее основе разработать программу адаптивного нормирования орошения культуры;

4. Определить энергетическую эффективность возделывания люцерны с применением программы адаптивного нормирования орошения «ПРНОСК».

#### **Научная новизна работы:**

– экспериментально определены эмпирические коэффициенты модели суммарного водопотребления для различных периодов вегетации люцерны при ее возделывании на темно-каштановых почвах в сухостепном Заволжье;

– адаптирована модель определения суммарного водопотребления для культуры люцерны с учетом водного режима почвы, метеоусловий, состояния деятельной поверхности и биологических особенностей культуры в процессе онтогенеза;

– разработана и апробирована программа адаптивного нормирования орошения люцерны для условий сухостепного Заволжья «ПРНОСК».

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Теоретическая значимость работы заключается в уточнении биоклиматических коэффициентов для культуры люцерны, установление зависимости поукосной урожайности культуры от суммарного водопотребления; адаптации модели суммарного водопотребления для люцерны и разработке на ее основе программы адаптивного нормирования. Практическая значимость работы заключается в том, что применение технологии возделывания люцерны с использованием данной программы приводит к повышению урожайности люцерны на 18,3 %, снижению затрат поливной воды на 10 % и на 18,7 % энергетических затрат на формирование 1 т. зеленой массы.

**Методология и методы исследований.** Методология базируется на известных представлениях о моделировании водопотребления

сельскохозяйственных культур. В работе использовались теоретические методы исследования – математическое моделирование и математическая статистика, экспериментальные методы – полевые и лабораторные опыты по изучению водно-физических свойств почвы, метеоусловий, урожайности люцерны, динамики влагозапасов темно-каштановых почв сухостепного Заволжья.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Экспериментально установленные эмпирические коэффициенты модели суммарного водопотребления для различных периодов вегетации люцерны при ее возделывании на темно-каштановых почвах в сухостепном Заволжье.

2. Результаты адаптации модели водопотребления для люцерны, учитывающей водный режим почвы, метеоусловия, состояние деятельной поверхности и биологические особенности культуры в процессе онтогенеза;

3. Программа адаптивного нормирования орошения люцерны для условий сухостепного Заволжья «ПРНОСК».

**Степень достоверности и апробация работы.** Достоверность научных результатов подтверждается большим объемом экспериментального материала, применением современных государственных стандартов при организации и проведении полевых опытов. Степень достоверности обеспечена статистическими методами оценки данных, с использованием ЭВМ, высокой степенью соответствия теоретических и экспериментальных исследований. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на международных научно–практических конференциях: «Вавиловские чтения – 2010», г. Саратов, 2010 г.; «Фундаментальные и прикладные науки сегодня», г. Москва, 2013 г.; «Research Journal of International Studies» г. Екатеринбург, 2014 г.; профессорско–преподавательского состава и аспирантов СГАУ, г. Саратов, 2013, 2015 гг.

Программа адаптивного нормирования орошения люцерны внедрена в СХА «Михайловское» на площади 650 га, ЗАО «Племзавод «Трудовой» на площади 1570 га, Приволжской оросительной системе Марковского района Саратовской области на площади 3180 га.

Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015661256 в ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности» от 22.10.15 г., г. Москва (заявка № 2015618158 от 08.09.2015 г.).

**Публикации.** Основное содержание диссертации опубликовано в 14 научных работах, в том числе 5 работ в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ. Общий объем с учетом долевого участия в коллективных публикациях составляет 4,25 п. л., из них лично принадлежат автору – 3,0 п. л.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и предложений производству. Работа изложена на 140 страницах основного текста, содержит 59 рисунков, 16 таблиц, а также 12 приложений. Список литературных источников включает 254 наименований, в том числе 18 на иностранных языках.



## Глава 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА

### 1.1 Орошение земель сухостепного Заволжья и его последствия

Сельскохозяйственное производство сухостепного Заволжья находится в зоне рискованного земледелия, в сложных природно-климатических условиях, где выращивание сельскохозяйственных культур невозможно без орошения.

С одной стороны, орошение обеспечивает потребности населения в сельскохозяйственной продукции с другой стороны, приводит к неудовлетворительному состоянию сельскохозяйственных земель и снижению плодородия почвы.

На территории Саратовского Заволжья широкое использование орошения в 1960 – 1990 годах прошлого столетия на значительных площадях привело к изменению водного, солевого, теплового режима почв, поднятию уровня грунтовых вод и увеличение их минерализации. С 95–х годов началось сокращение площади орошаемых земель.

По данным Министерства сельского хозяйства Саратовской области, на 1991 год в области площадь орошаемых земель составляла 455,1 тыс. га, в 1995 году площадь сократилась до 363,7 тыс. га, к 2000 г. осталось только 257,3 тыс.га орошаемых земель и по состоянию на 2014 год увеличение площади орошения не происходит (рис.1.1).

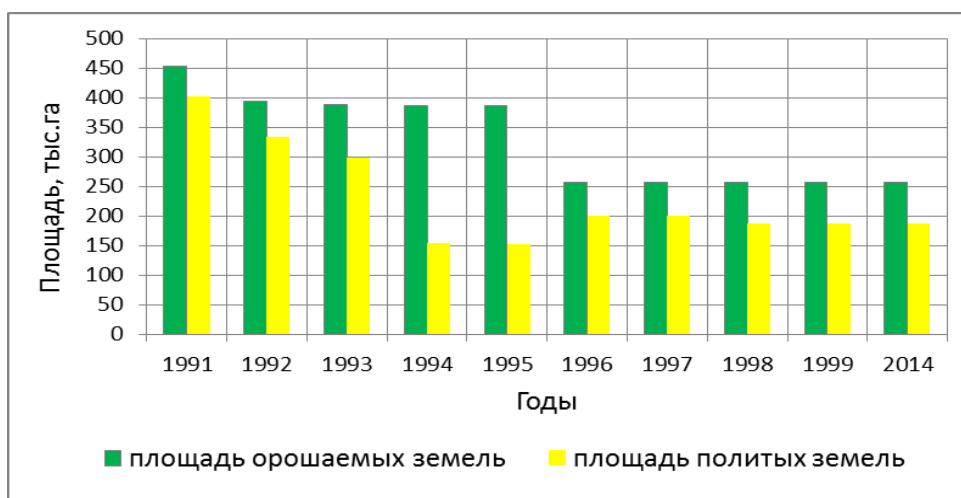


Рисунок 1.1 – Динамика изменения площади орошения в Саратовской области

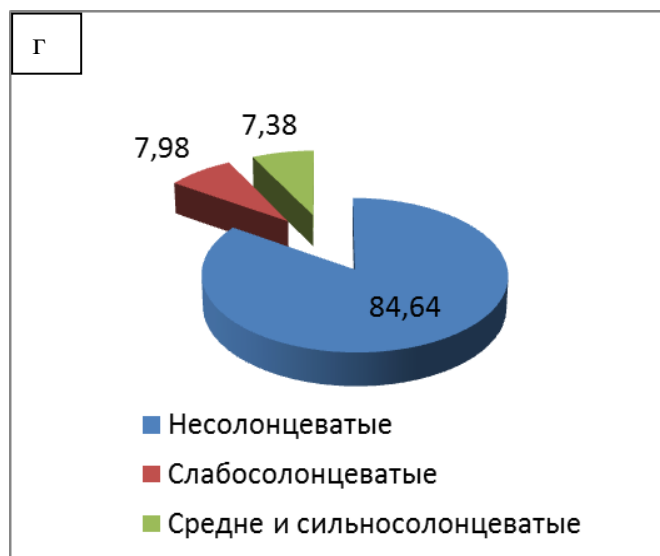
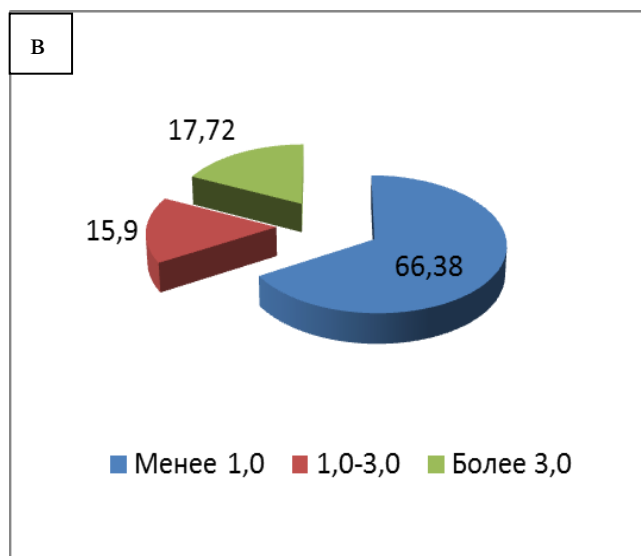
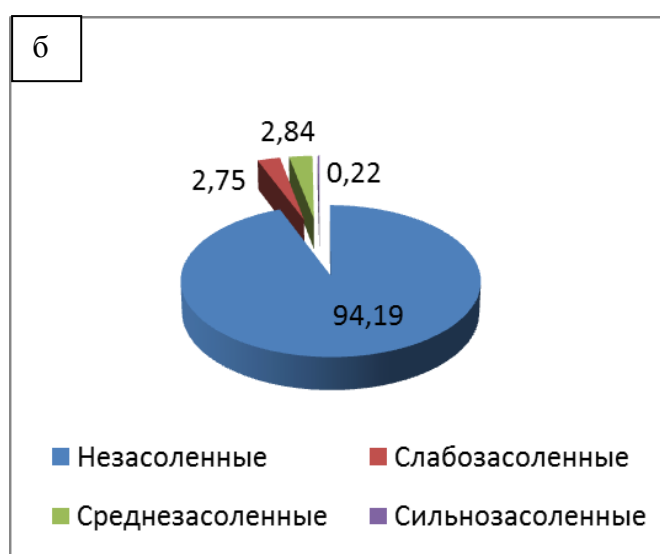
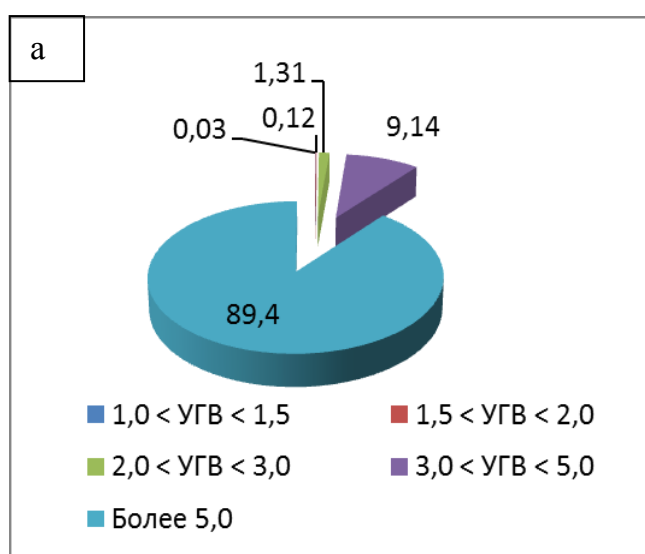
По данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [174], по состоянию на 2014 год доля неблагоприятных земель достигла следующих значений: грунтовые воды поднялись до отметок менее 3 м на 3,75 тыс.га, площадь засоленных земель увеличилась до 14,9 тыс.га., площадь земель различной степени солонцеватости достигла 39,5 тыс. га. Показатели мелиоративного состояния орошаемых земель Саратовской области приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Показатели мелиоративного состояния орошаемых земель Саратовской области, тыс.га

Показатели состояния орошаемых земель	Значения	%
Общая площадь орошаемых земель, тыс. га.	257,3	100
Площадь орошаемых с/х угодий, покрытая солевой съемкой	146,956	57,1
Распределение орошаемых сельхозугодий по глубине залегания УГВ (в метрах)		
1,0 < УГВ < 1,5	0,077	0,03
1,5 < УГВ < 2,0	0,305	0,12
2,0 < УГВ < 3,0	3,369	1,31
3,0 < УГВ < 5,0	23,526	9,14
Более 5,0	230,023	89,4
Распределение орошаемых с/х угодий по минерализации грунтовых вод (г/л)		
Менее 1,0	170,806	66,38
1,0–3,0	40,916	15,90
Более 3,0	45,578	17,72
Распределение орошаемых сельхозугодий по степени засоленности почв в слое 0–100см		
Незасоленные	242,354	94,19
Слабозасоленные	7,09	2,75
Среднезасоленные	7,301	2,84
Сильнозасоленные и очень сильно засоленные (солончаки)	0,555	0,22
Распределение орошаемых сельхозугодий по степени солонцеватости почв		
Несолонцеватые	217,788	84,64
Слабосолонцеватые	20,521	7,98
Средне и сильносолонцеватые	18,991	7,38
Оценка мелиоративного состояния орошаемых сельхозугодий по УГВ и засолению		
Хорошее	210,233	81,70
Удовлетворительное	24,484	9,52

Показатели состояния орошаемых земель	Значения	%
Неудовлетворительное (всего)	22,583	8,78
Неудовлетворительное (недопустимый УГВ)	0,607	0,24
Неудовлетворительное (засоление почв)	21,638	8,41
Неудовлетворительное (недопустимый УГВ и засоление почв)	0,338	0,13

Диаграммы состояния орошаемых земель Саратовской области представлены на рисунке 1.2.



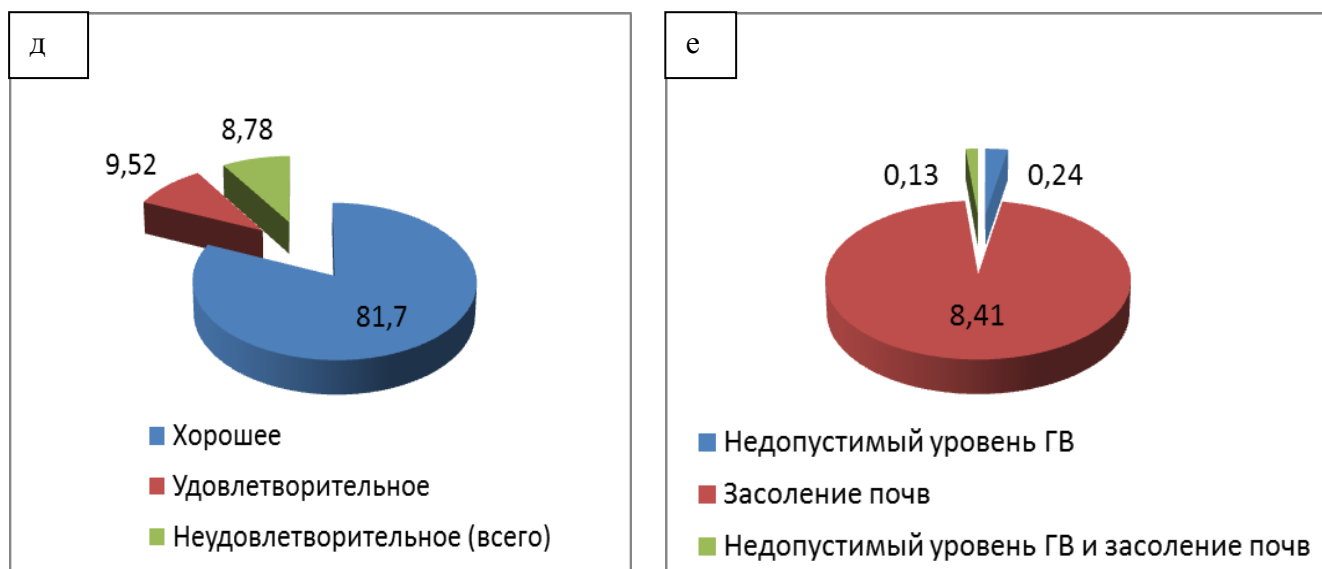


Рисунок 1.2 – Диаграммы состояния орошаемых земель Саратовской области: а – по глубине залегания УГВ; б – по степени засоленности почв; в – по минерализации грунтовых вод; г – по степени солонцеватости почв, д – общая оценка мелиоративного состояния орошаемых земель по УГВ и засолению; е – показатели неудовлетворительного состояния земель

Ухудшение мелиоративного состояния земель связано, с завышением норм полива, низкого качества управления орошением и неисправности оросительных сетей.

Как отмечает профессор Н. А. Пронько [193–199] и другие ученые, множество проблем поливного земледелия Саратовской области вытекают из ошибки, допущенной в самом начале широкой ирригации земель региона. Эта ошибка заключалась в том, что поливные земли предназначались для возделывания зерновых культур, однако, сложившиеся экономические условия выявили невыгодность производства зерна на орошении и, наоборот эффективность использования мелиорированных сельскохозяйственных угодий для создания стабильной кормовой базы животноводства.

Такая смена цели, как отмечает А. В. Кравчук и др. [119] привела, во-первых, к тому, что большинство оросительных систем функционировали не в

проектных режимах, а нагрузки на мелиоративные агроландшафты превышали допустимые.

С. М. Григоров [59], С. А. Леонтьев [135], Д. М. Кац [93], И. Н. Антипов-Каратаев [13] и др. считают, что погоня за увеличением количества поливов приводит к значительным поступлениям влаги в грунтовые воды. Стремясь дать воды меньше, чем требуют физиологические потребности растений, определяемые конкретными погодными условиями рассматриваемого периода времени, вызывает отклонение от их оптимальной обеспеченности, снижение урожая, а также ухудшение мелиоративного состояния.

Н. А. Пронько, В. В. Корсак и др. [196] отметили, что существование сельского хозяйства в степном Поволжье невозможно без орошения земель, что учтено руководством страны и ирригации начали уделять большое внимание.

В связи с этим становятся актуальными вопросы, связанные с проектированием строительства новых и реконструкцией действующих орошаемых участков, с их эффективной эксплуатацией [105].

Несмотря на все серьезные проблемы, вызванные неправильным подходом, альтернативы орошению в Саратовской области в деле интенсификации сельскохозяйственного производства нет.

Поэтому одной из главных проблем мелиоративного производства являются: приостановление дальнейшего снижения плодородия почв; обеспечение стабилизации и постепенного повышения сельскохозяйственного производства; улучшение качества и снижение себестоимости сельскохозяйственной продукции [1].

Для предотвращения негативных процессов и эффективности использования поливной воды необходимо рационально использовать водные ресурсы [160] и выращивать именно те культуры, которые расходуют большее количество воды из почв, понижая тем самым уровень грунтовых вод и содержание солей, предотвращая засоление орошаемых земель, к таким культурам относится люцерна [60].

Люцерна, оставляя в почве органическую массу богатую азотом, улучшает водно-физические свойства, увеличивает микробиологические процессы, способствующие накоплению питательных веществ необходимых для растений. По данным многих ученых [153, 219] определено, что чем выше урожай люцерны при орошении, тем больше выявляются ее положительные свойства. В орошаемом севообороте, где люцерна занимает ведущее место, характерна высокая продуктивность и сохранение положительного баланса гумуса [125].

Проведенными исследованиями профессором В. В. Корсаком и др. [105] было установлено, что поливные культуры, имевшие стабильный рост урожайности в 1970–1990 годы показали слабую зависимость урожайности от сумм осадков и среднесуточных температур за вегетационный период, а культуры, не имеющие стабильного роста урожайности показали существенные зависимости урожайности от агроклиматических факторов.

На современном этапе развития агротехники, в том числе связанного с внедрением в сельское хозяйство высоких технологий, актуальным становится вопрос программного обеспечения сельскохозяйственного оборудования.

Таким образом, направление исследований диссертационной работы направлено на адаптивное нормирование орошения и разработку программы адаптивного нормирования орошения люцерны с учетом формирования водного режима расчетного слоя почвы, метеоусловий внешней среды, состояния деятельной поверхности почвы и биологических особенностей культуры по периодам вегетации. Применение такой компьютерной программы будет способствовать повышению качества проектирования режимов орошения и увеличит оперативность данного процесса.

## **1.2. Нормирование орошения люцерны**

Большая роль в развитии мелиорации земель в нашей стране принадлежит многим ученым. Основоположником мелиоративной науки является академик А. Н. Костяков [116]. Еще А. Н. Костяков предполагал, что настанут проблемы

мелиорации, которые предполагают применение экологически сбалансированных технологий и рациональное воздействие людей на природные ресурсы.

Основные принципы научного обоснования режимов орошения сформулированы в работах И. П. Айдарова [5–6], А. М. Алпатьева [8–9], С. М. Алпатьева [10–11], М. С. Григорова [52–55, 57], Г. В. Ольгаренко [167–165], А. И. Голованова [37, 187, 240], В. В. Шабанова [226, 228], В. В. Колпакова и И. П. Сухарева [98], Г. А. Гарюгина [34], С. Ewersta [238], С. Belmansa [237] и др. [89, 161, 188, 211, 213].

Разработкой режимов орошения различных культур в условиях Саратовского Заволжья занимались: А. И. Кузник [130–131], Н. Г. Воронин [215], Б. И. Костин [114], И. С. Костин [115], А. Н. Шувалов [232], Р. В. Прокопец [191–192], Г. С. Донгузов [63], И. С. Завадский [69], Р. Р. Енгальчева [67], В. А. Нагорный [159], Г. Г. Решетов и С. С. Рябчикова [205], М. Н. Багров [16–17], Битюков [19] и др.

Режимом орошения люцерны в условиях сухостепного Заволжья занимались И. П. Кружилин [128–129], Хохлов А. И. [222], А. Г. Ларионов [133–134], Б. П. Барцев [18], Н. А. Пронько [197, 200, 232] и др., В. В. Корсак [104–105] и др., А. В. Кравчук [125], Л. Н. Чумакова [224–225], Т. Н. Дронова [65–66], В. Т. Морковин [157], Л. А. Косова [110–113], Е. В. Аржанухина [14], А. Н. Никишанов и С. А. Леонтьев [136–137], А. Б. Овчинников [162], Ю. И. Панченко [184], А. Ф. Иванов [85] и др.

Существует много методов нормирования орошения сельскохозяйственных культур, основание в которых положено определение ее суммарного водопотребления.

Расчетные методы определения режимов орошения культур, делятся на две группы: детерминированные (установление режимов орошения сельскохозяйственных культур на основе постановки специальных полевых опытов и расчетные (установление режимов орошения с использованием основных показателей жизненной среды растений) [91].

Из перечисленных методов, самыми достоверными являются методы, основанные на постановке полевых опытов, критерием в которых является урожайность культуры и технико-экономические показатели, данные методы получили широкое распространение при назначении режимов орошения, однако применение этих методов связано с большими затратами труда, средств и времени. Находят широкое применение расчетные методы назначения режимов орошения, которые основаны на расчетных коэффициентах связывающих расход воды культуры и природные региональные условия.

Детерминированные методы в свою очередь подразделяются на методы, базирующиеся на определении влагозапасов почвы и биологические методы.

Методы, базирующиеся на определении влагозапасов почвы, заключаются в измерении составляющих водного, теплового, радиационно-теплового балансов опытного участка или монолита почвы грунта и определении суммарного водопотребления. К этой группе методов относят метод водного баланса (МВБ), метод теплового баланса (МТБ), метод испарителей, метод лизиметров. Биологические методы или методы фитомониторинга основываются на диагностировании и контроле физиологического состояния растений.

Расчетные методы прогнозирования суммарного водопотребления подразделяют на физические – учитывающие только метеорологические показатели и биофизические – учитывающие еще и биологические особенности культур. Определять сроки вегетационных поливов культур можно различными расчетными методами, базирующимися на корреляционной зависимости испарения и метеорологических показателей.

Данные методы могут быть объединены в еще две группы: методы, основанные на использовании эмпирических коэффициентов, выявляющих связь суммарного водопотребления ( $E$ ) с метеорологическими факторами, и методы, использующие геофизические факторы – радиацию, число световых дней в вегетационный период и так далее.



К этой группе следует отнести методы А. Н. Костякова [116], А. М. и С. М. Алпатьевых [8–12], Д. А. Штойко [231], Н. Н. Иванова [86], В. С. Мезенцева [142–143], Г. К. Льгова [141] и др.

Ко второй группе можно отнести метод С. И. Харченко [220], А. Р. Константинова [101–102], М. И. Будыко [25–26], А. И. Будаговского [24], Х. Л. Пенмана [186], А. И. Михальцевича [151], и др.

Существует более 60 различных расчетных методов для определения суммарного водопотребления, достоинства и недостатки наиболее известных методов расчета водопотребления приведены в таблице 1.2.

Проведенный анализ методов определения водопотребления показывает, что каждый метод имеет свои достоинства и недостатки и пригоден в конкретных условиях среды, для которых получены эмпирические коэффициенты, необходимые для расчета величины водопотребления.

Таблица 1.2 – Достоинства и недостатки методов определения водопотребления культур

№	Метод	Достоинства	Недостатки
1	Водного баланса (МВБ) [144]	Учитывает осадки, используемые растением за вегетационный период, количество воды, из корнеобитаемого слоя почвы, оросительную норму; подпитывание корнеобитаемого слоя почвы грунтовыми водами; потери оросительной воды на поверхностный и глубинный сброс. МВБ можно вычислить месячное и декадное водопотребление растений. В условиях сухостепного Заволжья является наиболее применимым.	Позволяет получить осредненную величину водопотребления, имеет высокую точность только при глубоком залегании уровня грунтовых вод ( $H \geq 5-10$ м), не учитывает биологические особенности культуры, погрешность составляет для однородных почв $\pm 10-12\%$ , для неоднородных около $\pm 15\%$ .
2	Теплового	Учитывает радиационный	Учитывает только

№	Метод	Достоинства	Недостатки
	баланса, [4] (МТБ)	баланс, количество тепла, необходимое для нагревания почвы и турбулентный поток тепла. Позволяет получать водопотребление за короткие отрезки времени. Может быть, применим в условиях сухостепного Заволжья.	основные элементы теплового баланса, не учитывает влажность почвы и биологические особенности культуры.
3	Метод И. А. Шарова (Россия) [144]	Определяет суммарное водопотребление за период вегетации культуры с учётом суммы температур, числа дней вегетационного периода и коэффициента расхода воды полем, приходящегося на 1°C. Определяет определить суммарное водопотребление за любой промежуток времени, может быть, применим в условиях сухостепного Заволжья.	Постоянство модуля испарения не учитывает влажность почвы, режим орошения, технику полива, биологические особенности культуры.
4	Д. А. Штойко [231], (Украина).	Позволяет определять суммарное водопотребление на основании суммы среднесуточных температур воздуха за данный период (°C), и средней относительной влажности воздуха (%), оценивает изменчивость влагозапасов почвы в расчетном слое на конкретном поле и может быть применим на территории сухостепного Заволжья.	Недостатком является отсутствие учета биологических особенностей культуры и не учёт влажности почвы.
5	Клятга [100] (Германия)	Позволяет получать месячные значения суммарного водопотребления при помощи среднемесячной температуры воздуха (°C), среднемесячной относительной влажности	Постоянство коэффициента в формуле, приводит к неточности определения водопотребления за месяц. Погрешность метода составляет до 30

№	Метод	Достоинства	Недостатки
		воздуха (%) и коэффициента, имеющего постоянное значение для ежемесячных расчётов.	%.
6	Н. Н. Иванова, [86] (Россия)	Суммарное водопотребление за месяц определяется на основании: среднемесячной температуры воздуха (°С), среднемесячной относительной влажности воздуха (%), коэффициента, характеризующего культуру, коэффициента, зависящего от значения среднемесячной температуры воздуха, коэффициента, имеющего постоянное значение для ежемесячных расчётов.	Для определения суммарного водопотребления, вводят коэффициент перехода от испаряемости к водопотреблению, однако непосредственное определение суммарного водопотребления безусловно было бы более точным, чем полученное через испаряемость. Метод не учитывает биологические особенности культуры и влажность почвы.
7	В. С. Мезенцева, [142] (Омский сельскохозяйственный институт, 1957 г)	Включает расход воды на поверхностный сток.	Применяют для определения суммарного испарения за небольшие промежутки времени, не включает в себя характеристики культуры, трудоемкость экспериментального определения величины испаряемости на конкретном поле, рассчитан для оптимальной влажности почвы.
8	А. Н. Костякова, [116] (Россия)	Водопотребление рассчитывается в зависимости от расчетной урожайности сельскохозяйственных культур, коэффициента потребления воды, коэффициента определяемого	Величина суммарного водопотребления получается только за весь вегетационный период, а не за отдельные его промежутки. Коэффициент водопотребления

№	Метод	Достоинства	Недостатки
		опытным путем с учетом климатических условий района, свойств почвы, уровня агротехники и урожайности.	принимает значения в зависимости плодородия почвы, уровня агротехники.
9	С. М. и А. М. Алпатьевых, [8–12] (Россия)	Основан на зависимости суммарного водопотребления от дефицита влажности воздуха, с учетом биоклиматического коэффициента. Может быть, применим в условиях сухостепного Заволжья.	Позволяет определять суммарное водопотребление только при условии оптимального увлажнения расчетного слоя почвы, не учитывает изменение величины влажности почвы и завышает фактическое испарение. Биологические коэффициенты, имеют зональный характер, поэтому необходимо вводить поправочные коэффициенты, учитывающие конкретные условия зоны. Погрешность метода за вегетацию составляет 10–15%, а за месяц –20–25%.
10	С. И. Харченко, [88, 220–221] (Государственный гидрологический институт, 1976 г)	Позволяет рассчитывать суммарное водопотребление культур, используя данные по влагозапасам в метровом слое почвы, учитывает испаряемость, радиационный баланс орошаемого поля, скрытую теплоту испарения, предельно-полевую влагоемкость почвы, влажность завядания. Позволяет определять суммарное водопотребление по декадам и фазам развития растения.	Возникают сложности при определении величин, входящих в формулу: радиационного баланса орошаемого поля и параметра, определяемого опытным путем и зависящего от температуры воздуха. Погрешность метода составляет до 15 %.
11	Г. К. Льгова,	Позволяет получать	Не учитывает

№	Метод	Достоинства	Недостатки
	[140–141] (Россия)	суммарное водопотребление за вегетационный период культуры на основании суммы средних суточных температур воздуха (°С) и биофизического коэффициента. Зная начальный запас почвенной влаги, а также имея прогноз среднесуточных температур воздуха для данного периода, можно заблаговременно определить срок полива сельскохозяйственной культуры.	биологические особенности орошаемых культур
12	А.Р. Константинова, [103] (Украинский гидрометеорологический институт)	Определяет суммарное водопотребление культур по биологическим кривым, которые характеризуют процессы расходов влаги по фазам развития культуры.	Не учитывает влажность почвы.
13	С.П. Невского [144]	Определяет суммарное водопотребление с учетом данных о температуре, влажности воздуха и скорости ветра.	Главным недостатком является не учет влажности почвы и биологических особенностей растения.
14	Х.Л. Пенмана, [186] (Англия, 1948 г.)	Позволяет оценить суточную величину суммарного испарения как функцию солнечной радиации, альбедо, фактической и возможной продолжительности солнечного сияния, температуры воздуха, давления и скорости ветра.	Недостатком является необходимость использования большого количества метеорологических данных для расчетов, так как не на всех метеорологических станциях проводятся необходимые для расчета наблюдения.
15	Х. Ф. Блейни и У.Д. Кридла (США, 1950 г.) [144]	Суммарное испарение рассчитывается на основании: данных о среднемесячных	Дает завышенные значения водопотребления растений, не учитывает

№	Метод	Достоинства	Недостатки
		<p>температурах воздуха (<math>^{\circ}\text{C}</math>), продолжительности светового дня, коэффициента, характеризующего расход воды культурой, коэффициента, имеющего постоянное значение для ежемесячных расчётов. Главным достоинством является дифференцированное по культурам значение эмпирического коэффициента, входящего в формулу, который установлен за вегетационный период каждой культуры. Такой коэффициент получен для условий нашей страны и соответствующих сельскохозяйственных культур.</p>	<p>влияние влажности воздуха на испарение.</p>
16	<p>М. И. Будыко, [25–26] (Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, 1948 г)</p>	<p>Позволяет определять испаряемости на основе наблюдений над радиационным и тепловым балансами, температуры и влажности воздуха.</p>	<p>Трудность определения радиационного баланса для увлажненной поверхности и удельной (скрытой) теплоты испарения. Не учитывает влажности почвы.</p>
17	<p>А.И. Будаговского, [24] (Институт географии АН СССР, 1956 г)</p>	<p>Учитывает влияние нелинейности между максимальной упругостью водяных паров и температурой испаряющей поверхности, а также влияние характера и состояния увлажненной испаряющей поверхности.</p>	<p>Трудность при определении коэффициента обмена <math>D</math>, т.к. его значение зависит от многих переменных: скорости ветра, которая в свою очередь связана с высотой, от температурного градиента между растительным покровом и воздухом, от коэффициента шероховатости данного</p>

№	Метод	Достоинства	Недостатки
			вида и сорта растений, от сомкнутости и высоты травостоя и древостоя. Требуется большой повторяемости и частоты наблюдений.
18	Будыко – Зубенко, [25, 84]	Позволяет определять испаряемость по дефициту влажности воздуха. Широко применяется для условий Саратовского Заволжья.	Испаряемость определяется не на всех метеостанциях, однако это не ограничивает применение данного метода.
19	Метод Тюрка (Франция, 1955 г) [144]	Позволяет получать ежелекательные и ежелекательные величины суммарного водопотребления на основании среднедекадной (среднемесячной) суммарной солнечной радиации, среднедекадной (среднемесячной) температуры воздуха и коэффициента, имеющего постоянное значение для соответствующего расчета. Позволяет получать хорошие результаты в различных климатических условиях, если расчет вести для периода активного роста, когда растительный покров хорошо затеняет почву, а влажность почвы не лимитирует испарение.	Основная трудность применения заключается в том, что для многих районов конкретные значения параметра среднего за декаду притока коротковолновой радиации неизвестны.
20	В. П. Остапчика, [172–173] (Украина)	Для определения водопотребления вместо данных о дефиците влажности содержит данные о суточном испарении с водной поверхности.	Недостатком является погрешность при измерении суточного испарения с водной поверхности.
21	Научно-исследовательск	Суммарное водопотребление за сутки рассчитывается на	Не учитывает влажности почвы и биологические

№	Метод	Достоинства	Недостатки
	ого института питания растений (г. Рим, Италия) [241]	основании среднесуточной температуры воздуха, среднесуточной относительной влажности воздуха, коэффициента среды и астрономического коэффициента Торнвейта, изменяющегося с изменением месяца и широты местности.	особенности культур.
22	СевНИИГиМ, Д. Б. Циприс, [223] (Россия)	Определяет количество и сроки поливов по данным об осадках и температуре воздуха.	Не учитывает биологические особенности культур и изменчивость влажности почвы.
23	С. В. Торнвейта (США, 1948 г) [241]	Позволяет получать месячную потенциальную величину суммарного испарения на основе данных о среднемесячных температурах воздуха.	Не учитывает особенности культуры, недоучитывает воздействия на испарение влажности воздуха, применяется для определения водопотребления за длительный период, используют лишь в том случае, когда такие данные являются единственным климатическим параметром.

При выборе метода определения суммарного водопотребления, остановиться нужно на том, который дает высокую сходимость между опытными и расчетными величинами суммарного водопотребления. При этом выбранный метод должен быть простым и обеспеченным необходимыми исходными материалами [31].

Кроме перечисленных (табл. 1.1), также известны методы определения суммарного водопотребления ученых: А. А. Роде [206–207], С. Н. Вериги [30], З. Г.



Алиева [7], Б. А. Шумакова [233–234], Б. Б. Шумакова [235], Д. Б. Циприса и Э. Г. Евтушенко [223], метод Харгривса [100] и др.

Для условий сухостепного Заволжья, по данным ВолжНИИГиМа, наиболее точным является метод А. М. Алпатьева, который учитывает биологические особенности культуры, метеоусловия, но не учитывает влагозапасы в почве.

Для повышения точности нормирования орошения при расчете водопотребления культур необходимо учитывать наряду с метеоусловиями, биологическими особенностями культуры, складывающийся водный режим почвы и состояние деятельной поверхности. Моделью разработанной для условий сухостепного Заволжья, учитывающей все эти факторы является модель С. В. Затиначкого [79].

Водопотребление культуры является главным компонентом при назначении режима орошения.

Режим орошения сельскохозяйственных культур включает в себя поливные нормы, сроки, количество поливов и их распределение в течении вегетационного периода в соответствии с биологическими особенностями культуры, почвенными, климатическими, агротехническими, гидрогеологическими условиями зоны ее произрастания. Режим орошения должен быть направлен на оптимальное регулирование водного, питательного, воздушного, солевого, и теплового режима почвы, способствовать сохранению плодородия почвы [208].

Режим орошения сельскохозяйственных культур связан с их водопотреблением и определяется по установленным граничным влажностям почвы (верхний и нижний пределы) расчетного слоя.

А. В. Кравчук [125] отметил, что режимы орошения сельскохозяйственных культур имеют отличия по целям и задачам выполнения и обоснованием режима орошения должно быть основано на получении высокого и устойчивого урожая культуры при поддержании благоприятного мелиоративного состояния земель.

Н. Г. Ворониным [32], Б. А. Шумаковым [233], А. Д. Ахмедовым [15], А. В. Кравчуком [125], С. В. Затиначким [74, 79], Е. В. Аржанухиной [14], Л. А. Косовой [110–111], Н. Г. Раевской [201], А. П. Лихацевичем [138], И. И.

Суднициным [214], Р. Fischbach [239] и другими исследователями установлено, что получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур, должно быть направлено на рациональное использование поливной воды, сохранение почвенного плодородия и назначение режима увлажнения активного корнеобитаемого слоя почвы. По фазам онтогенеза культура люцерны потребляет различное количество воды, в первые фазы меньше требует воды, а по мере развития необходимость в воде возрастает и снижается в период созревания.

С учетом такой неравномерности потребления воды культурой в период своего развития, выше перечисленные ученые для увеличения эффективности использования поливной воды, рекомендуют проведение дифференцированных режимов орошения, зависящих от фаз роста и развития.

Растения приспособились к изменению влажности почвы в течение своего развития и практически не реагируют на снижение ее, если эти колебания происходят в пределах верхнего и нижнего диапазона, ограниченного биологически оптимальным пределом, меняющегося для одного и того же растения во времени по от фазам роста и развития, грансостава и химического состава, плотности и природно-климатических факторов.

А. В. Кравчук [124], С. В. Затицацкий [78] и др. установили, что верхней границей оптимальной влажности почвы является наименьшая влагоемкость почвы.

Проведенными исследованиями А. Н. Костякова [116], С. М. Алпатьева [10], А. А. Роде [207] установлено, что в большем количестве случаев самой подвижной и легко доступной является влажность выше 65...75 НВ. Эти выводы подтверждены многими исследователями при проектировании биологических оптимальных режимов орошения направленных на получение максимально возможных урожаев в определенной природной климатической зоне. Однако, поддержание влажности почвы в пределах такого диапазона может приводить к значительным потерям оросительной воды на инфильтрацию, поверхностный сток, и приводить к ухудшению плодородия почв.

Так, исследованиями А. В. Кравчука [121, 123] установлено, что инфильтрационные потери могут составлять от 3,3 – 13,2 % от водопотребления культур.

По данным Е. В. Аржанухиной [14], потери поливной воды на сток составляют 19 – 46,9 % от водоподачи при одноразовой выдаче поливных норм 600 м<sup>3</sup>/га при поливе люцерны, при применении дискретного полива эти потери снижаются до 13,1 %.

Исследованиями М. С. Григорова [56, 58], А. В. Кравчука [120], С. В. Затицацкого [251] установлено, что для уменьшения инфильтрационных потерь необходимо регулировать предполивной и верхний порог увлажнения по фазам роста и развития культуры, что не приведет к значительному уменьшению урожайности культуры, изменениям структуры и солевого режима почвы.

Р. В. Прокопец [192], в ходе своих исследований установил, что при поддержании предполивного порога от 50% НВ до 80% НВ для козлятника снижает потерю поливной воды за три года на 13,7 % до 1,9 % от суммарного водопотребления культуры.

Многие исследователи (О. Г. Грамматикати [50], С. Д. Лысогоров [139], З. М. Ионова [87], Г. Г. Решетов [50]) рекомендуют поддержание нижнего порога оптимальной влажности активного слоя почвы для каждой культуры на определенном уровне.

Пределы регулирования верхнего и предполивного порога влажности почвы зависят от следующих факторов: мощности корнеобитаемого слоя, почвенных, климатических условий, уровня залегания грунтовых вод, плодородия почвы, агротехники и т.д.

Анализ работ Н. Ф. Бондаренко и др. [20–21], М. С. Григорова [53], А. В. Кравчука [122–123], С. В. Затицацкого [71, 73], М. Калинина [90] и Ю. В. Бондаренко и А. Б. Овчинникова [22] показывает, что создать идеальные условия по влагообеспеченности для любой сельскохозяйственной культуры на орошаемом поле невозможно, но путем дифференциации граничных условий влажности почвы и глубины ее увлажнения в период вегетации культуры теоретически возможно

приблизиться к этим условиям.

По данным Ю. Н. Никольского и В. В. Шабанова [226], характерная влажность почвы, для получения максимального урожая люцерны, находится около 80 % от НВ, следовательно, для получения максимально возможного урожая культуры необходимо поддерживать влажность почвы 70 – 80 % НВ.

Исследованиями А. В. Кравчука [125] и Е. В. Аржанухиной [14] установлено, что наибольшая урожайность сена люцерны может быть достигнута при предполивной влажности корнеобитаемого слоя не ниже 70 – 75 % НВ.

По данным А. Б. Овчинникова [162] необходимо поддерживать влажность активного слоя на уровне 75 – 80 % НВ.

Н. А. Пронько, В. В. Корсак и др. [200] в своих рекомендациях по рациональным экологически обоснованным оросительным нормам на планируемую урожайность силосной кукурузы, люцерны, озимой пшеницы, сои, гречихи и кормовых смесей для Саратовской области рекомендуют проводить определение оросительных норм с учетом различной водообеспеченности вегетационных периодов и планируемой урожайности культуры для тяжелосуглинистой почвы 75–80 %НВ, для среднесуглинистой 70–75 %НВ, для легкосуглинистой 65 –70 %НВ.

Б. А. Шумаков [234], М. Н. Багров [16–17], Г. К. Льгов [140], считают необходимым проведение влагозарядкового полива под люцерну в конце сентября или в начале октября, поливной нормой от 800 – 1200 м<sup>3</sup>/га. На летних посевах проводят 2 – 3 полива по 300 – 350 м<sup>3</sup>/га.

По данным А. М. Олейника [163], эффективно проведение весенних влагозарядковых поливов нормой 600 – 800 м<sup>3</sup>/га. Такие поливы на люцерне второго года вегетации способствуют уменьшению количества вегетационных поливов на 1 – 2 и увеличению урожайности сена.

Согласно Г. И. Гусейнова и Б. Н. Алиева [61], Т. Н. Дроновой [65–66] и рекомендациям по орошению люцерны в Саратовской области [202], в засушливых районах на каштановых почвах эффективен следующий режим орошения люцерны: в сильно засушливые годы под первый укос дают два – три

полива дождеванием, под второй – три – четыре полива. Поливы при четыре – пяти укосном использовании люцерны распределяют под первый и последний укос – один – два и под остальные – два–три полива. Поливная норма при этом составляет 500 – 600 м<sup>3</sup>/га.

Анализируя вышеизложенное, можно утверждать, что управление водным режимом орошаемых земель достаточно трудный процесс, зависящий от большого числа факторов, оказывающих влияние на водопотребление культуры, которые необходимо учитывать при нормировании орошением.

### **1.3 Факторы, определяющие биоклиматические коэффициенты сельскохозяйственных культур**

Биоклиматические методы определения водопотребления культур основываются на следующих допущениях: в определенную фазу развития культуры, при условии оптимального увлажнения расчетного слоя почвы, практически в полной мере транспирация зависит от испаряющей поверхности поля, которая зависит от воздействия метеорологических факторов [97, 99].

В связи с происходящей напряженностью климатических условий, оросительные нормы, рассчитанные без учета изменения микроклимата, оказываются завышенными ввиду снижения интенсивности эвапотранспирации. Излишки поданной воды, как отмечает Д. М. Кац [93], И. П. Кружилин [127], Н. А. Моисеенко, Л. Н. Чумакова и Г. М. Крыльчук [158], идут на повышение уровня грунтовых вод, что может привести к подтоплению, заболачиванию, вторичному засолению орошаемых земель.

Колебание гидротермического коэффициента на территории Саратовского Заволжья (рис. 1.3) от 0,1 до 1,5 доказывает, что при колебании ГТК существенно изменяются условия почвообразования, тип почвенного покрова и естественное плодородие, что приводит в первую очередь к изменчивости биоклиматических коэффициентов.

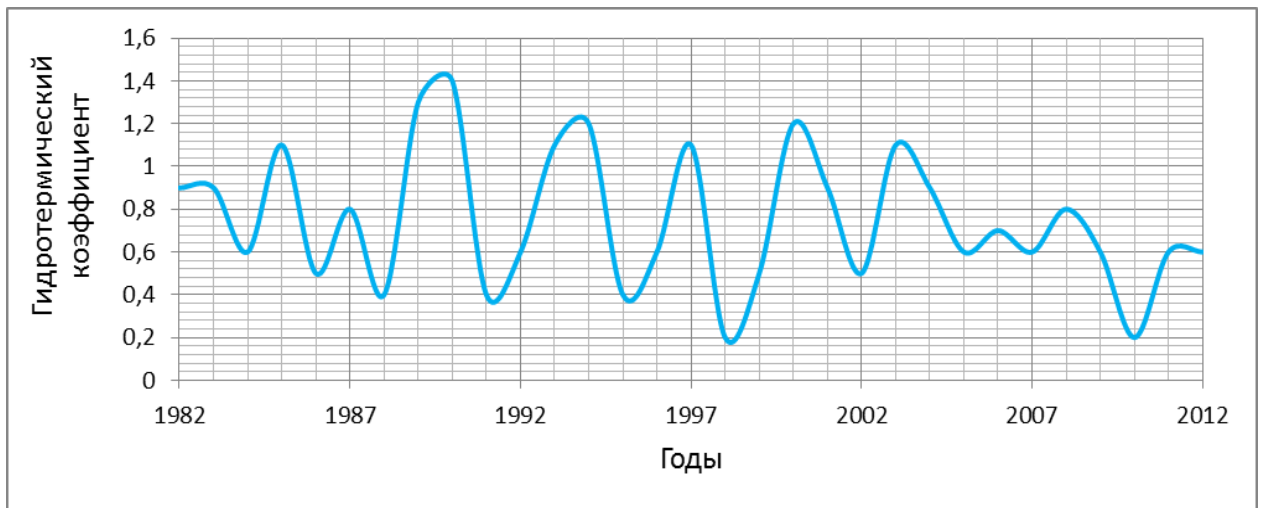


Рисунок 1.3 – Изменение гидротермического коэффициента (индекс сухости по Будыко) на территории Саратовского Заволжья с 1982 – 2012 годы

Характерная изменчивость биоклиматических коэффициентов для условий Заволжья показывает, различие значений коэффициентов в засушливые и влажные годы, происходит из прямолинейной зависимости между испарением и дефицитом влажности воздуха [168]. Как отмечает В. Б. Местечкин [146], необходима пространственная интерполяция биологических коэффициентов водопотребления.

В засушливый год дефицит влажности воздуха увеличивается намного по сравнению с суммарным испарением, как следствие этого прямолинейность их зависимости нарушается, и главная трудность заключается при использовании биоклиматического метода в сочетании различных метеорологических условий (дефицитов, температур и т.д.) для фаз развития растений в разные годы. Поэтому формула биоклиматического метода является региональной и должна применяться в тех природно-климатических условиях, для которых была получена [38–39].

Д. Б. Циприс и Э. Г. Евтушенко [223], в ходе своих исследований, сделали вывод, что биоклиматические коэффициенты являются, скорее всего, характеристикой отзывчивости водопотребления культуры на изменение гидрометеорологических условий ее произрастания.

По мнению С. В. Выхованко [33], причиной изменчивости является использование прямолинейность зависимости между испарением и дефицитом

влажности воздуха. Для повышения точности расчетов С. В. Выхованко предлагает использовать зависимость:

$$E=A+B\Sigma d\varphi \quad (1.1)$$

где  $E$  – испарение, мм;  $A$  – параметр зависит от предполивной влажности, мм;  $B$  – характеризует особенности транспирации культуры и пространственных характеристик травостоя, мм/мБ;  $\Sigma d\varphi$  – сумма дефицитов влажности воздуха, мБ.

А. П. Кочетков [117], отметил, что изменение биоклиматических коэффициентов связано с изменением природно-климатических условий и погрешностью полевых исследований, коэффициент вариации изменчивости биоклиматических коэффициентов составляет от 10–19 %. Поэтому для повышения точности расчета, А. П. Кочетков предлагает использование относительных показателей, содержащих информацию о изменении водопотребления и климатических факторов в соответствии с фазами развития растений.

Ш. Угрехелидзе [216] предложил зависимость, учитывающую изменчивость биоклиматических коэффициентов в течение вегетационного периода сельскохозяйственной культуры, почвенных и метеоусловий, влажности почвы. Изменчивость биоклиматических коэффициентов по зонам и во времени затрудняет проведение расчетов испарения биоклиматическим методом. Поэтому, как отмечает Р. И. Горбачева, М. М. Кабаков и В. И. Костюк [39] необходимо дифференцирование биоклиматических коэффициентов по природным зонам развития культур.

Э. А. Струнников [213] подтверждает, что пространственная и временная изменчивость биоклиматических коэффициентов связана с следующими факторами: создание в среде растения своеобразного фитоклимата с особенностями испарения почв в разных климатических зонах и резкое изменение погодных условий в одной и той же климатической зоне.

В. П. Остапчик [173] считает, что основными причинами изменчивости биоклиматических коэффициентов является неточность исходных данных, пространственное изменение влажности почвы, режима выпадения осадков,

испарения и дефицита влажности воздуха. Усовершенствование методики, по его мнению, может заключаться во введении дополнительных коэффициентов, которые будут учитывать испарение, скорость ветра, влажность почвы и микроклиматический эффект.

В. Б. Местечкин [146], считает, что биоклиматические коэффициенты зависят от природных зон, убывают с увеличением засушливости климата от 0,7 до 0,2. Использование постоянных коэффициентов для расчета водопотребления в неоднородных почвенно–климатических регионах приводит к ошибкам до 50%, для избегания таких ошибок следует пользоваться пространственной интерполяцией значений коэффициентов.

С. А. Яковлев [236], предполагает, что для учета изменчивости коэффициентов необходимо использовать переходные коэффициенты, которые будут позволять получать величину водопотребления по годам с разной влагообеспеченностью, представляющие собой отношение водопотребления в конкретный год к величине водопотребления в средний год обеспеченности.

О. В. Харченко [219], получил зональную зависимость, которая отражает связь между влагообеспеченностью и урожайностью культуры с агроклиматическими факторами.

Использование биоклиматических кривых для нормирования орошения наиболее обоснованный и универсальный метод [77]. Биоклиматический метод, как отмечает С. М. Алпатьев [10–11], Н. В. Данильченко [62], Л. А. Косова [112], А. П. Кочетков [117], может быть применен для определения сроков полива сельскохозяйственных культур.

С. М. Алпатьев [11], предложил идею потребления воды, выраженную через ряд коэффициентов, изменяющихся по декадам, вычисляемым путем деления величин водопотребления на сумму дефицитов влажности воздуха.

Эта идея биоклиматических кривых в настоящее время разделяется многими исследователями, в том числе: А. И. Будаговским [24], который дал им физическое обоснование, А. Р. Константиновым [100–102], Э. А. Струнниковым



[213], С. И. Харченко [221], Г. К. Льговым [140], в Саратовском Заволжье И. А. Кузником [132], А. И. Хохловым [222], С. В. Затинацким [79] и др.

Анализируя результаты исследователей, изложенные выше, биоклиматические коэффициенты должны обязательно учитываться при нормировании орошения для конкретной культуры и зоны ее произрастания.

#### **1.4 Модели нормирования орошения сельскохозяйственных культур**

В настоящее время существует большое количество имитационных систем, включающих и учитывающих огромное количество более упрощенных моделей, которые объединяют все процессы в одно целое. Такие модели способны в оперативном режиме оценивать более полное состояние агроэкосистем и прогнозируют влияние управляющих воздействий на ход продукционного процесса растений.

Фактически имитационные модели позволяют руководителю, принимать оптимальное решение в конкретной ситуации.

Имитация – включает в себя эксперимент, проводящийся на математической модели, а не на реальном объекте.

Р. А. Полуэктовым, И. В. Опариной, Н. Н. Семеновой и В. В. Терлеевым, J. R. Jensen [188, 189–190, 242], установлено, что только использование вычислительной техники и новых информационных технологий, в том числе сравнительно нового инструмента исследований — динамических имитационных моделей продукционного процесса сельскохозяйственных культур — позволит преодолеть тот разрыв, который существует и в настоящее время между все возрастающим антропогенным давлением на агроэкосистемы и несовершенством методов прогноза последствий этого давления.

В России и за рубежом существует достаточно много разных моделей и программ оперативного планирования нормирования орошения, которые позволяют прогнозировать влажность почвы в пределах оптимального диапазона для конкретных природных условий.

В качестве примера имитационного моделирования, способного в оперативном режиме оценивать более полное стояние агроэкосистем и прогнозировать влияние управляющих воздействий на ход продукционного процесса растений, можно рассмотреть такие модели как SWAP, AGROTOOL, ИСС «РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ», которые были апробированы на территории Саратовского Заволжья [200].

Модель SWAP [248] разработана под руководством профессора Рейндера Феддеса нидерландскими учеными Вагенингского университета, которая позволяет оценить суточную величину суммарного испарения как функцию солнечной радиации, альбедо, фактической и возможной продолжительности солнечного сияния, температуры воздуха, давления и скорости ветра, однако из-за использования большого количества метеорологических данных для расчетов, которые не на всех метеорологических станциях определяются, данная модель имеет ограниченное применение.

Адаптация SWAP модели по назначению режимов орошения в Саратовском Заволжье была проведена О. В. Михеевой [152], С. В. Затиначким и Т. А. Васильченко [70] на базе культур: озимой пшеницы, сои и люцерны.

SWAP модель была апробирована Н. А. Пронько [194–195, 198], А. С. Фальковичем [218], В. С. Буруновой [27] для многолетнего прогнозирования солевого режима орошаемых земель Саратовского Заволжья.

Система имитационного моделирования AGROTOOL – модель продукционного процесса растений. Система является законченным программным продуктом, разработанным в лаборатории математического моделирования агроэкосистем Агрофизического НИИ (впервые предложена в 1976 г) и получившая название AGROTOOL.

Данная модель AQUACROP была применена для прогнозирования продуктивности орошаемых темно-каштановых почв Саратовского Заволжья В. В. Корсаком и др. [106].

Учеными Саратовского государственного аграрного университета и ВолжНИИГиМа [155, 200], разработана программа ИСС «РЕЖИМЫ

ОРОШЕНИЯ», которая позволяет проводить расчет водопотребления сельскохозяйственных культур и получать оросительную норму. Данная система позволяет проектировать рациональные дифференцированные режимы орошения и возможно использование данной системы для оперативного планирования внутрихозяйственного водопользования.

Корсаком В. В. и др. разработан ряд других автоматизированных программ: расчета дефицита водного баланса поливных культур [104, 107], дифференцированный режим орошения сельскохозяйственных культур [193], параметров режимов орошения поливных культур сухостепного Заволжья [109], модель продуктивности и водопотребления орошаемых культур локального уровня для условий сухостепного Заволжья [108].

С. В. Затицаким [79] разработана программа режима орошения сои в условиях Саратовского Заволжья.

Учеными Всероссийского научно исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова В. В. Бородычевым и М. Н. Лытовым [23] разработан алгоритм управления водным режимом почвы при орошении сельскохозяйственных культур.

Ольгаренко В. И., Ольгаренко И. В. разработали алгоритм формирования и расчета плана посева и полива сельскохозяйственных культур с использованием информационных технологий [164 – 166, 171].

Ольгаренко Г. В. занимался моделированием нормирования орошения люцерны с учетом вероятностного характера гидрометеорологической и воднобалансовой информации [167 – 170].

Я. А. Пачепский [185, 246] разработал ряд математических моделей на мелиорируемых почвах.

В. В. Шабановым [227] создана стохастическая модель формирования влагозапасов в расчетном слое почвы и модель продуктивности растений. Модель продуктивности растений и разработанная на ее основе расчетная программа по оценке природно-хозяйственного риска и необходимости мелиорации на примере Саратовской области была апробирована на культуре яровая пшеница [229–230].

А. И. Головановым [35–36] предложена математическая модель миграции влаги и растворов солей на орошаемых землях.

А. М. Зейлигером [82–83, 252–254] разработаны модели водоудерживания различных по строению порового пространства пористых сред, которые применяют не только в России. Достоверность модели водоудерживания агрегированных почв на черноземе обыкновенном и темно-каштановой почве Саратовского Заволжья была подтверждена Е. Г. Клиб [95–96].

Анализ зарубежных и отечественных программных средств моделирования режима орошения показывает, что точность расчета зависит в первую очередь от выбранной расчетной модели и точности измерения метеопараметров.

Следовательно, одним из важнейших направлений оперативного управления нормированием орошения является создание расчетной программы адаптивного нормирования орошения, которая будет учитывать формирование водного режима расчетного слоя почвы, метеоусловия внешней среды, состояние деятельной поверхности и биологические особенности культуры в процессе онтогенеза. Цель и задачи исследования представлены на схеме (рис. 1.4).



Рисунок – 1.4 Схема исследования

**Выводы:**

1. Анализ земель сухостепного Заволжья области показал, что основной причиной их неудовлетворительного состояния являются потери на инфильтрацию и сброс (до 50%), завышение норм полива (до 30%) и низкое качество управления орошением. Поэтому, развитие орошения в сухостепном Заволжье должно быть тесно связано с эффективным использованием оросительной воды, что позволит улучшить экологическую ситуацию в Заволжье.

2. Проведенный анализ методов определения суммарного водопотребления люцерны показал, что существующий метод нормирования орошения, учитывает биологические особенности культуры, метеоусловия, но не учитывает влагозапасы в почве, что приводит к завышению оросительных норм и перерасходу воды.

3. Для улучшения качества нормирования орошения, с целью снижения недопустимых нагрузок на агроландшафты и развития в них негативных мелиоративных процессов необходимо применять более адаптивные экологическим условиям методы определения суммарного водопотребления.

## Глава 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ И ПРОГРАММЫ АДАПТИВНОГО НОРМИРОВАНИЯ ОРОШЕНИЯ ЛЮЦЕРНЫ

### 2.1 Теория модели адаптивного нормирования орошения

При разработке системы автоматизированного прогнозирования в сельском хозяйстве, при расчете максимальных урожаев и их агротехническом, экономическом, экологическом обеспечении важное место занимают модели роста и развития растений.

Растение представляет собой сложную стохастическую систему, содержащую множество параметров, количественное изменение которых ведет к количественному и качественному изменению всей системы в целом.

Математическая модель роста и развития растений описывает основные процессы и может быть интерпретирована как динамическая система с распределенными параметрами, описанными с помощью дифференциальных уравнений [154].

Реализация такой модели связана с значительными трудностями, из-за невозможности точного и полного описания сложной динамической системы «растение – среда обитания». Поэтому необходимо разработать достаточно простые модели с минимальным числом неизвестных параметров, без которых растение не сможет существовать и функционировать как целая система [185].

На рост и развитие растений влияют три основные группы факторов: водно-воздушный режим почв, температурный режим и пищевой [75], которые в первую очередь оказывают влияние на суммарное водопотребление культуры.

Суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур является функцией погодных условий, влагозапасов почвы и биологических свойств [102] культуры, которая описывается функцией вида:

$$ET = f(E, W, B) \quad (2.1)$$

где:  $ET$  – суммарное водопотребление, мм;  $E$  – испаряемость, характеризующая погодные условия, мм;  $W$  – влагозапасы в почве, мм;  $B$  – биологические свойства культуры.

В первую очередь водопотребление зависит напрямую от испаряемости.

Использование испаряемости в расчетах водопотребления сельскохозяйственных культур, требует выбора наиболее точной методики, которая наиболее реально отражала процесс испарения с орошаемого поля, подстилающая поверхность которого качественно изменяется в течение периода вегетации сельскохозяйственной культуры.

Согласно рекомендациям Н. Н. Иванова [86] испаряемость (мм/мес):

$$E = 0,0018(25 + t)^2(100 - \varphi) \quad (2.2)$$

где:  $t$  – температура воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\varphi$  – относительная влажность воздуха, %.

Для определения испаряемости по методу Будыко–Зубенок, были использованы криволинейные зависимости (рис.2.1) испаряемости от дефицита влажности воздуха ( $d_{\varphi}$ ) по месяцам [197]. Полученные кривые описываются следующим уравнением:

$$E = ad_{\varphi}^3 - bd_{\varphi}^2 + cd_{\varphi} + k \quad (2.3)$$

где:  $E$  – испаряемость, мм;  $d_{\varphi}$  – дефицит влажности воздуха, мБ.

Аппроксимация зависимости (2.3) позволила определить эмпирические коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $k$  для условий сухостепного Заволжья (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Эмпирические коэффициенты для расчета испаряемости по методу Будыко–Зубенок

Период	a	b	c	k
01.04–30.04	0,069	2,003	25,19	11,90
01.05–31.05	0,021	0,921	18,30	35,06
01.06–31.07	0,017	0,836	17,43	48,89
01.08–31.08	0,017	0,841	18,03	28,65
01.09–30.09	0,043	1,395	21,18	9,58
01.10–31.10	0,033	0,223	15,18	6,05
$R^2=0,99$				



Испаряемость согласно рекомендациям по расчету испарения с поверхности суши [203], имеет следующие зависимости от дефицита влаги и температуры, которая соответствует определенному интервалу времени (месяцу) (рис.2.1):

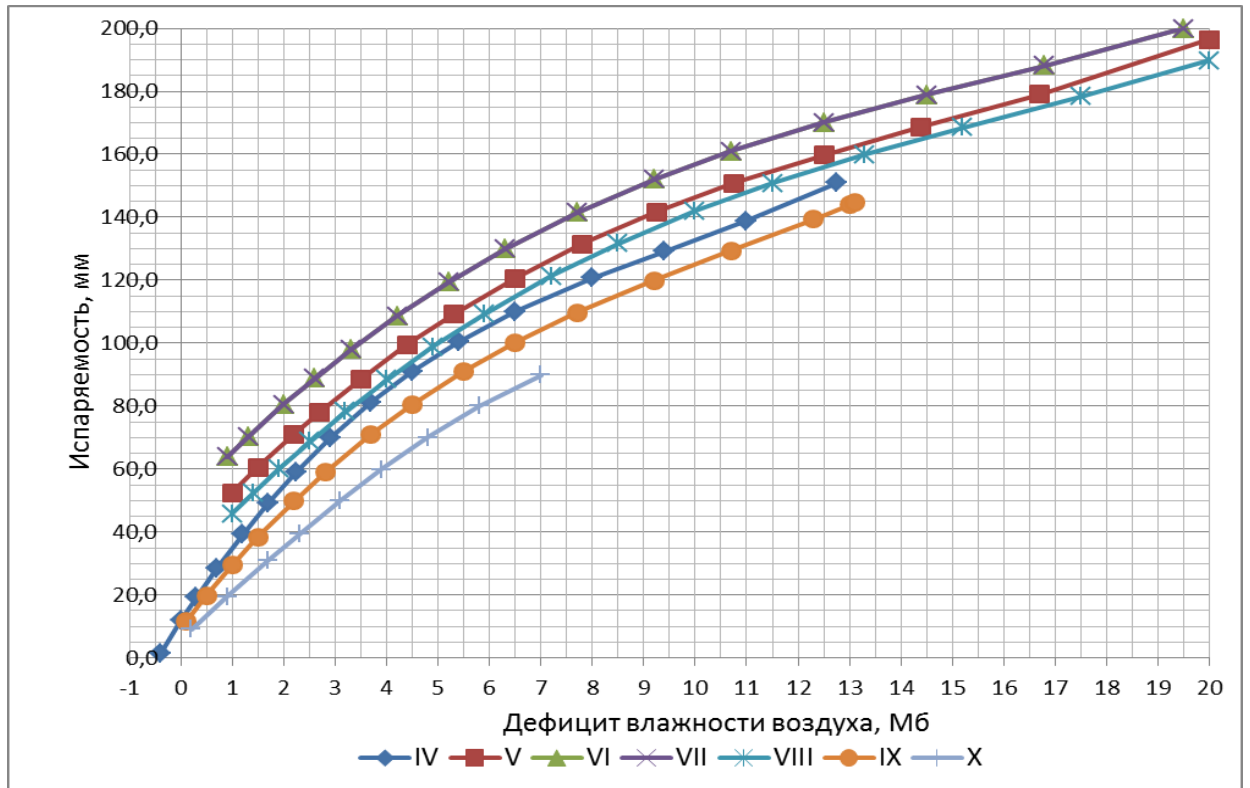


Рисунок 2.1 – График зависимости испаряемости от дефицита влажности воздуха для степной зоны по месяцам года

В период посева люцерны до отрастания подстилающую поверхность можно охарактеризовать как открытую поверхность почвы, но в дальнейшем по ходу роста и развития сообщества растений происходит качественное изменение состояния деятельной поверхности почвы.

Основными параметрами, при нормировании орошением и получении необходимой урожайности, являются влагозапасы почвы, которые должны находиться в определенных пределах в течение всего вегетационного периода культуры [118].

Поддержание оптимального порога увлажнения почвы позволяет получать требуемую урожайность, рационально и экономически обоснованно расходовать оросительную воду, приводя при этом к снижению топливно – энергетических ресурсов на проведение поливов.

Как отмечает Т. И. Сафронова и В. И. Степанов [209] основным технологическим критерием управления нормированием орошения является динамика содержания влаги в активном слое почвы, на величину которой влияет морфология и структура корневой системы, зависящие от вида и фазы развития растений, плотность и пористости почвы, глубины увлажнения почвы осадками и поливами, глубина залегания грунтовых вод, их минерализации и погодные условия места возделывания культуры.

Фактическая влажность расчетного слоя почвы определяется опытным путем, с дальнейшей интерполяцией величин влажности почвы за каждые сутки, учитывая режим выпадения осадков, поливов и по ним окончательно определяя среднее значение влагозапасов за рассматриваемый интервал времени, равный декаде.

Биологические свойства культуры, зависят от вида культуры  $K$ , сорта  $S$  и фазы роста и развития культуры  $\Phi$  [102]:

$$B = f_1(K, S, \Phi) \quad (2.4)$$

Для конкретной культуры,  $K - const$  и сорта  $S - const$  изменение биологических свойств культуры будет происходить по фазам роста и развития, т.е.

$$B = f_2(k_6) \quad (2.5)$$

Известно, что биоклиматический коэффициент ( $k_6$ ), принимает различные значения в соответствии с фазами роста и развития конкретной культуры.

Уравнение динамики водного режима расчетного слоя почвы имеет вид:

$$W_k = W_n + P + \sum m \pm q - ET \quad (2.6)$$

где:  $W_k$  – влагозапасы почвы на конец расчетного периода, мм;  $W_n$  – влагозапасы почвы на начало расчетного периода, мм;  $P$  – атмосферные осадки, мм;  $\sum m$  – сумма поливных норм, мм;  $q$  – показатель влагообмена активного слоя почвы с подстилающими грунтами, мм.

Моделью разработанной для условий сухостепного Заволжья, учитывающей складывающийся водный режим почвы, метеоусловия, биологические

особенности культуры и состояние деятельной поверхности является модель С. В. Затицацкого, согласно которой суммарное водопотребление определяется по зависимости [72, 80]:

$$ET = \frac{E \cdot A_n}{\left(1 + 10^{\frac{\gamma - \beta \cdot W_{act} - W_{pwp}}{W_{FC} - W_{pwp}}}\right)} \quad (2.7)$$

где  $ET$  – суммарное водопотребление, мм;  $E$  – испаряемость, мм;  $W_{act}$  – фактические влагозапасы, мм;  $W_{pwp}$  – влагозапасы почвы, соответствующие влажности завядания, мм;  $W_{FC}$  – влагозапасы почвы, соответствующие наименьшей влагоемкости, мм;  $A_n$ ,  $\gamma$  и  $\beta$  – эмпирические коэффициенты, определяющие состояние деятельной поверхности и биологические особенности культуры в процессе онтогенеза:

$$\beta = \frac{\frac{\sum \left( lq \frac{A_n}{ET/E} - 1 \right) \cdot \sum W}{n} - \sum W \cdot lq \left( \frac{A_n}{ET/E} - 1 \right)}{\frac{(\sum W)^2}{n} - \sum W^2} \quad (2.8)$$

$$\gamma = \frac{\sum lq \left( \frac{A_n}{ET/E} - 1 \right) - \sum W \cdot \beta}{n} \quad (2.9)$$

Значение эмпирических коэффициентов определяется при  $\frac{ET}{E} < A_n$ , где  $n$  – количество отношений  $ET/E$ .

Продуктивные влагозапасы почвы, выражаются в долях по зависимости:

$$\overline{W_{act}} = \frac{W_{acti} - W_{pwp}}{W_{FC} - W_{pwp}} \quad (2.10)$$

где:  $W_{acti}$  – фактические влагозапасы почвы, мм;  $W_{pwp}$  – влагозапасы почвы, соответствующие влажности завядания, мм;  $W_{FC}$  – влагозапасы почвы, соответствующие наименьшей влагоемкости, мм.

Суммарное водопотребление по методу А. М. Алпатьева [9] будет выражаться:

$$ET = k_{\delta} \cdot \sum d_{\varphi} \quad (2.11)$$

где:  $ET$  – суммарное водопотребление, мм;  $k_{\delta}$  – биоклиматический коэффициент, мм/мБ;  $\sum d_{\varphi}$  – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мБ.

Согласно зависимости (2.7) и определения суммарного водопотребления по модели А. М. Алпатьева (2.11) получена зависимость для определения коэффициента состояния деятельной поверхности:

$$A_n = \frac{k_{\delta} \cdot \sum d_{\varphi} \cdot (1 + 10^{\gamma - \beta \cdot \overline{W}_{act}})}{E} \quad (2.12)$$

где:  $A_n$ ,  $\gamma$  и  $\beta$  – эмпирические коэффициенты, определяющие состояние деятельной поверхности и биологические особенности культуры по периодам вегетации;  $k_{\delta}$  – биоклиматический коэффициент, мм/мБ;  $\sum d_{\varphi}$  – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мБ;  $\overline{W}_{act}$  – относительные продуктивные влагозапасы почвы, %.

Используя экспериментальные данные по водопотреблению люцерны, было определено, как для периодов вегетации люцерны определяются зависимость  $ET/E$  от относительных продуктивных запасов влаги в почве. Полученная криволинейная зависимость описывается уравнением следующего вида [72, 175]:

$$ET/E = A_n / (1 + 10^{\gamma - \beta \cdot \overline{W}_{act}}) \quad (2.13)$$

где:  $ET/E$  – отношение суммарного водопотребления к испаряемости, мм;  $A_n$ ,  $\gamma$  и  $\beta$  – эмпирические коэффициенты, определяющие состояние деятельной поверхности и биологические особенности культуры по периодам вегетации;  $\overline{W}_{act}$  – относительные продуктивные влагозапасы почвы, %.

Эмпирическая зависимость (2.13)  $ET/E$  ( $\overline{W}_{act}$ ) существенно уточняет положение о прямой пропорциональности между водопотреблением и влагозапасами почвы.

При поддержании в расчетном слое почвы влажности:

$$W_{act} = (W_n + W_k) / 2 \geq W_{FC}, \text{ член } (W_n + W_k) / 2\gamma = 1 \quad (2.14)$$

Следовательно, при условии  $W_{act} < W_{FC}$  определяющее значение при формировании водопотреблении сельскохозяйственных культур будут иметь влагозапасы почвы, при  $W_{act} \geq W_{FC}$  водопотребление определяется напряженностью метеорологических условий.

Нижней границей диапазона оптимальных влагозапасов почвы ( $W_{act}$ ) для растений являются критические влагозапасы ( $W_{cr}$ ) и соответствующий им допустимый порог иссушения почвы: при  $W_{act} = W_{cr}$ , при достижении которых культура замедляет рост и снижает свою продуктивность.

Верхней границей оптимальной влажности для растений является максимальная влажность и запас влаги, который соответствует наименьшей влагоемкости почвы (полная полевая влагоемкость)  $W_{FC}$ , при увлажнении почвы выше которой избыток влаги приводит к вымыванию элементов питания растений, эрозию почвы, пополнение грунтовых вод и снижение плодородия земель. Поэтому максимальная поливная норма мм, не должна превышать величину влажности наименьшей влагоемкости [125]:

$$m_{nt} = 100 \cdot h_w \cdot \rho \cdot (\omega_{FC} - b \cdot \omega_{cr}) \quad (2.15)$$

где:  $m_{nt}$  – расчетная поливная норма, мм;  $h_w$  – расчетная глубина промачивания почвы, м;  $\rho$  – плотность сложения почвы, т/м<sup>3</sup>;  $\omega_{FC}$  – влажность почвы соответствующая наименьшей влагоемкости, % к массе;  $\omega_{cr}$  – влажность, соответствующая допустимому порогу иссушения и равная  $b \cdot \omega_{FC}$ , % к массе;  $b$  – принимается в зависимости от гранулометрического состава почвы (для суглинистых и глинистых почв 0,75...0,8) [144].

Из уравнения (2.15) величина поливной нормы зависит от слоя увлажнения ( $h_w$ ), и предполивного порога влажности ( $\omega_{cr}$ ).

Поддерживание запасов влаги активного слоя почвы в пределах оптимального диапазона должно происходить из соблюдения условия:

$$W_{FC} \geq W_{act} > W_{cr} \quad (2.16)$$

При таком поддержании запасов влаги согласно выражению (2.16) будет обеспечена минимизация потерь воды и оптимальное влагообеспечение культуры.

Суммарное водопотребление за вегетационный период будет определяться из выражения:

$$ET = ET_1 + ET_2 + \dots + ET_n + ET_{n+1} \quad (2.17)$$

где:  $ET$  – суммарное водопотребление, мм;  $ET_1, ET_2, ET_n, ET_{n+1}$  – среднесуточное водопотребление культуры за вегетационный период.

Оптимальное управление орошением должно быть направлено на реализацию таких норм и сроков полива, при которых будет достигнуто более выгодное распределение имеющихся ресурсов, ориентированное на получение максимального эффекта от орошения.

Высокоперспективным решением экологических проблем на орошаемых землях является применение информационных систем и математических моделей на базе компьютерных программ [178, 212].

В основу адаптированной модели нормирования орошения положено определение суммарного водопотребления культуры с учетом формирования водного режима расчетного слоя почвы, метеоусловий внешней среды, состояния деятельной поверхности почвы и биологических особенностей культуры по периодам вегетации.

## 2.2. Алгоритм и программа адаптивного нормирования орошения

На основе адаптированной модели была разработана программа адаптивного нормирования орошения люцерны «ПРНОСК».

Программа «ПРНОСК», характеризуется следующими параметрами:

$A(i)$  – параметр, включающий расчетные характеристики: влагозапасы почвы ( $W$ ); испаряемость ( $E$ ); суммарное водопотребление культуры ( $ET$ ); величина поливной нормы ( $m$ ); оросительной ( $M$ ); количество поливов ( $n$ ).

$U$  – дополнительные параметры модели: биоклиматический коэффициент ( $k_\delta$ ); состояние деятельной поверхности почвы ( $A_n$ ); эмпирические коэффициенты,

определяющие биологические особенности культуры по периодам вегетации ( $\gamma$  и  $\beta$ ); допустимый порог иссушения ( $\omega_{cr}$ ); плотность сложения почвы ( $\rho$ ).

$B(i)$  – параметр контролируемых входных воздействий, в данном случае – поливов, являются влагозапасы почвы:

Если  $W_{FC} \geq W_{acti} > W_{cri}$  – полив отсутствует, если  $W_{acti} = W_{cri}$  – необходим полив.

$C(i)$  – параметр контролируемых внешних воздействий: среднесуточная температура воздуха ( $t$ ); относительная влажность воздуха ( $\varphi$ ); сумма осадков за сутки ( $P$ ); дефицит насыщения ( $d_\varphi$ ).

$D(i)$  – граничные условия: продолжительность вегетационного периода культуры ( $T$ ); количество фаз роста и развития культуры ( $\Phi$ ); расчетный слой почвы ( $h_w$ ); влажность завядания ( $\omega_{pwp}$ ); влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости  $\omega_{FC}$ ; верхний порог увлажнения ( $\tau$ ) и предполивной порог ( $\sigma$ ) влажности почвы.

В общем виде алгоритм программы адаптивного нормирования орошения определяется выражением:

$$A(i+1) = f(C(i), B(i), D(i), A(i), U) \quad (2.18)$$

В основу алгоритма программы положено уравнение динамики водного режима расчетного слоя почвы:

$$W_{ki} = W_{ni} + P_i + m_i \pm q_i - ET_i \quad (2.19)$$

где:  $W_{ki}$  – влагозапасы почвы на конец расчетного периода, мм;  $W_{ni}$  – влагозапасы почвы на начало расчетного периода, мм;  $P_i$  – атмосферные осадки, мм;  $m_i$  – поливная норма, мм;  $\Delta q_i$  — показатель влагообмена активного слоя почвы с подстилающими грунтами, мм;  $ET_i$  – суммарное водопотребление, мм.

В уравнении (2.19) суммарное водопотребление сельскохозяйственной культуры, будет определяться по формуле:

$$ET_i = \frac{E_i \cdot A_{ni}}{\left( 1 + 10^{\gamma - \beta \frac{W_{acti} - W_{pwp}}{W_{FC} - W_{pwp}}} \right)} \quad (2.20)$$

где:  $ET_i$  – суммарное водопотребление за сутки, мм;  $E_i$  – испаряемость за

сутки, мм;  $A_{ni}$ ,  $\gamma_i$  и  $\beta_i$  – эмпирические коэффициенты, определяющие состояние деятельной поверхности и биологические особенности культуры по периодам вегетации;  $W_{act}$  – фактические влагозапасы почвы, мм;  $W_{PWP}$  – влагозапасы почвы, соответствующие влажности завядания, мм;  $W_{FC}$  – влагозапасы почвы, соответствующие наименьшей влагоемкости, мм.

Суммарное водопотребление культуры за вегетационный период будет определяться из выражения (2.17).

Изменение запасов влаги в активном слое почвы в течение суток определяется по уравнению:

$$\Delta W_{acti} = (W_{ni} - W_{ki}) + P_i + m_i \pm q - ET_i \quad (2.21)$$

где:  $\Delta W_{acti}$  – активные (продуктивные) запасы влаги в почве, мм;  $W_{ni}$  и  $W_{ki}$  – запасы влаги в расчетном слое почвы соответственно на начало и конец расчетного периода, мм;  $P_i$  – атмосферные осадки, мм;  $m_i$  – поливная норма, которая рассчитывается в программе, если в этот день был проведен полив, мм;  $q_i$  – показатель водообмена верхнего водоносного слоя с нижележащими, мм;  $ET_i$  – суммарное водопотребление культуры, мм.

Запасы влаги почвы, при достижении которых необходимо проводить полив будут определяться по уравнению водного баланса [144]:

$$W_{cri} = 0,5 \cdot (W_{FC} + W_{PWP}) \quad (2.22)$$

где:  $W_{cri}$  – запасы влаги в почве (критические), при которых необходимо проводить полив, мм;  $W_{FC}$  – влагозапасы почвы, соответствующие наименьшей влагоемкости, мм;  $W_{PWP}$  – влагозапасы почвы, соответствующие влажности завядания, мм;

При снижении влагозапасов почвы до заданной критической границы т.е. если  $W_{acti} = W_{cri}$ , то в этот день необходимо проводить полив, значение запасов влаги с учетом полива будет определяться по выражению [80]:

$$W_{acti} = W_{ni} + P_i + m_i \quad (2.23)$$

где:  $W_{acti}$  – активные (продуктивные) влагозапасы почвы, мм;  $P_i$  –



атмосферные осадки, мм;  $m_i$  – поливная норма, мм.

Расчетное значение поливной нормы определяем по формуле А. Н. Костякова [116]:

$$m_{nt} = 10 \cdot h_{wi} \cdot \rho \cdot (\omega_{FC} - \omega_{cr}) \quad (2.24)$$

где:  $m_{nt}$  – поливная норма, мм;  $h_{wi}$  – расчетный слой почвы, м;  $\rho$  – плотность почвы, т/м<sup>3</sup>;  $\omega_{FC}$  – влажность почвы соответствующая наименьшей влагоемкости, % к массе;  $\omega_{cr}$  – влажность почвы, соответствующая допустимому порогу иссушения, %.

Оросительная норма за вегетационный период культуры определяется по выражению:

$$M = m \cdot n \quad (2.25)$$

где:  $M$  – оросительная норма, м<sup>3</sup>/га;  $m$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;  $n$  – количество поливов.

Количество поливов культуры за вегетацию определяется размером оросительной и поливной нормы по выражению:

$$n = \frac{M}{m_m} \quad (2.26)$$

где:  $n$  – количество поливов;  $M$  – оросительная норма, м<sup>3</sup>/га;  $m_m$  – средняя поливная норма, м<sup>3</sup>/га.

На основе предлагаемой модели (2.7) была создана программа адаптивного нормирования орошения люцерны на языке программирования Visual Basic 2012 (ПРНОСК). В качестве среды разработки использовалась Microsoft Visual Studio 2012 Express, которая может быть использована на персональных ЭВМ под управлением операционной системы Windows 2003–2012.

Visual Basic 2012 – является объектно-ориентированным языком программирования, реализованным на платформе Microsoft .NET [204].

Microsoft Visual Studio – это разработанная компанией Microsoft, среда, которая позволяет создавать приложения, работающие на платформе .NET.

Особенностью такой платформы является широкий набор сервиса, которые доступны на различных языках программирования. Главной задачей разработки такой платформы явилось обеспечение разработчиков специальными сервисно-ориентированными приложениями, которые могут работать на любой платформе, начиная с персонального компьютера до мобильного устройства.

Microsoft Visual Studio объединяет в себе огромное количество функций, позволяющих осуществлять разработки для Windows всех версий, в том числе и 8, Интернета, SharePoint. Данная программа позволяют разрабатывать как консольные приложения, так и приложения с графическим интерфейсом, в том числе с поддержкой технологии.

Microsoft Visual Studio 2012 Express отличается от других программ используемых для программирования высокой производительностью, причем она не зависит от особенностей оборудования.

Разработка программного обеспечения проводилась с использованием структурного и модульного программирования. Суть такого программирования заключается в разбиении сложной задачи на некоторое число более простых подзадач и составлении программ для их решения достаточно независимо друг от друга. Модульность является одним из основных принципов построения программных проектов. В общем случае модуль это функционально законченная программная единица, которая идентифицируется и объединяется с другим модулем (подпрограммой).

В состав программного обеспечения входит главная процедура и программа нормирования орошения люцерны, экранные формы со встроенными пользовательскими процедурами, в том числе окна ввода исходных параметров, окно ввода дополнительных параметров, окно просмотра и выдачи результатов расчета.

Структура разработанной программы представляет собой структурированную взаимосвязь между переменными, имеющими определенную соподчиненность, переменные можно редактировать: вводить новые и изменять имеющиеся.

Программное обеспечение включает в себя главную процедуру и 15 подпрограмм (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Структура процедур программы адаптивного нормирования орошения люцерны

Номер	Название подпрограмм	Описание подпрограммы
1.	Public Class etc	Ввод переменных, необходимых для расчета.
2.	Form1_Load	Расчет главных параметров
3.	Button1_Click	Преобразование типа данных в структуру программы.
4.	CheckBox1_CheckedChanged	Блокирование вводимых исходных данных.
4	Pereras_Click	Проверка данных на соответствие.
5	PictureBox1.Show	Построение графика в специально отведенной области. Предварительно идет преобразование осей построения графика из компьютерной системы координат в математическую.
6.	DrawiLine	Рисование графика.
7.	TauIn_TextChanged	Проверка параметров вводимых данных, вводить нужно числа, а не буквы или другие символы.
8.	SigmaIn_TextChanged	Сообщение об ошибке, если было введено не число.
9.	gammaIn_TextChanged	Восстановление окна, где была совершена ошибка
10.	Form2_Load	Ввод дополнительных данных для расчета
11.	Sub Button1_Click	Обновление переменных.
12.	CheckBox1_CheckedChanged	Разблокировка и блокировка данных.
13.	DateBeg_ValueChanged, DateEnd_ValueChanged, perIn2_TextChanged dayPer_SelectedIndexChanged	Изменения данных по выбранному дню, периоду, если это необходимо и их перерасчет.
14.	Button3_Click	Изменение данных по выбранному дню.
15.	tempSr_TextChanged vlazhn_TextChanged osadki_TextChanged	Проверка на ввод чисел в форме для температуры, влажности и осадков. При вводе недопустимого символа (допустимы только цифры) выводится

Номер	Название подпрограмм	Описание подпрограммы
		сообщение об ошибке и возвращается предыдущее значение параметра

Блок схема программы адаптивного нормирования орошения люцерны представлена на рисунке 2.2.

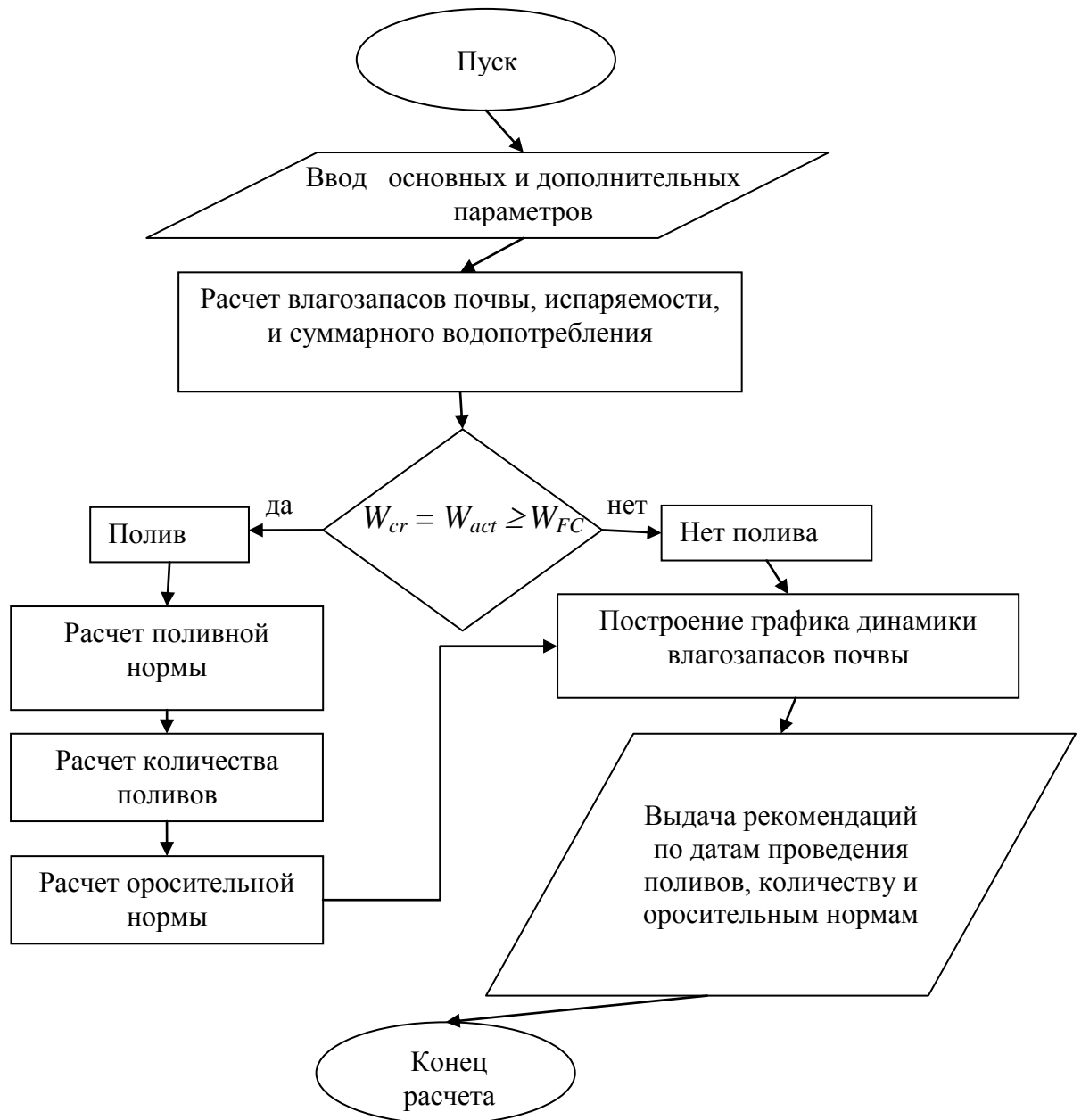


Рисунок 2.2 – Блок – схема расчета по программе «ПРНОСК» адаптивного нормирования орошения люцерны

Алгоритм программы заключается в посуточном определении всех показателей адаптивного нормирования орошения люцерны за весь вегетационный период [182].

В модели можно выделить 3 вида данных: 1 – вводятся вручную (рис. 2.3(окошки выделены белым цветом)), 2 – рассчитываются автоматически по заданному алгоритму (рис. 2.5 (окошки выделены серым цветом)), 3 – автоматически строящаяся графическая часть, основанная на данных 2 вида (дата вегетационного периода и запасы влаги в почве).

Рисунок 2.3 – Окно ввода данных

Для работы модели необходимы следующие исходные данные: суточная метеоинформация: среднесуточная температура воздуха ( $t$ ); относительная влажность воздуха ( $\varphi$ ); сумма атмосферных осадков за сутки ( $P$ ); дефицит влажности воздуха ( $d_\varphi$ ); продолжительность вегетационного периода культуры ( $T$ ); число фаз роста и развития культуры ( $\Phi$ ); расчетный слой почвы ( $h_w$ ) в котором распространена основная масса корней культуры; влажность завядания ( $\omega_{PWP}$ ); влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости  $\omega_{FC}$ ; верхний порог увлажнения ( $\tau$ ) и предполивной порог ( $\sigma$ ), задаются в долях (0–1); биоклиматический коэффициент ( $k_\sigma$ ); состояние деятельной поверхности почвы ( $A_n$ ); эмпирические коэффициенты, определяющие биологические особенности культуры по периодам вегетации ( $\gamma$  и  $\beta$ ); допустимый порог иссушения ( $\omega_{cr}$ ); плотность сложения почвы ( $\rho$ ).

Дополнительные данные для адаптивного нормирования орошения люцерны вводятся в окно «Ввод дополнительных данных для расчета» (рис.2.4).

В результате адаптивного нормирования орошения люцерны по заданному алгоритму рассчитываются следующие показатели:  $W$ – влагозапасы почвы, мм;  $E$ –

испаряемость, мм;  $ET$  – суммарное водопотребление культуры;  $m$  – поливная норма;  $n$  – количество поливов;  $M$  – оросительная норма и устанавливаются дни проведения полива, согласно графической части программы.

Рисунок 2.4 – Окно ввода дополнительных данных

Графическая часть программы адаптивного нормирования орошения состоит из графика динамики влагозапасов почвы, который строится автоматически по ходу всего вегетационного периода культуры (рис. 2.5).

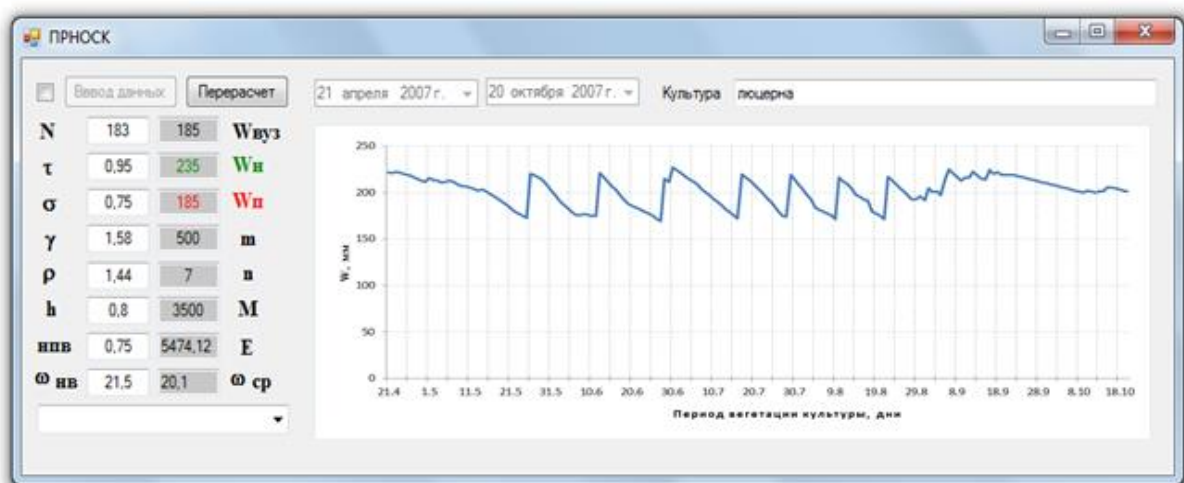


Рисунок 2.5 – Окно выдачи результатов моделирования нормирования орошения люцерны

Разработанная программа адаптивного нормирования орошения люцерны позволяет оперативно получать показатели нормирования орошения: водопотребление культуры за вегетационный период, величину оросительной нормы, поливную норму, сроки проведения поливов и их количество.

Программа «ПРНОСК» ориентирована для специалистов отдельных хозяйств и оросительных систем для разработки планов водопользования и заявок на воду.

Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015661256 в ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности» от 22.10.15 г., г. Москва (заявка № 2015618158 от 08.09.2015 г.) [210].

### **Выводы:**

1. Адаптивное нормирование орошения основано на соответствии нормирования орошения конкретным экологическим условиям, которое может быть достигнуто при более полном учете факторов, влияющих на суммарное водопотребление культур: динамика водного режима расчетного слоя почвы, метеоусловия, состояния деятельной поверхности почвы, характеризующего состояние проектного покрытия и биологических особенностей культуры в процессе онтогенеза.

2. Создана компьютерная программа «ПРНОСК» в среде Microsoft VisualStudio 2012 Express на примере культуры люцерны, для оперативного планирования нормирования орошения люцерны, которая может использоваться на персональных ЭВМ под управлением операционной системы Windows 2003–2012.

## **Глава 3. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **3.1 Агроклиматические условия места проведения исследований**

Территория исследования находится в Марксовском районе Саратовской области, расположенной в сухостепном Заволжье на левом берегу Волги, характеризуется засушливым климатом. Зимой преобладает интенсивная циклоническая деятельность, которая сопровождается усилением западного переноса воздушных масс. Весной происходят меридиальные переносы, которые способствуют обмену воздушных масс между севером и югом, вызывающих интенсивное таяние снега, и типичный для весны возврат холода. Летом погода формируется в основном за счет трансформации воздушных масс в антициклонах, чему способствует большой приток солнечной энергии [3].

Осадки в среднем на территории области составляют 300 – 350 мм за год, на юго–востоке Левобережья около 250 мм.

Среднемноголетние декадные данные по метеостанции «Маркс» приведены в Приложении А, таблица 1.

Продолжительность вегетационного периода составляет от 150 до 160 дней, безморозного периода 145 – 155 дней, последний заморозок наблюдается где-то в первой декаде мая, иногда в первой декаде июня.

Первый снегопад и неустойчивый снежный покров наблюдаются иногда в первой половине октября, устойчивый снежный покров в первой и в последней декаде декабря, продолжительность периода залегания снежного покрова в среднем за зиму составляет 130 – 139 дней, средняя высота снежного покрова составляет 40 – 60 см. Глубина промерзания почвы зависит от её механического состава и структуры. Средняя глубина промерзания почвы составляет 63 см, а наибольшая достигает 145 см, в сравнительно теплые и малоснежные зимы почва промерзают не менее чем на 20 см.



Для территории сухостепного Заволжья характерны суховеи, которые приносят большой вред сельскому хозяйству. Определенной закономерности в повторяемости засушливых лет не установлено, но наиболее часто засуха наблюдается через два года на третий. Число дней с суховеями различной интенсивности в среднем колеблется от 30 до 50 дней.

По характеру рельефа территория области представлена сочетанием равнин, возвышенностей и низменностей и включает такие крупные геоморфологические единицы, как Приволжская возвышенность и низкое Заволжье с долиной реки Волга.

Среднегодовые скорости ветра колеблются в пределах от 4 до 5 м/с. Зимой в открытых степях могут наблюдаться сильные ветры со скоростью более 30 м/сек. Сильные снежные бураны в Заволжье – частое явление. Наименьшие скорости ветра наблюдаются в июне, июле и августе.

### **3.2. Гидрогеологические и почвенные условия района исследования**

Экспериментальный участок расположен на левом берегу долины реки Волги, в геоморфологическом положении – 3-я терраса Волги, высокий увал, вытянутый вдоль Волги, образовавшийся за счет расчленения террасы балкой.

Опытный участок находится в 5,5 км к северо – востоку от южной окраины СХА «Михайловское» (Марксовский район Саратовской области).

Почвенный покров территории представлен сочетанием темно-каштановых почв [28, 217] склонов и водоразделов, лугово-каштановых и лугово-черноземных почв в западинах и ложбинах.

В почвенном отношении район проведения исследований характеризуется сравнительным однообразием. Наибольшее распространение в этом районе имеют темно-каштановые почвы, составляющие основной почвенный фон этого района. Они занимают все повышенные платообразные водоразделы сыртов и их склоны северной экспозиции. Содержание гумуса в них колеблется от 3,5 до

5%. По механическому составу эти почвы различны. Помимо тяжелосуглинистых, наиболее распространенных разновидностей, встречаются почвы суглинистые и супесчаные, в особенности по склонам волжских террас и речных долин.

Почва опытного участка темно-каштановая среднесуглинистая. Плотность сложения почвы в слое 0...100 см составляет 1,24...1,63 т/м<sup>3</sup>, плотность твердой фазы 2,6...2,66 т/м<sup>3</sup>, пористость 35,7...52,3 %, наименьшая влагоемкость постепенно снижается по глубине с 25,9 % в верхнем (0–10 см) слое, до 18,2 % в слое 90–100 см имея среднее значение 20,9 %. Уровень грунтовых вод находится на глубине более 10 метров. Содержание гумуса в пахотном слое – 3,9 %. Почвы не засоленные и не солонцеватые, доля обменного натрия < 5 % ЕКО.

Для описания морфологии почв опытного участка был вырыт шурф, по которому было сделано описание почвенного профиля (рис. 3.1).

Гранулометрический состав почв опытного участка по классификации Н. А. Качинского [94], представлен в таблице 3.1.



Рисунок 3.1 – Почвенный профиль опытного участка

Почвы опытного участка характеризуются следующими морфологическими признаками:

A<sub>1</sub> (0–19 см) – Суглинок темно–серый с буроватым оттенком, структура комковато-призматическая, по плотности – рыхлый к плотному, тонкопористый, мелкотрещиноватый, имеет химическое новообразование: выцветы хлоридов, кремнезем в виде мелкого SiO<sub>2</sub> и биологическое: отмершая корневая система и живая корневая система, от 10% соляной кислоты не вскипает, переход от горизонта резкий по плотности.

B<sub>1</sub> (19–32 см) – Глинистый грунт, сухой, темно–серый с буроватым оттенком, структура крупноглыбистая, очень плотный, тонкопористый, имеет мелкие вертикальные трещинки, химические новообразования: выцветы хлоридов, оглинение, железистые охристые мелкие пятна, биологические новообразования: живая корневая система, от 10% соляной кислоты не вскипает, переход от горизонта резкий к ясному.

B<sub>2</sub> (32–78 см) – Глинистый грунт, сухой, темноватобурый, структура крупно-комковато-призматическая, очень плотный, тонкопористый, имеет мелкие трещинки, горизонт очень слабо окрашен гумусовыми соединениями с 62 см встречаются выцветы карбонатов, включений нет, от 62 см вскипает бурно, переход от горизонта постепенный к заметному.

C<sub>к</sub> (78–158 см) – Бурая карбонатная глина, карбонаты в виде черточек, прожилок, точек, пятен, Гумус аккумулятивный иллювиальный солонцовый, имеет оглинение.

Таблица 3.1 – Гранулометрический состав (в %) темно–каштановой почвы сухостепного Заволжья

№ п/п	Глубина	Размер, мм					
		1– 0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	<0,001
1	5–15	5,46	39,1	19,31	12,15	13,62	10,36
2	15–25	4,42	33,47	29,35	7,68	8,33	16,75
3	25–35	3,85	35,22	27,34	8,89	10,58	14,12
4	35–45	3,47	35,64	23,73	11,76	13,92	11,48
5	45–55	3,32	35,95	27,61	11,05	11,87	10,2
6	55–65	3,1	36,92	23,77	12,6	11,86	11,75
7	65–75	3,42	45,65	19,72	8,83	8,14	14,24
8	75–85	3,4	41,34	23,88	6,21	12,22	12,95
9	85–95	5,97	42,06	30,81	5,09	10,26	5,81

Водно–физические свойства почвы приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Водно–физические свойства почв опытного участка

Глубина, м	Плотность твёрдой фазы, т/м <sup>3</sup>	Плотность сложения почвы, т/м <sup>3</sup>	Максимальная гигроскопичность, %
0–0,1	2,6	1,24	12,4
0,1–0,2	2,61	1,31	11,9
0,2–0,3	2,62	1,38	11,2
0,3–0,4	2,62	1,42	10,8
0,4–0,5	2,62	1,44	10,6
0,5–0,6	2,65	1,49	10,1
0,6–0,7	2,65	1,59	9,9
0,7–0,8	2,66	1,61	9,6
0,8–0,9	2,66	1,62	9,4
0,9–1,0	2,66	1,63	9,1
Глубина, м	Пористость, %	Наименьшая влажёмкость, % от веса почвы	Влажность завядания, % от веса почвы
0–0,1	52,3	25,9	18,6
0,1–0,2	49,8	24,8	17,8
0,2–0,3	47,3	22,6	16,8
0,3–0,4	45,8	21,6	16,2
0,4–0,5	45,0	20,2	15,9
0,5–0,6	43,8	19,6	15,2
0,6–0,7	40,0	19,1	14,8
0,7–0,8	39,5	18,6	14,4
0,8–0,9	37,2	18,4	14,3
0,9–1,0	35,7	18,2	14,2

### 3.3 Метеорологические условия периода исследований

В настоящее время, не только за рубежом, но и в России научные организации и сельскохозяйственные предприятия переходят на самообслуживание. Начинают сами вести метеорологические наблюдения с помощью современных метеостанций различных конструкций. Одной из них

является автоматическая метеостанция «ZENO – 3200», фирмы «Coastal Environmental Systems, Inc» США [2].

Данная метеорологическая станция была установлена вблизи опытного участка, метеостанция позволяет получать метеоданные через заданный пользователем интервал времени.

Полученные с метеостанции «ZENO – 3200» основные среднесуточные климатические показатели представлены в Приложении Б, таблица 1–3.

За годы исследований осадков выпало 188 – 261,7 мм при норме по среднемноголетним данным 203 мм.

Динамика среднесуточной температуры воздуха, относительной влажности воздуха, суммы осадков по декадам и суточных величин испарения по годам исследований приведена на рисунках 3.2, 3.3, 3.4, 3.5.

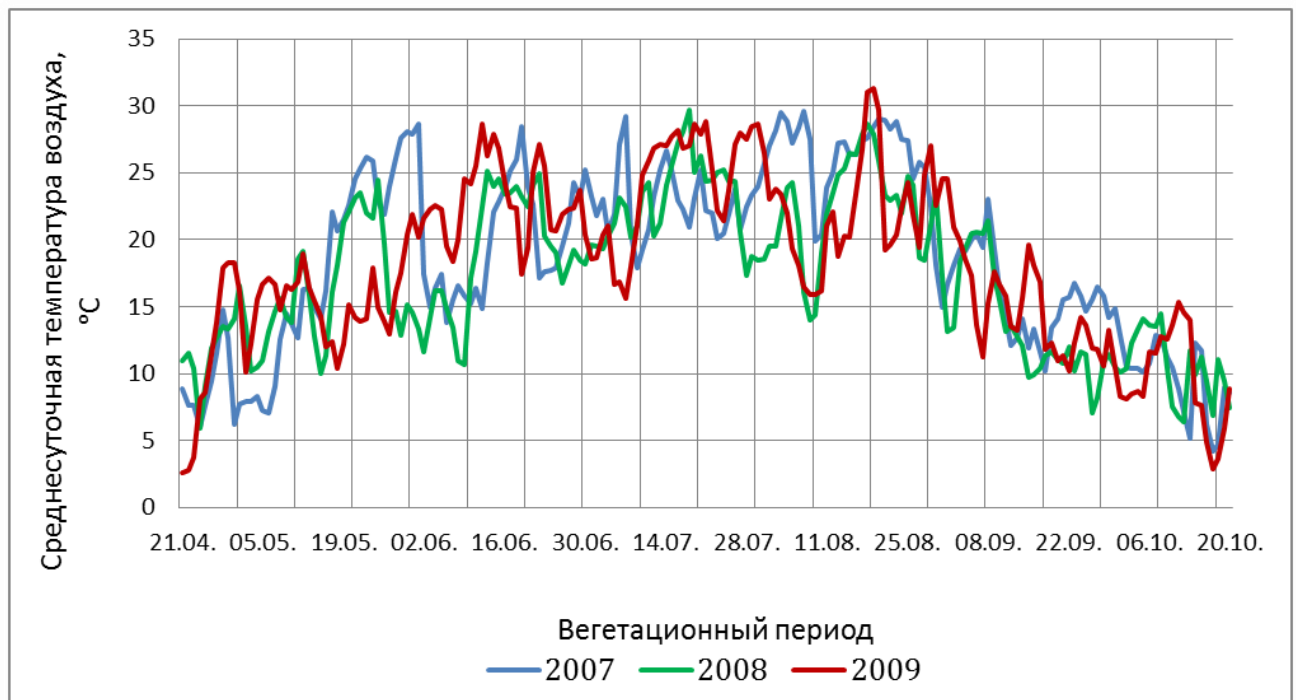


Рисунок 3.2 – Среднесуточные температуры воздуха за годы исследований

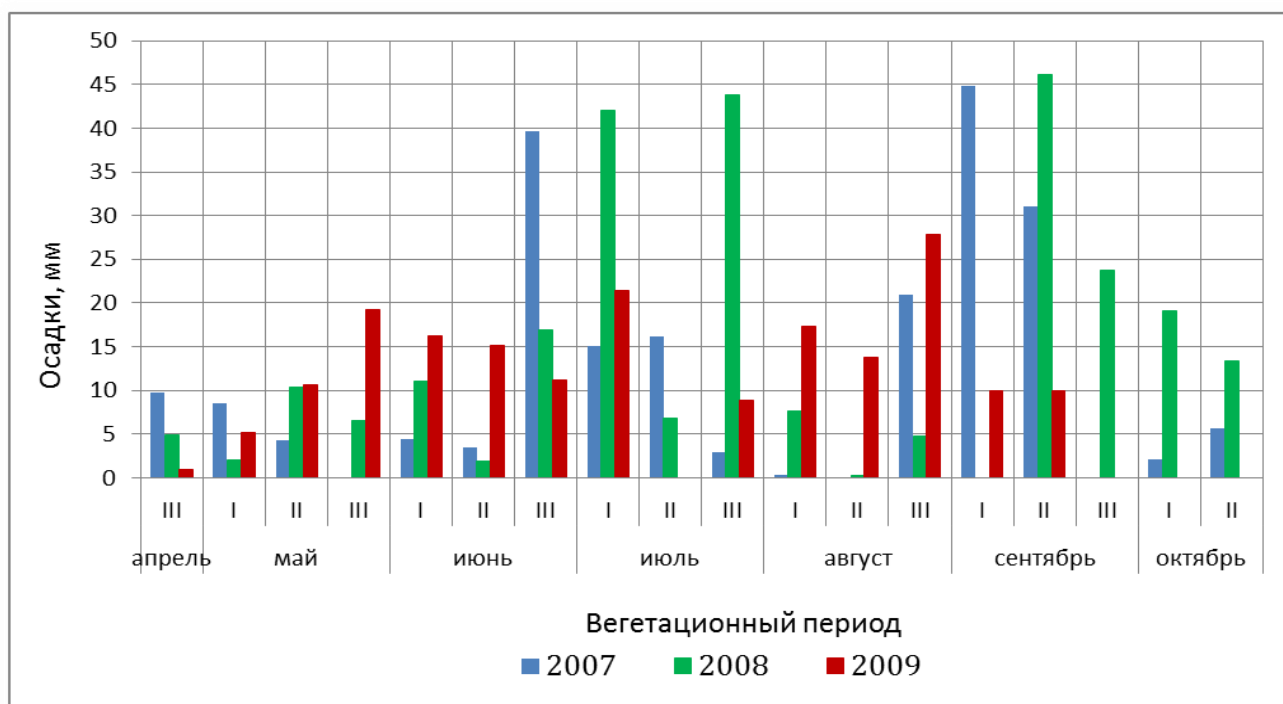


Рисунок 3.3 – Суммы осадков по декадам за годы исследований

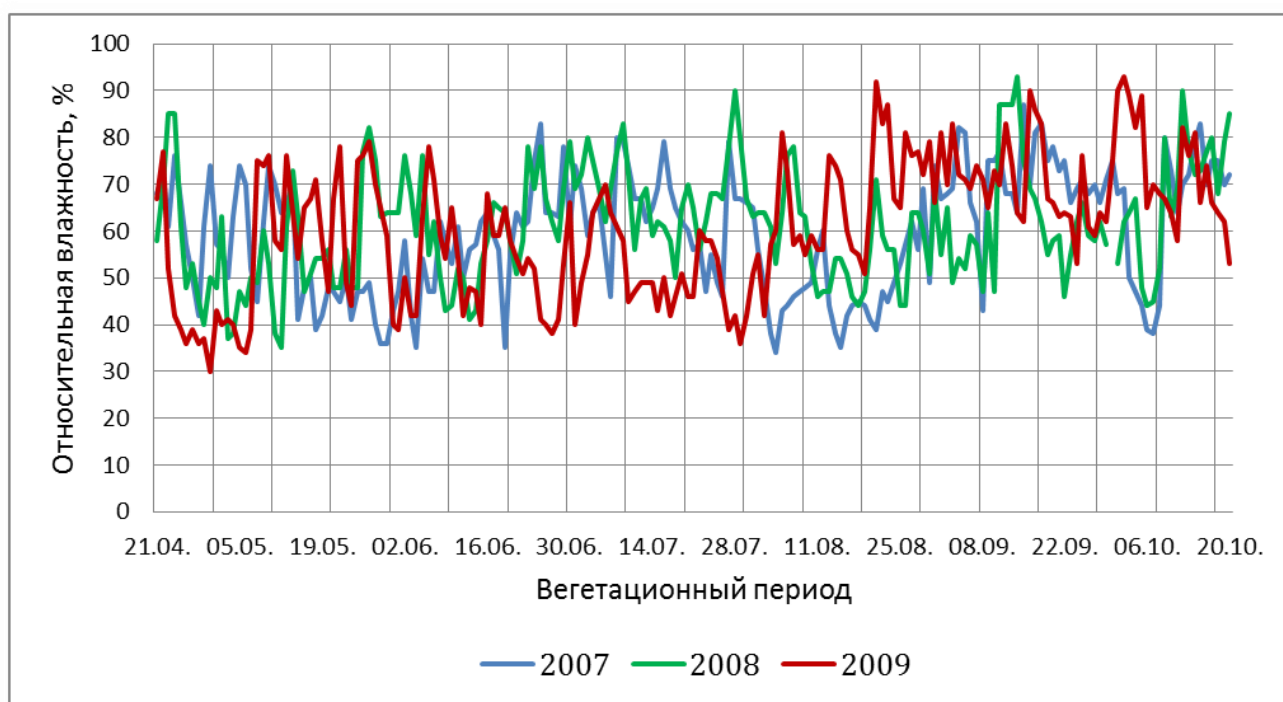


Рисунок 3.4 – Среднесуточная относительная влажность воздуха, % за годы исследований

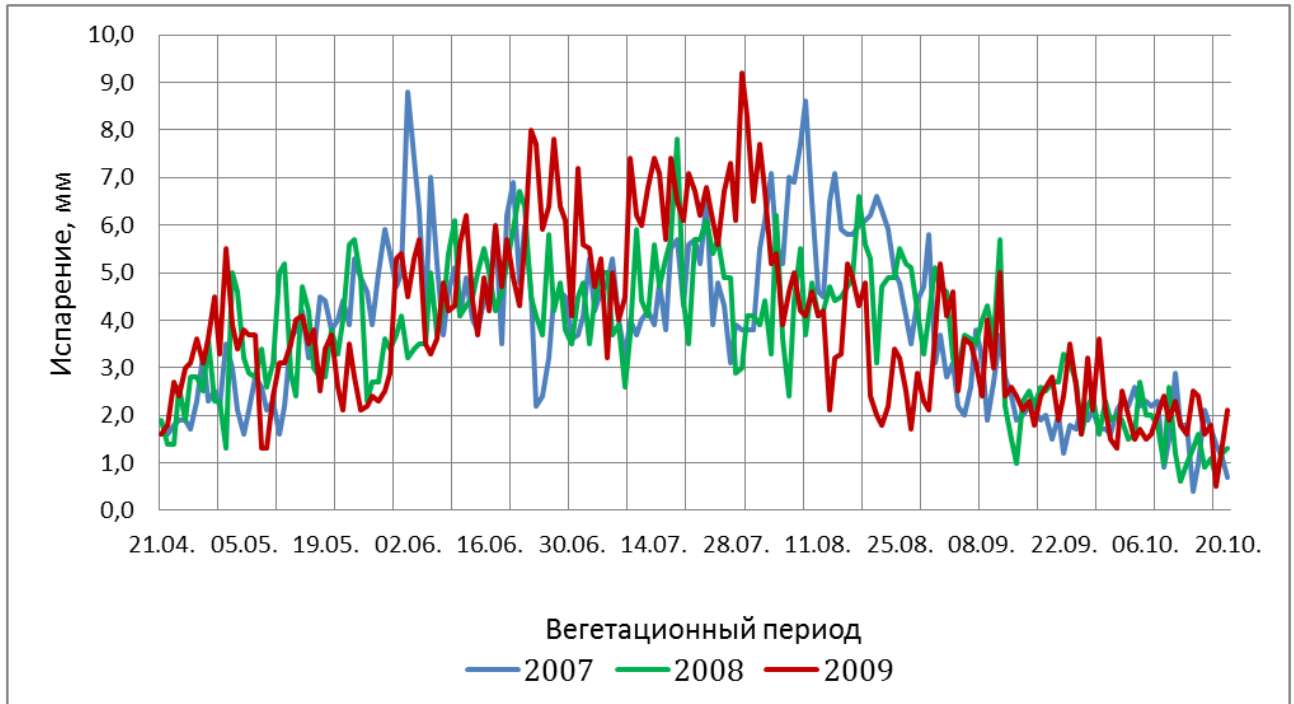


Рисунок 3.5 – Суточная величина испарения, мм по дням за годы исследований

Анализируя годы исследования, можно отметить следующее:

2007 год отличался крайне неустойчивым температурным режимом и острым дефицитом осадков в мае, и августе. Средняя за основной период вегетации температура воздуха составила  $19^{\circ}$ , сумма осадков составила за период 3 декада апреля по 2 декаду октября 209,3 мм, величина средней относительной влажности составила 60 %. По ГТК = 0,6 этот год можно охарактеризовать как средне засушливый.

2008 год характеризовался преобладанием экстремально высокого температурного режима во вторую половину зимы и ранней весны и умеренным, местами пониженным температурным режимом в основной период вегетации культур. Средняя за май – июль температура воздуха оказалась близкой к норме. Сумма осадков за основной период вегетации (май – июль) в среднем по области составила 159 мм или 127% нормы, в Саратове 216 мм (155% нормы), по данным метеостанции Маркс сумма осадков за апрель – октябрь составила 261,7 мм, что на 20 % больше по сравнению с 2007 годом. Средняя температура воздуха составила

17,6° С, что на 7 % ниже температуры 2007 года, средняя относительная влажность составила 61%. По ГТК=0,8 год относится к умеренно–увлажненному.

2009 год характеризовался преобладанием повышенного температурного режима зимой, аномально низкими температурами весной и экстремально высоким температурным режимом в июне и июле. Средняя за вегетационный период температура воздуха составила 18,5°, что на 3 % ниже температур в 2007 году и выше температуры 2008 года на 5 %. Сумма осадков за период вегетации составила 188 мм, что ниже на 28 % от суммы осадков в 2008 году и на 10 % от суммы осадков в 2007 году. Этот год по ГТК = 0,6 характеризуется как средне засушливый.

### **3.4. Методика проведения полевых исследований**

Полевые опыты проводились в 2007...2009 гг. на опытном поле СХА «Михайловское» Марковского района Саратовской области.

Влажность почвы на посевах люцерны поддерживали в интервале 75–95 % НВ в слое 0–80 см (75 % – предполивной порог, 95 % – верхний порог увлажнения).

Схема проведения опытов была составлена согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [148–149].

Отбор почвенных образцов проводился в соответствии с общепринятыми методиками и нормативами: ГОСТ 17.4.3.01–83 [41]; ГОСТ 17.4.4.02–84 [42]; ГОСТ 28168–89 [47].

Содержание гумуса определялась по методу мокрого сжигания по И. В. Тюрину (ГОСТ 26213–91) [43].

Определение гранулометрического состава почвы проводили по методике Н. А. Качинского [94] согласно ГОСТ 12536–79 [40].



Определение плотности сложения почвы было выполнено методом режущего кольца, плотность твердой фазы получена пикнометрическим методом согласно ГОСТ 5180–84 [49].

Плотность сложения почвы определяли методом режущего кольца объемом  $100 \text{ см}^3$ , высотой и диаметром около 5 см (рис. 3.6), каждые 10 см.



Рисунок 3.6 – Определение плотности сложения почвы методом режущего кольца

Гидрологические константы исследованной темно-каштановой среднесуглинистой почвы: наименьшая влагоемкость, влажность завядания, определяли методом залива площадок согласно методике А. Ф. Вадюниной и З. А. Корчагиной [29].

Для измерения давления почвенной влаги использовался тензиометрический метод, который позволяет оценить энергетическое состояние влаги в почве при помощи функции давления почвенной влаги от влажности почвы (ОГХ),

измеренную тензиметрами марки Т4 – 60/20 согласно методическому руководству по исследованию физических свойств и режимов почв [150].

Определения влажности почвогрунтов проводилось термостатно–весовым методом, согласно ГОСТ 28268–89 [48] и скважными влагомерами Delta–Т PR–2 и TRIME–FM согласно инструкциям [249–250].

Проводили анализы полной водной вытяжки и содержание солей в почвенно-поглощающем комплексе согласно ГОСТ 26487–85 [44]; ГОСТ 26950–86 [45], ГОСТ 27821–88 [46].

Химические анализы почв были выполнены в Саратовской гидромелиоративной партии.

Фенологические наблюдения проводились согласно методике Госсортсети и учет урожая люцерны проводились по методике Б. А. Доспехова [64]. Урожайность люцерны учитывали методом сплошной уборки, учетная площадь 100 м<sup>2</sup>, за вегетационный период люцерны было получено три укоса.

Предшественником люцерны являлась озимая пшеница. Посев люцерны осуществляли беспокровно в конце апреля рядовым способом. Норма высева семян составляла 15 кг/га. После каждого укоса проводилось боронование в два следа поперек посева для омоложения старого травостоя и лучшего впитывания летних осадков. Укосы люцерны на зеленый корм проводили в фазу «бутонизация – цветение». Удобрения вносили в виде фосфорно–калийных подкормок весной под боронование и после укосов. Поливы проводили при снижении влажности почвы в 0–80 см слое почвы до 75%НВ.

Водно–балансовая площадка (3.7–3.8) была оборудована двумя трубками – скважинами, для измерения влажности почвы скважным влагомером Delta–Т PR–2 и TRIME–FM (рис. 3.9).



Рисунок 3.7 – Подготовка водно–балансовых площадок



Рисунок 3.8 – Общий вид расположения водно–балансовых площадок



Рисунок 3.9 – Размещение скважин для измерения влажности почвы приборами Delta-T PR-2 и TRIME-FM

Классическим методом определения влажности почвогрунтов является термостатно-весовой метод, основными недостатками которого являются малая оперативность, трудоемкость и невозможность многократных локальных измерений по причине разрушения образца.

В настоящее время наиболее успешным в практике является метод, основанный на использовании скважных влагомеров [176, 179]. Поэтому измерение влажности почвогрунтов в наших исследованиях мы проводили скважным влагомером TRIME-FM с шагом 5 см, разработанного немецкой фирмой «IMKO micromodultechnik, GmbH» [81, 249]. Зонд TRIME-FM производит высококачественный импульс (до 1 ГГц), который распространяется по металлическим щеткам, создавая электромагнитное поле вокруг зонда. В конце поля импульс возвращается назад к источнику. По времени прохождения (3 пикосекунды – 2 наносекунды) определяется скорость распространения, которая, прежде всего, зависит от влажности почвы. Таким образом, определяется объемная влажность почвы, которая выводится на дисплей прибора.

Репрезентативность измерения влажности почвогрунтов влагомером TRIME–FM была проведена в 2006 году, на темно–каштановой почве в Марксовском районе С. В. Затиначкиными др. [76].

Также мониторинг влажности почвы проводили влагомером Delta–T PR–2к [250] который имеет 4 сенсора на глубину 10, 20, 30 и 40 см, данный прибор применяют для определения влажности почв грунта в верхних горизонтах.

Поскольку есть заинтересованность в значении влажности в слое 0–80 см, поэтому для исследования водного режима почвы, проведен анализ влажности почвы, измеренной скважным влагомером TRIME–FM.

Мониторинг влажности почвы проводили с интервалом от 1 до 5 суток в межполивной период, увеличивая шаг по мере иссушения почвы.

Значения влажности расчетного слоя (0–80 см) почвы (средняя за декаду) по вариантам исследований за вегетационный период люцерны по годам исследований приведены в Приложении В, таблица 1, 2, 3.

Для определения наименьшей влагоемкости был окопан монолит 2х2 м, который изолировали со всех сторон полиэтиленовой пленкой до глубины 1,0 м для предотвращения бокового растекания воды и обратно закопали. Сверху монолит был армирован досками с четырех сторон. Поскольку на поле были созданы гребни и борозды, поверхность монолита выровняли (относительные превышения не более 1–2 см, контроль с помощью нивелира). На поверхности монолита создали несколько секций для отдельного учета водоподачи путем установки перегородок из досок. Необходимо, чтобы эти перегородки могли быть врезаны в почву на глубину 2–3 см и обеспечивали герметичность по отношению к боковому перетоку воды по поверхности из одной секции в другую. Полив проводили небольшой порцией, создавая слой воды около 1 см. Для предотвращения размыва на поверхность почвы клали мешковину, закрепив край так, чтобы она не всплывала. В первом такте подано суммарно 250 мм слоя воды в течение 1,2 часа. После завершения впитывания воды монолит сверху накрывали пленкой для предотвращения испарения и в течение 2–х суток определяли влажность. По истечению 2–х суток осуществили 2–ой такт полива суммарной

нормой 128 мм, которая впитывалась около 1,5 часа. После впитывания воды монолит опять закрывали пленкой, определяли влажность и записывали показания тензиометров в течение 2–х суток. Параметры впитывания приведены в Приложении Г, таблица 1.

За наименьшую влагоемкость (НВ) приняты значения влажности почвы через трое суток после 2–го такта полива, что подтверждено значением давления почвенной влаги по тензиометрам, равной нулю. Влажность завядания (ВЗ) рассчитана по ОГХ ( $pF=4,18$ ).

Схема эксперимента разработана согласно цели и задач исследования.

### 3.5. Определение суммарного водопотребления

Водный баланс почвенного профиля характеризует взаимодействие климатических факторов с условиями подстилающей поверхности, почвенно-геологическое строение территории, свойства подстилающих грунтов. На водный баланс почвенного профиля оказывает большое значение фактор орошения, который способен коренным образом преобразовывать естественный водный баланс почвы.

Водный баланс почвы характеризуется общим уравнением водного баланса, которое является ограниченным по площади участка орошаемой территории и для конечного промежутка времени имеет следующий вид:

$$ET = P + M + Z_m + Z_x + F_{wp} + F_{subp} - F_{wo} - F_{subo} - E - E_w - F_{c\bar{o}} + \Delta W \pm q \quad (3.1)$$

где

$$\Delta W = \Delta W_{sub} + \Delta W_{fl} \quad (3.2)$$

$$\Delta W_{нодз} = \Delta W_H + \Delta W_{зр} \quad (3.3)$$

$$\Delta W_{нов} = \Delta W_{сн} + \Delta W_{нон} \quad (3.4)$$

где  $P$  — атмосферные осадки, мм;  $M$  — оросительная норма, мм;  $Z_m$ ,  $Z_x$  — фильтрация воды из оросительных каналов, мм;  $F_{wp}$ ,  $F_{subp}$  — приток поверхностных, грунтовых и внутрипочвенных вод, мм;  $F_{wo}$ ,  $F_{subo}$  — сток

поверхностных, грунтовых и внутрипочвенных вод, мм;  $E$  — суммарное испарение, мм,  $E_w$  — испарение с водной поверхности, мм;  $F_{сб}$  — сток поливных вод через дренаж, мм;  $\Delta W$  — изменение запасов влаги, мм:  $\Delta W_{нов}$  — на поверхности,  $\Delta W_{подз.}$  — в толще почвогрунтов и в водоносном слое,  $\Delta W_n$  — в почвогрунтах зоны аэрации,  $\Delta W_{gp}$  — в грунтовых водах,  $\Delta W_{сн}$  — в снеге,  $\Delta W_{пон}$  — в понижениях рельефа,  $q$  — показатель водообмена верхнего водоносного слоя с нижележащими, мм.

В условиях опытного участка уравнение водного баланса меняется вследствие следующих особенностей:

Уклон поверхности поля, интенсивность дождя при поливе или атмосферных осадках таковы, что весь объем поступившей воды полностью впитывается и поверхностный сток практически отсутствует:

$$F_{subp}, F_{wp} = 0 \quad (3.5)$$

Уровень грунтовых вод лежит значительно ниже 3 м от поверхности почвы, поэтому:

$$F_{suba}, F_{wo} = 0 \quad (3.6)$$

На орошаемом участке нет искусственной дренажной системы:

$$M_{сб} = 0 \quad (3.7)$$

Магистральный и хозяйственные каналы находятся за пределами зоны влияния на орошаемый массив:

$$Z_m, Z_x = 0 \quad (3.8)$$

$$E_w = 0 \quad (3.9)$$

Таким образом, уравнение водного баланса для исследуемых условий модифицируется. Входящее в него водопотребление культуры определяется как остаточный член при условии, что остальные члены баланса определены независимо друг от друга:

$$ET = P + M + \Delta W \pm q \quad (3.10)$$

где:  $ET$  – суммарное водопотребление, мм;  $P$  – атмосферные осадки, мм;  $M$  — оросительная норма, мм;  $\Delta W$  – изменение запасов влаги, мм;  $q$  – показатель водообмена верхнего водоносного слоя с нижележащими, мм.

В наших исследованиях водопотребление определялось путем проведения измерений составляющих водного баланса в полевых условиях.

### **Выводы:**

1. Климатические условия за время проведения экспериментальных исследований были различны, как по годам исследований, так и по внутри сезонному распределению осадков и суммам активных температур, так 2007, 2009 годы были средне засушливыми, 2008 год умеренно–увлажненный.

2. Проведение полевых опытов, отбор проб, образцов для определения водно-физических свойств почв осуществлялось в соответствии с общепринятыми методиками, рекомендациями и ГОСТами.



## Глава 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО АДАПТИВНОМУ НОРМИРОВАНИЮ ОРОШЕНИЯ ЛЮЦЕРНЫ

### 4.1 Водный режим и динамика влагозапасов под посевами люцерны

Водный режим является одним из главных факторов, от которого зависит величина и стабильность получения урожая культуры. Основным показателем водного режима является влага, ее доступность для растений и подвижность. Когда влажность почвы близка к НВ, то почвенная влага становится наиболее доступной для культуры, а при ее снижении доступность тоже снижается.

Для поддержания предполивного порога влажности 75 % НВ потребовалось проведение 5 (2008) – 7 (2007, 2009) поливов поливной нормой 500 м<sup>3</sup>/га. Величина поливной нормы была назначена согласно рекомендациям ВолжНИИГиМа равной 500 м<sup>3</sup>/га [113].

Поливной режим люцерны по годам исследований представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Поливной режим люцерны по годам исследований

Годы	Дата проведения полива							Оросит норма, м <sup>3</sup> /га
	1	2	3	4	5	6	7	
2007	31.05	15.06	27.06	14.07	28.07	10.08	22.08	3500
2008	30.05	16.06	30.06	05.08	23.08			2500
2009	24.05	09.06	21.06	05.07	20.07	03.08	30.08	3500

Анализ таблицы 4.1. показывает что, величина оросительной нормы составила в 2007, 2009 г. – 3500 м<sup>3</sup>/га, в 2008 г. – 2500 м<sup>3</sup>/га. Для назначения даты проведения поливов, необходимо установить динамику влагозапасов почвы [177]. Поэтому требовалось определение влажности почвы на каждый 3–5 день.

Динамика влагозапасов почвы за годы исследований представлена на рис. 4.1 – 4.18.

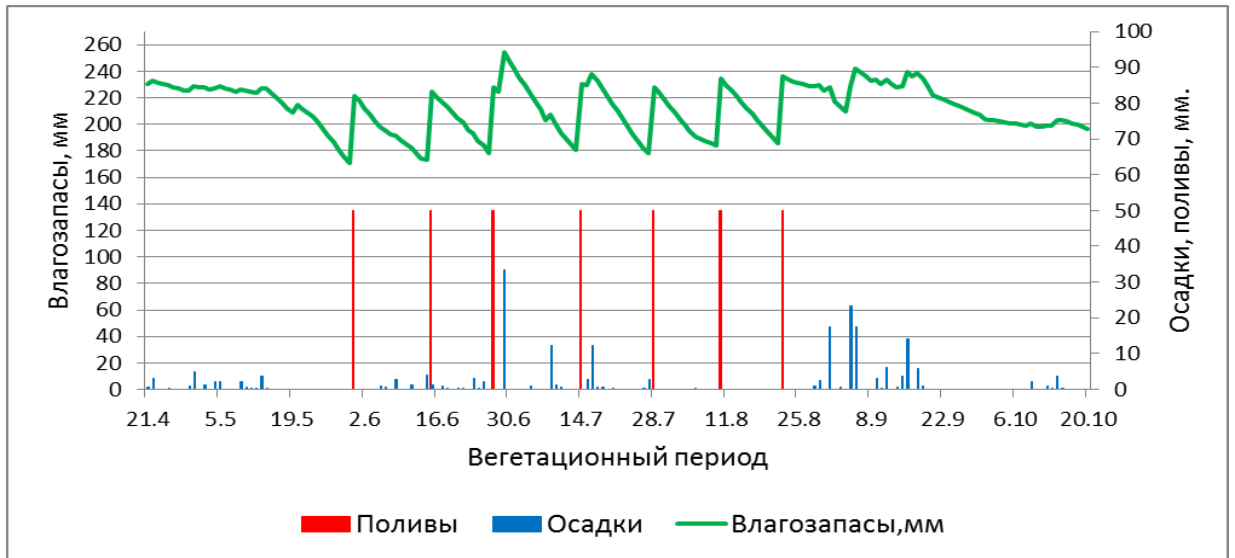


Рисунок 4.1 – Динамика влагозапасов почвы водно-балансовой площадки 1 (2007 г.)

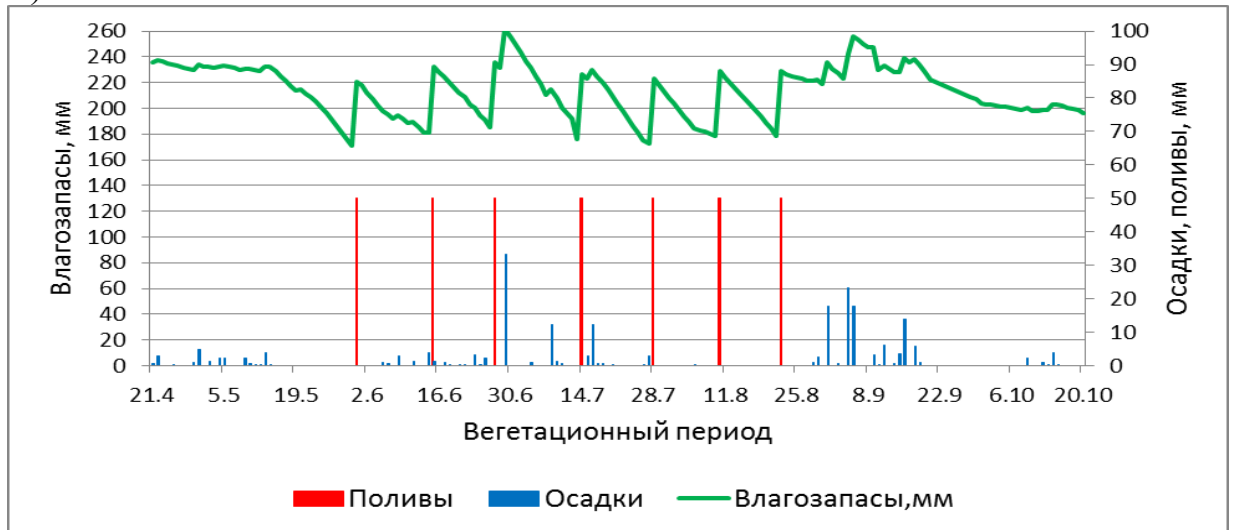


Рисунок 4.2 – Динамика влагозапасов почвы водно-балансовой площадки 2 (2007 г.)

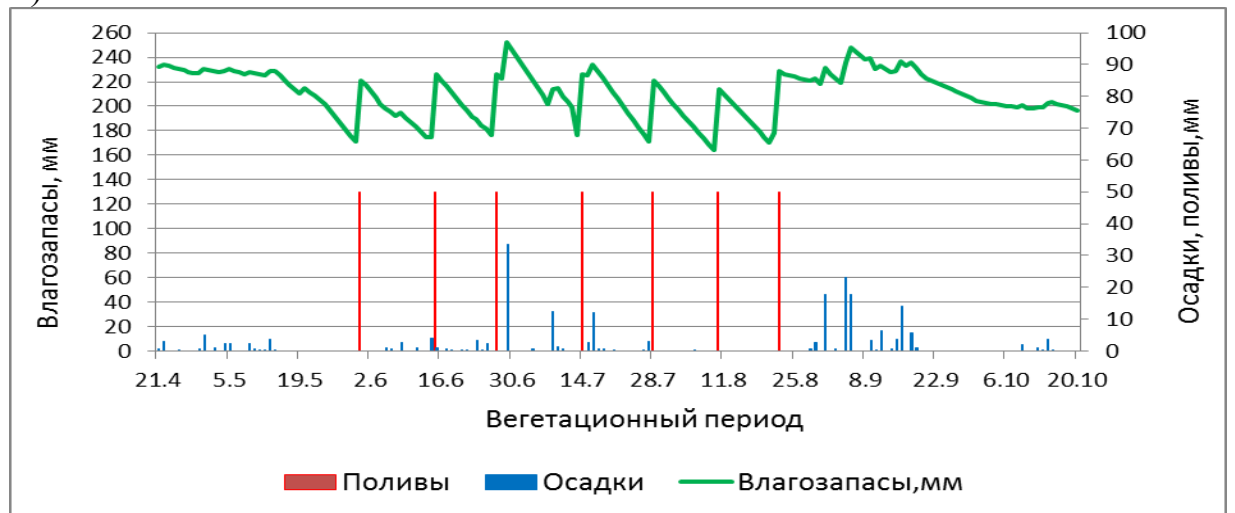


Рисунок 4.3 – Динамика влагозапасов почвы водно-балансовой площадки 3 (2007 г.)

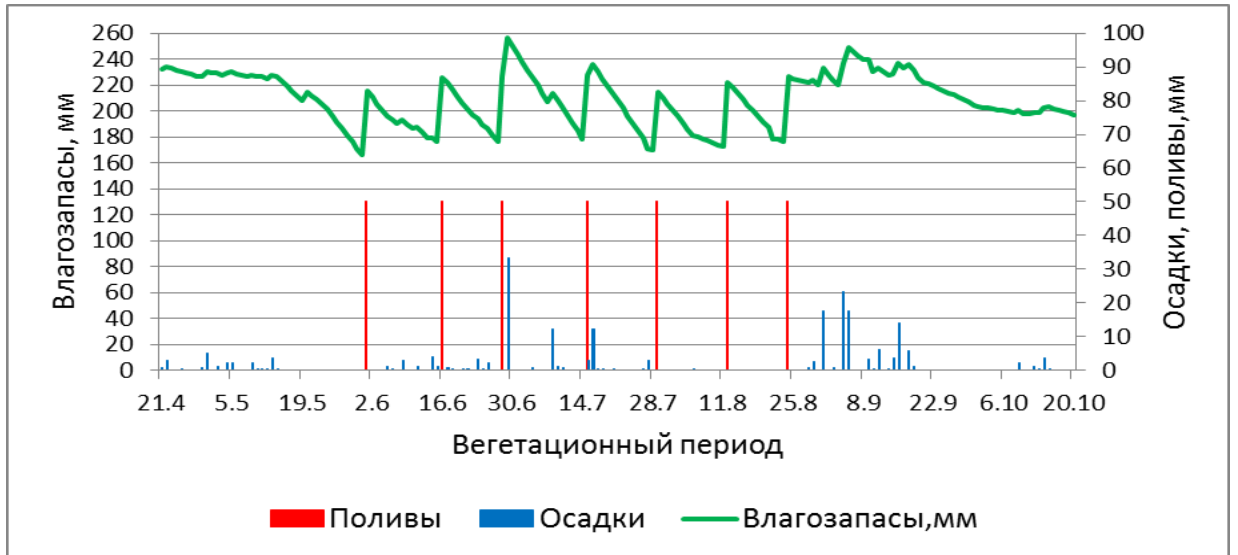


Рисунок 4.4 – Динамика влагозапасов почвы водно-балансовой площадки 4 (2007 г.)

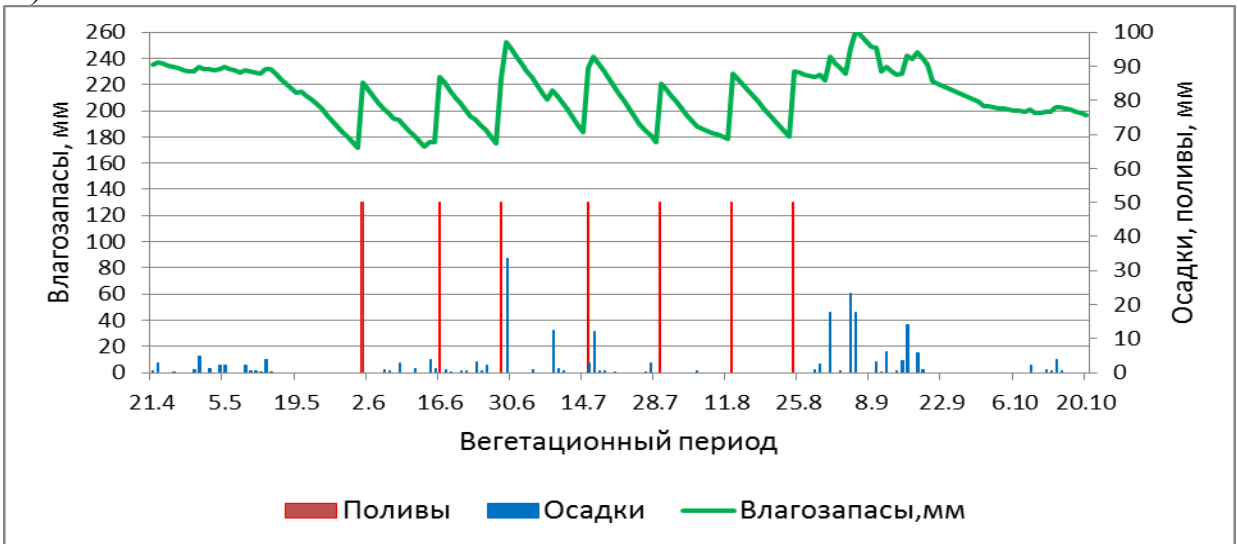


Рисунок 4.5 – Динамика влагозапасов почвы водно-балансовой площадки 5 (2007 г.)

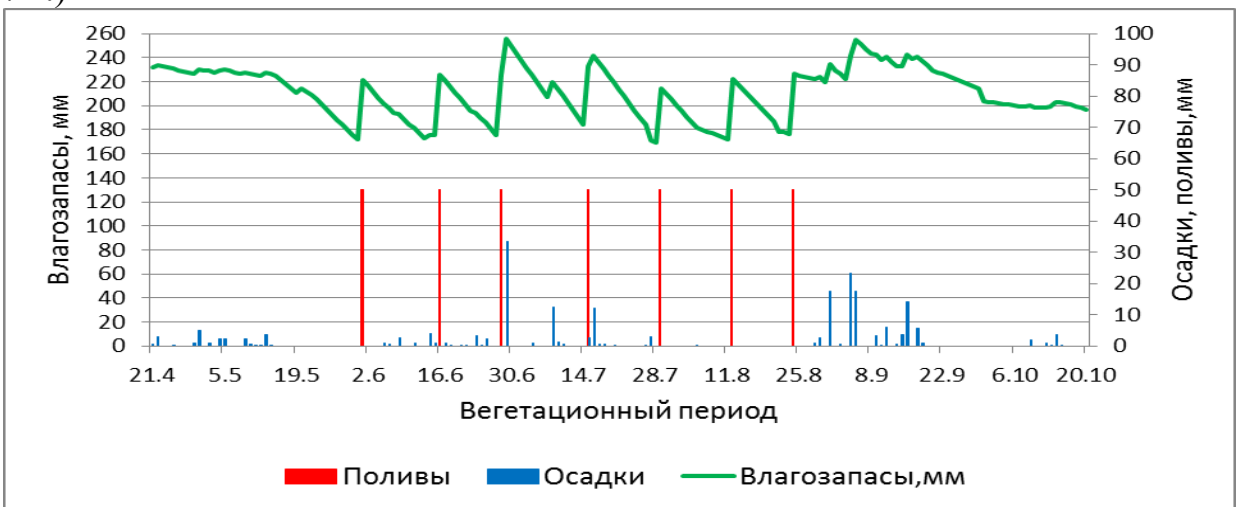


Рисунок 4.6 – Динамика влагозапасов почвы водно-балансовой площадки 6 (2007 г.)

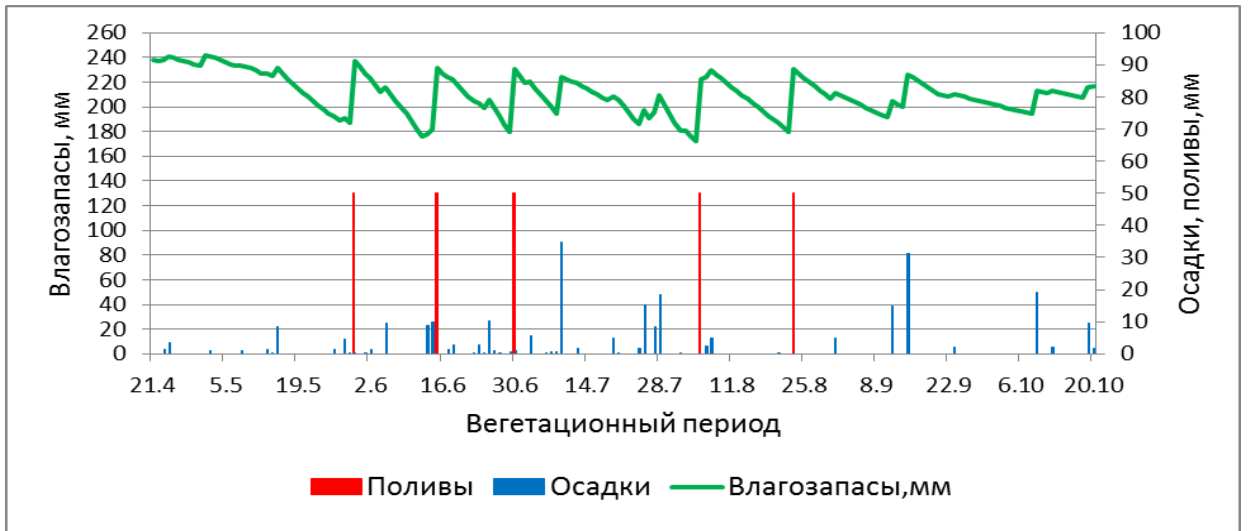


Рисунок 4.7 – Динамика влагозапасов почвы водно-балансовой площадки 1 (2008 г.)

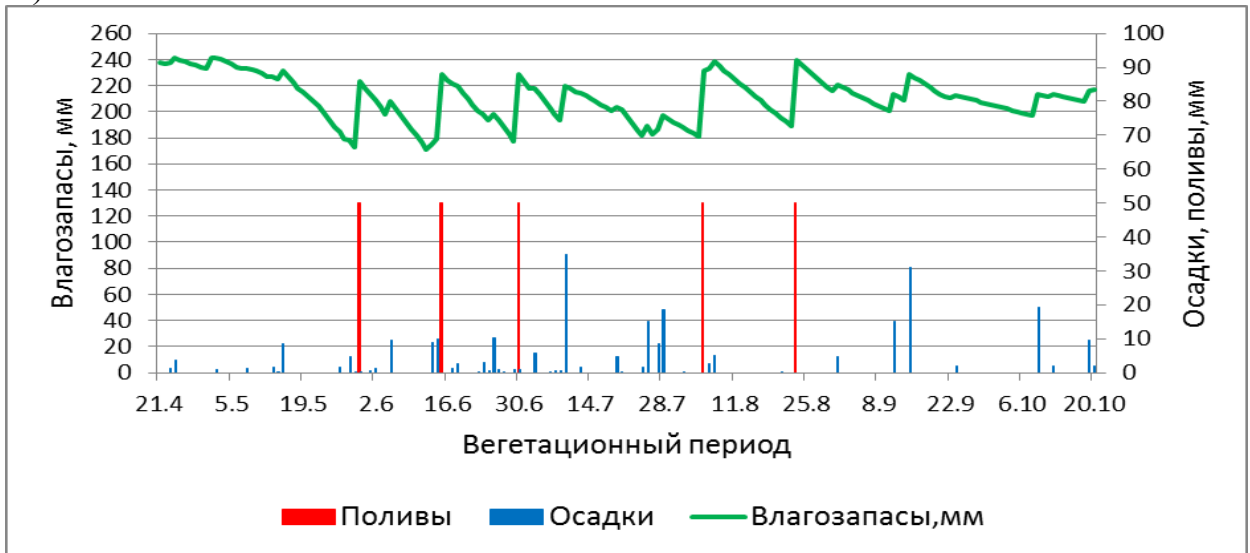


Рисунок 4.8 – Динамика влагозапасов почвы водно-балансовой площадки 2 (2008 г.)

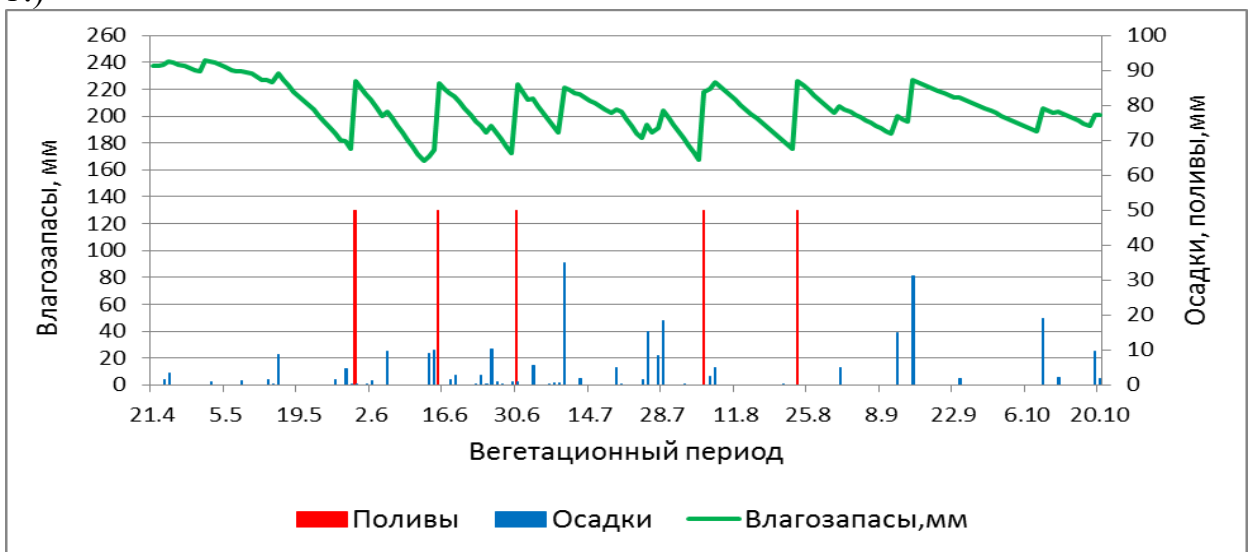


Рисунок 4.9 – Динамика влагозапасов почвы водно-балансовой площадки 3 (2008 г.)

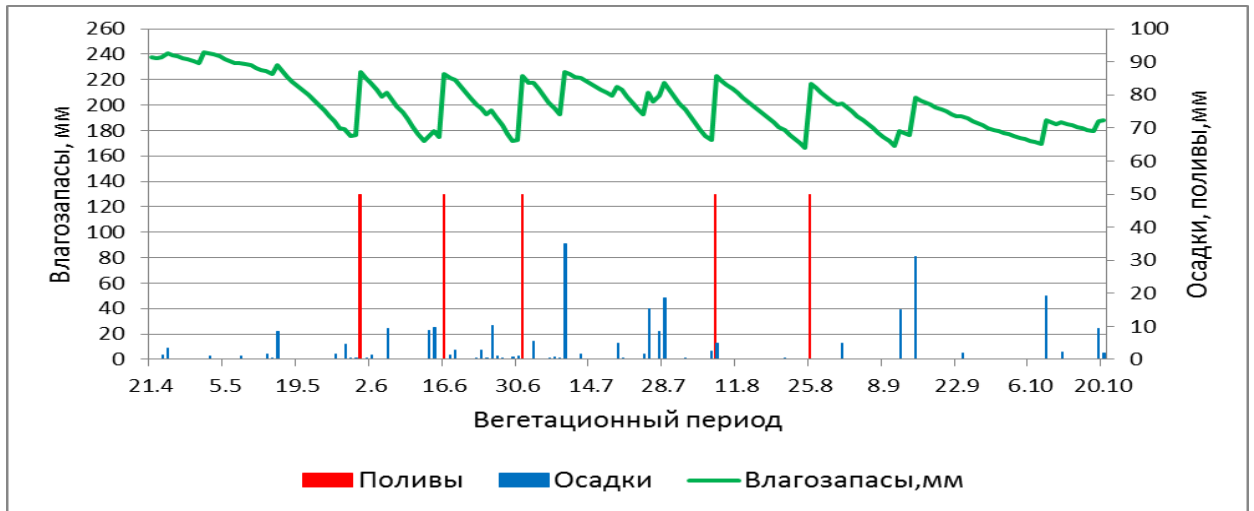


Рисунок 4.10 – Динамика влагозапасов почвы водно-балансовой площадки 4 (2008 г.)

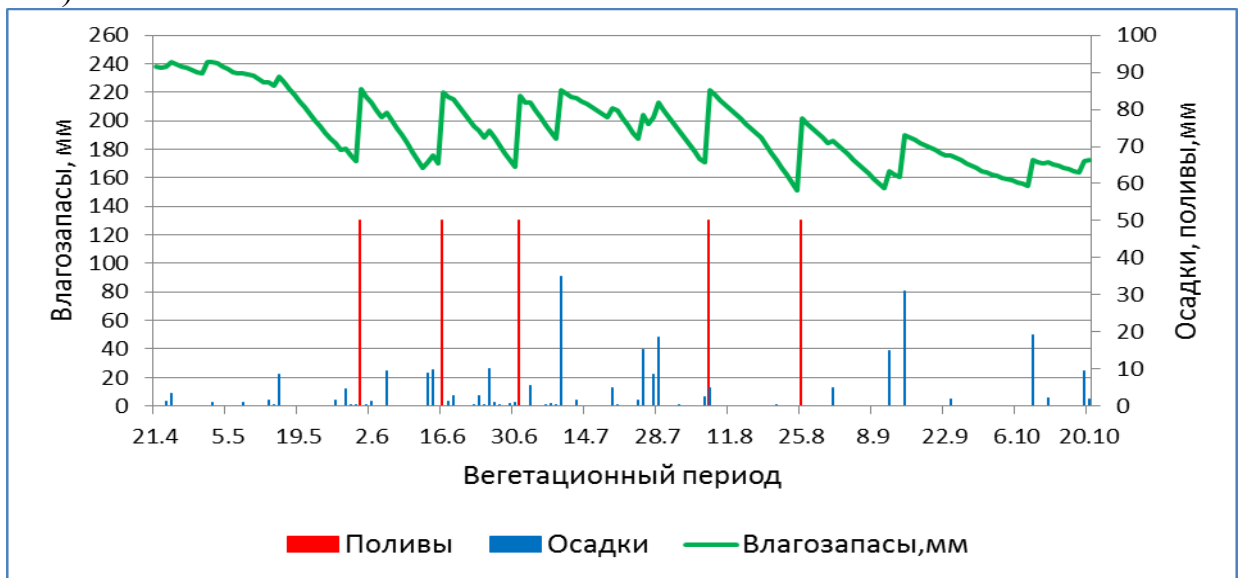


Рисунок 4.11 – Динамика влагозапасов почвы водно-балансовой площадки 5 (2008 г.)

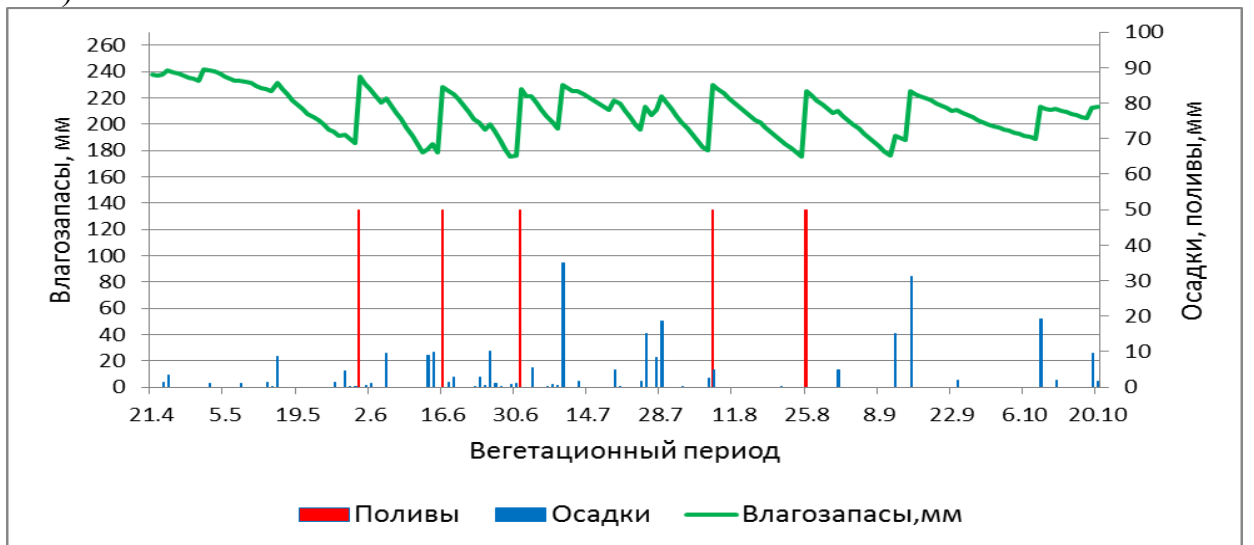


Рисунок 4.12 – Динамика влагозапасов почвы водно-балансовой площадки 6 (2008 г.)

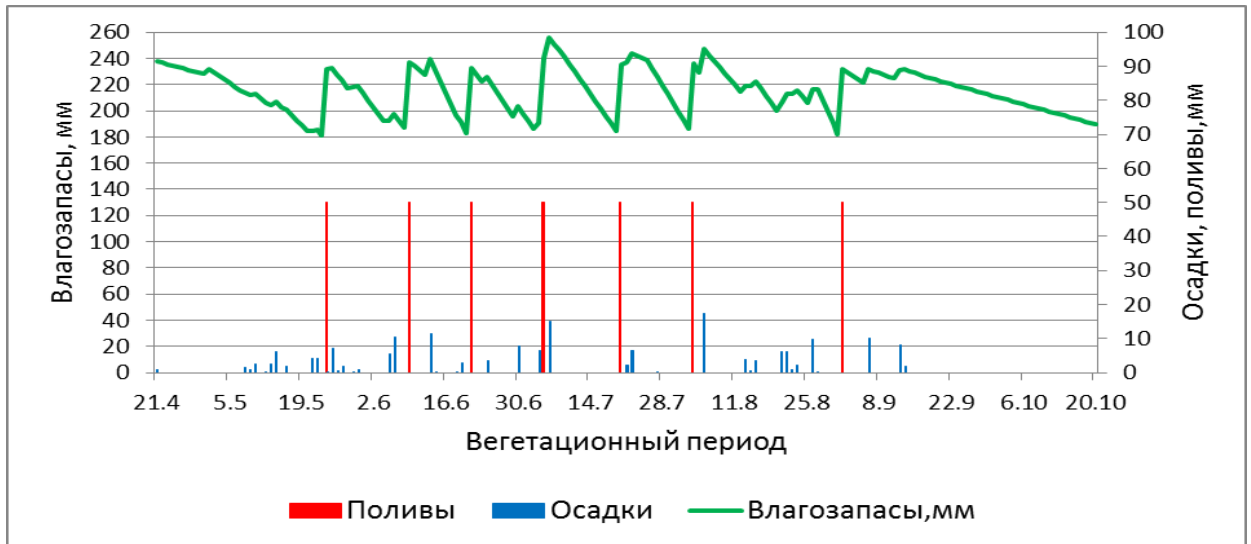


Рисунок 4.13 – Динамика влагозапасов почвы водно-балансовой площадки 1 (2009 г.)

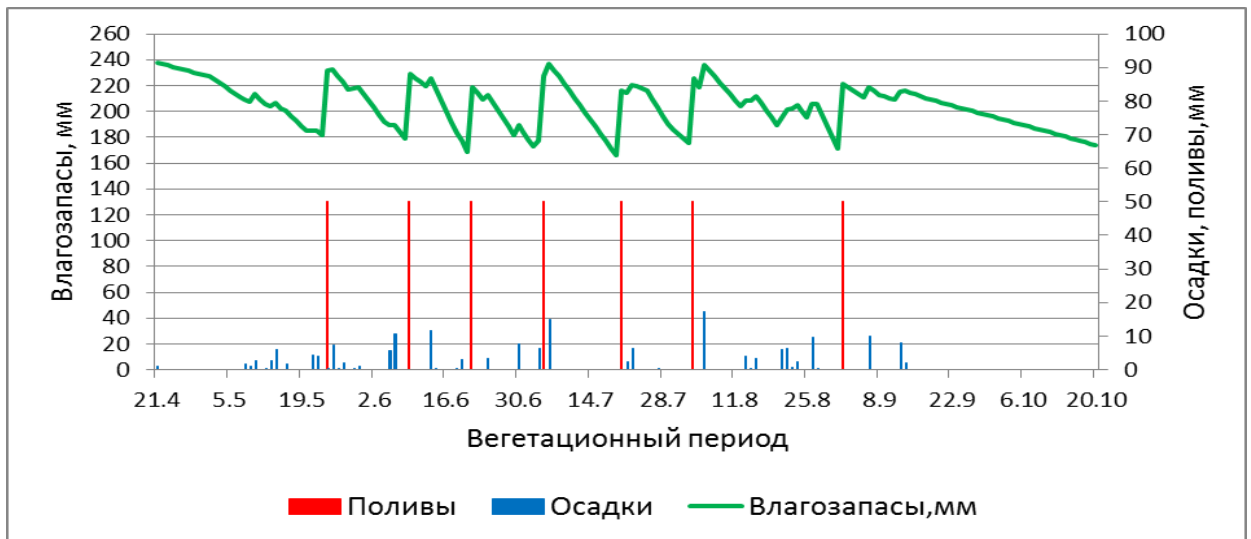


Рисунок 4.14 – Динамика влагозапасов почвы водно-балансовой площадки 2 (2009 г.)

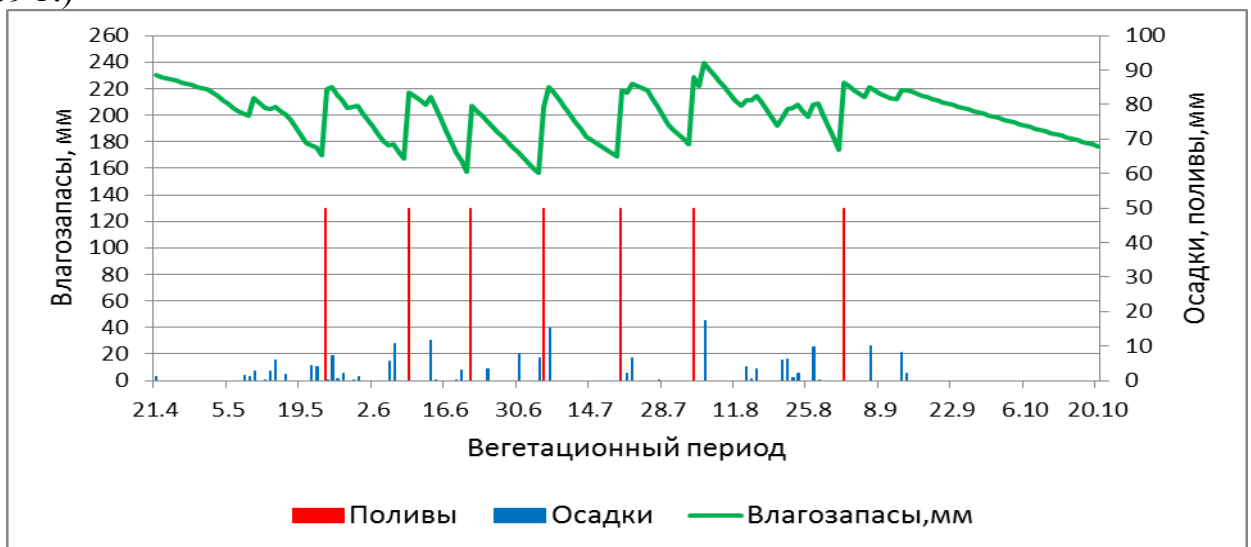


Рисунок 4.15 – Динамика влагозапасов почвы водно-балансовой площадки 3 (2009 г.)

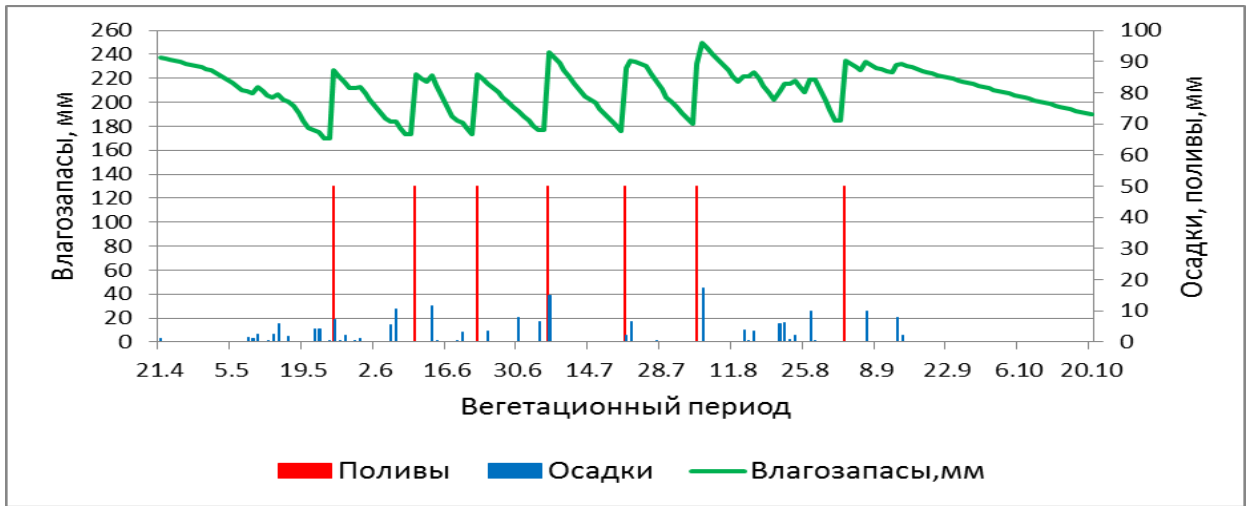


Рисунок 4.16 – Динамика влагозапасов почвы водно–балансовой площадки 4 (2009 г.)

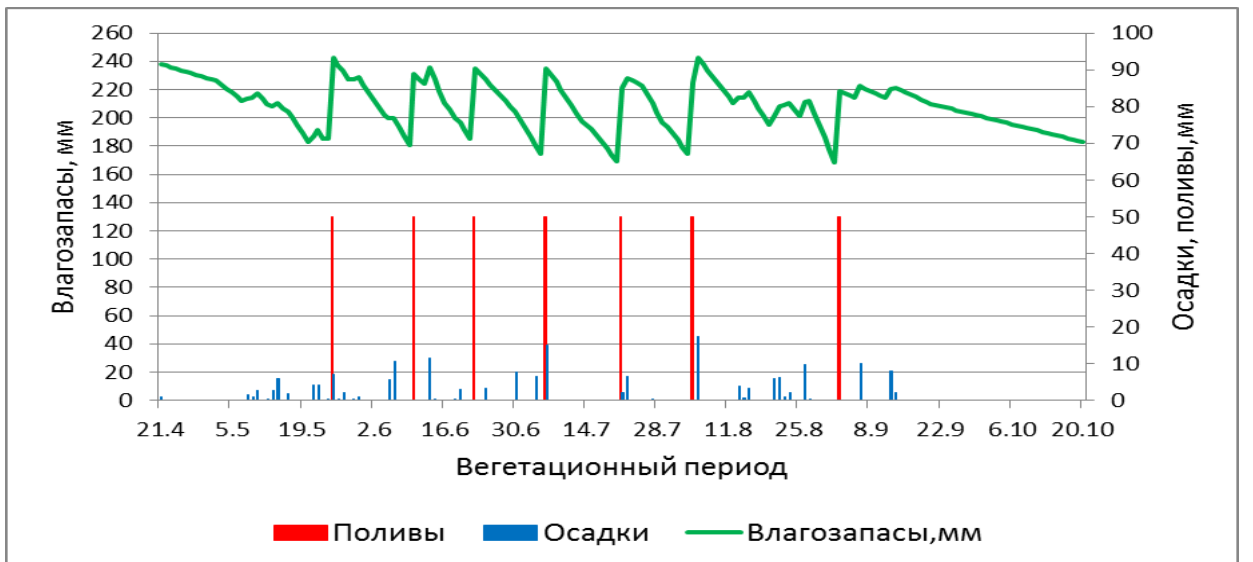


Рисунок 4.17– Динамика влагозапасов почвы водно–балансовой площадки 5 (2009 г.)

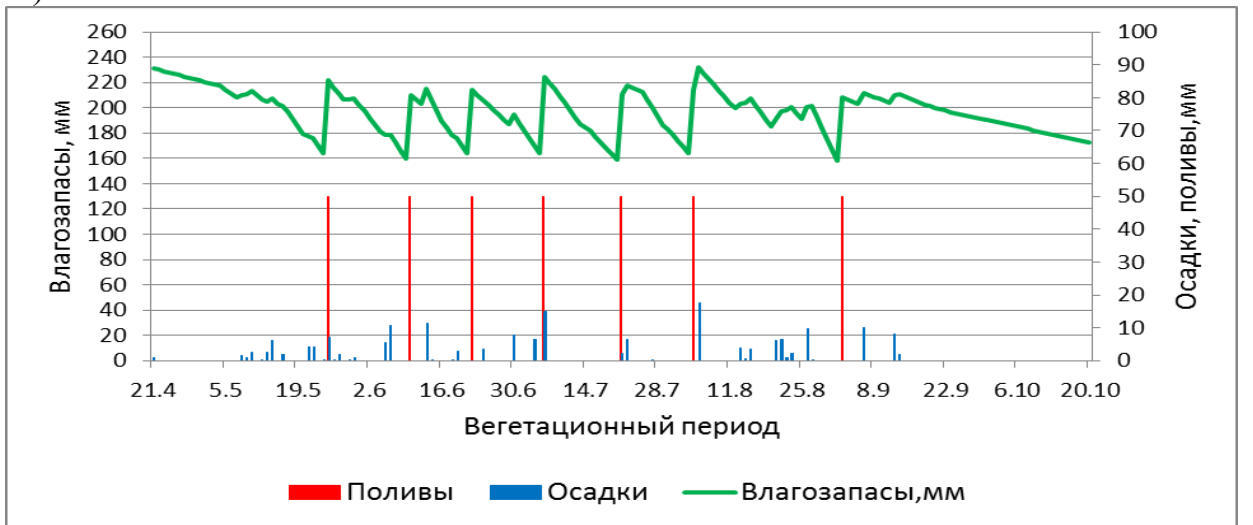


Рисунок 4.18 – Динамика влагозапасов почвы водно–балансовой площадки 6 (2009 г.)

Анализ рисунков показывает, режимы орошения в основном были выдержаны.

#### **4.2 Суммарное водопотребление люцерны**

Суммарное водопотребление это основная расходная часть водного баланса расчетного слоя почвы, которое зависит от фазы развития культуры и метеофакторов [180–181].

В практике орошаемого земледелия самым распространенным методом определения суммарного водопотребления является метод водного баланса. Данным методом была определена величина водопотребления люцерны по декадам за годы исследований, результаты расчета суммарного водопотребления представлены в Приложении Д таблица 1.

Главенствующей частью структуры водного баланса люцерны является оросительная норма, которая может изменяться в широких пределах, что в основном зависит от метеорологических условий каждого года (Приложение Б, таблица 1–3). Значимую роль в формировании суммарного водопотребления занимают атмосферные осадки, доля которых по годам исследований колебалась от 188 до 261,7 мм.

Суммарный запас влаги расчетного слоя почвы рассчитан по декадам всех годов исследований и приведен в приложении Е (таблица 1 – 18).

Проведенный мониторинг почвенных влагозапасов, осадков и поливов позволил определить структуру суммарного водопотребления по годам исследований (таблица 4.2).

Результаты статистической обработки водопотребления люцерны по годам исследований приведены в приложении Ж, таблица 1,2,3.



Таблица 4.2 – Структура суммарного водопотребления по годам исследований 2007 – 2009 гг.

Элементы водного баланса, м <sup>3</sup> /га	Годы					
	2007 г		2008 г		2009 г	
	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%
Используемые влагозапасы	382	6,4	286	5,3	753	12,3
Атмосферные осадки	2093	35,0	2617	48,4	1880	30,6
Оросительная норма	3500	58,6	2500	46,3	3500	57,1
Суммарное водопотребление	5975	100	5403	100	6133	100

Анализ таблицы 4.2 показывает, что величина суммарного водопотребления максимальной была в 2007, 2009 гг. и составила 5975 – 6133 м<sup>3</sup>/га, в 2008 г.- 5403 м<sup>3</sup>/га.

Более наглядно изменение величины суммарного водопотребления люцерны в течение вегетационного периода по годам исследований приведено на рис. 4.19 – 4.21.



Рисунок 4.19 – Динамика водопотребления люцерны по декадам в 2007 г



Рисунок 4.20 – Динамика водопотребления люцерны по декадам в 2008 г



Рисунок 4.21 – Динамика водопотребления люцерны по декадам в 2009 г

Однако для осуществления поливного режима недостаточно данных о величине суммарного водопотребления за период вегетации культуры, необходимо знать интенсивность водопотребления за отдельные периоды развития. Среднесуточное водопотребление люцерны растет по мере развития растений: в период «отрастание–ветвление» оно находится в пределах от 10–30 м<sup>3</sup>/га, «ветвление–бутонизация» 30–50 м<sup>3</sup>/га и в период «бутонизация–цветение» 50–70 м<sup>3</sup>/га.

Величина суммарного водопотребления люцерны имеет характерно определенную динамику по укосам: самое высокое водопотребление имеет

первый укос (36,3 – 38,7 %) от суммарного водопотребления; несколько меньшее водопотребление имел второй (31,1 – 33,1 %) и третий укос характерно уменьшению продуктивности культуры составил (27,5 – 28,9 %) от общего суммарного водопотребления.

Приходная часть водопотребления сельскохозяйственной культуры складывается из оросительной нормы, осадков и продуктивных влагозапасов почвы. Каждая приходная часть занимает определенную долю в структуре водопотребления культуры (рис. 4.22).



Рисунок 4.22 – Структура суммарного водопотребления люцерны по годам исследования: 1 – доля оросительной нормы от суммарного водопотребления, 2 – доля атмосферных осадков от суммарного водопотребления, 3 – доля влагозапасов почвы от суммарного водопотребления

Анализ результатов исследований (рис. 4.22), позволяет сделать вывод о том, что основными приходными элементами, слагающими величину суммарного водопотребления, являются оросительная норма и атмосферные осадки периода вегетации.

Значительной составляющей частью водного баланса является величина атмосферных осадков, выпадающих в течение периода вегетации. В среднем за 2007–2009 гг. их доля колебалась от 30,6–48,4 % от величины суммарного водопотребления.

В 2007, 2009 доля атмосферных осадков составляет 35– 30,6 % соответственно, в общем количестве воды, израсходованном люцерной, а в 2008 г – 48,4 %.

Следующей составляющей частью водного баланса является оросительная норма, доля воды, поступающей с поливами колеблется от 46,3 % (в 2008 г) и до 57,1–58,6 % (2007 – 2009 гг.).

Величина естественных влагозапасов почвы зависит от обеспеченности года исследований и составляет в среднем по годам 6,4 %, 5,3 %, 12,3 % от величины суммарного водопотребления.

### **4.3 Биоклиматические кривые люцерны**

Для исследования зависимости суммарного водопотребления к испаряемости от относительных продуктивных запасов влаги в почве использовали материалы непосредственных полевых исследований. Используя экспериментальные данные по водопотреблению люцерны, было определено, как для одной фазы роста и развития люцерны изменяется зависимость суммарного водопотребления к испаряемости ( $ET/E$ ) от относительных продуктивных влагозапасов (4.23–4.30).

Экспериментально установлены криволинейные зависимости отношений суммарного водопотребления к испаряемости от относительных продуктивных влагозапасов для различных фаз роста и развития люцерны, которые описываются уравнениями вида:

$$ET/E = A_n / \left( 1 + 10^{\gamma - \beta \cdot \overline{W_{act}}} \right)$$

где:  $ET/E$  – отношение суммарного водопотребления к испаряемости, мм;  $A_n$ ,  $\gamma$  и  $\beta$  – эмпирические коэффициенты, определяющие состояние деятельной поверхности и биологические особенности культуры в процессе онтогенеза;  $\overline{W_{act}}$  – относительные влагозапасы, %.

Точность и достоверность определения интенсивности суммарного водопотребления люцерны обеспечивалась большой повторностью замеров величин. Единственной характеристикой в этой зависимости является испаряемость ( $E$ ), которую определяли по двум методам по Будыко–Зубенок и Н. Н. Иванову.

Дополнительные погрешности возникают при расчете испаряемости вводом метеопараметров. Используемые нами данные температуры влажности воздуха за 2007...2009 г.г., по которым рассчитывалась испаряемость по методикам Будыко – Зубенок [26, 84], и формуле Н. Н. Иванова [86], взяты с полевой метеостанции «ZENO–3200», установленной непосредственно внутри севооборотного участка опытного поля.

В результате проведенных исследований были рассчитаны значения эмпирического коэффициента состояния деятельной поверхности  $A_n$  для культуры люцерны в зависимости от суммы среднесуточных температур, которые представлены в таблице 4.3 (испаряемость по методу Н.Н. Иванова) и таблице 4.4 (испаряемость по методу Будыко–Зубенок).

Зависимости отношения суммарного водопотребления к испаряемости (по методу Будыко–Зубенок) от относительных продуктивных влагозапасов за вегетационный период культуры по декадам (рис. 4.23) и по укосам люцерны (рис. 4.24, 4.25, 4.26).

Таблица 4.3 – Коэффициенты состояния деятельной поверхности почвы  $A_n$  для трех укосов люцерны (испаряемость по методу Н. Н. Иванова)

Сумма температур, °С	$A_n$	Сумма температур, °С	$A_n$	Сумма температур, °С	$A_n$
1–100	0,48	1301–1400	0,79	2601–2700	0,76
101–200	0,50	1401–1500	0,48	2701–2800	0,80
201–300	0,52	1501–1600	0,49	2801–2900	0,47
301–400	0,55	1601–1700	0,51	2901–3000	0,48
401–500	0,58	1701–1800	0,52	3001–3100	0,52
501–600	0,60	1801–1900	0,54	3101–3200	0,54
601–700	0,60	1901–2000	0,58	3201–3300	0,58
701–800	0,61	2001–2100	0,60	3301–3400	0,62
801–900	0,64	2101–2200	0,64	3401–3500	0,64
901–1000	0,68	2201–2300	0,66	3501–3600	0,70
1001–1100	0,72	2301–2400	0,67	3601–3700	0,75
1101–1200	0,74	2401–2500	0,69	3701–3800	0,78
1201–1300	0,76	2501–2600	0,74	3801–3900	0,41
				3901–4000	0,49

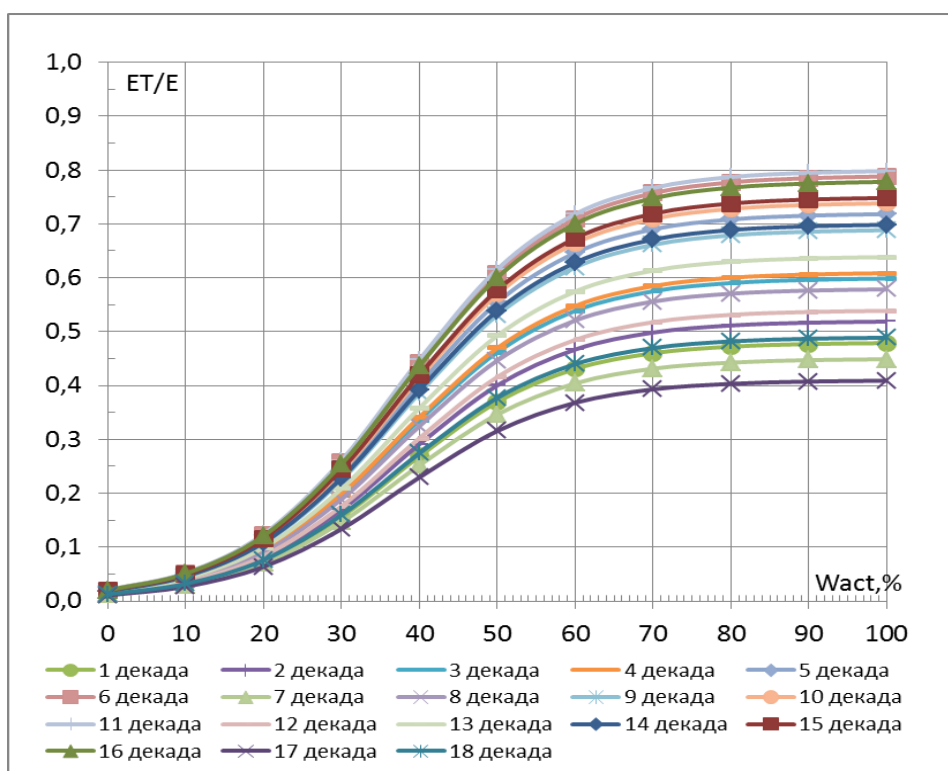


Рисунок 4.23 – Зависимость отношения суммарного водопотребления к испаряемости от относительных запасов влаги в почве для люцерны по декадам (метод Н. Н. Иванова)

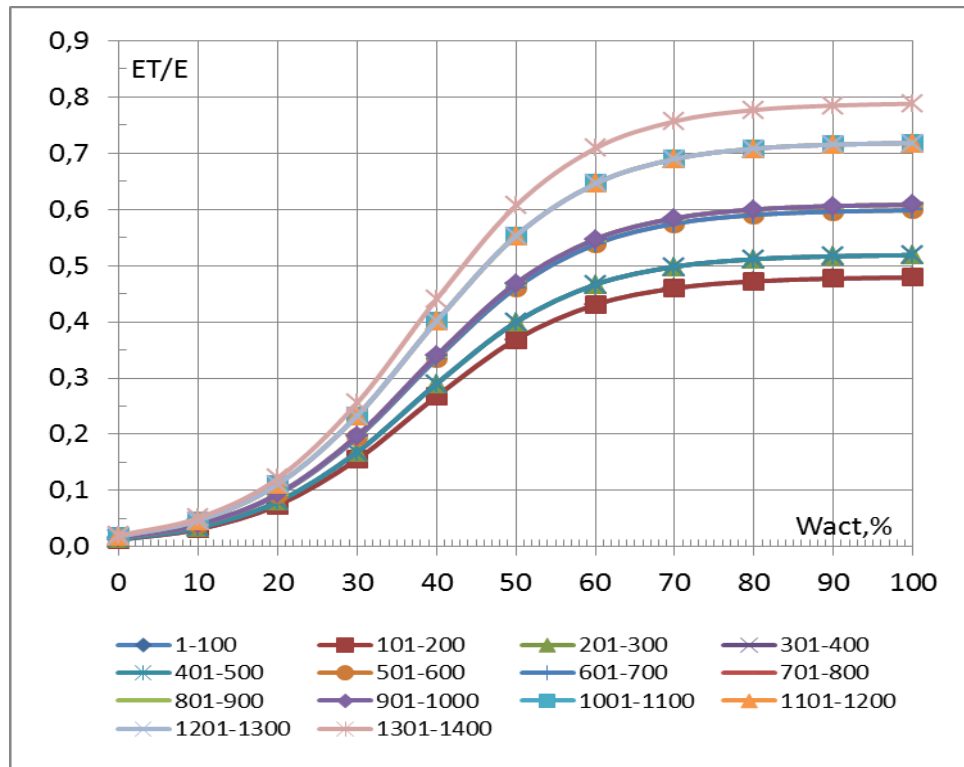


Рисунок 4.24 – Зависимость отношения суммарного водопотребления к испаряемости от относительных запасов влаги в почве для люцерны – I укос (сумма температур 0° – 1400°)

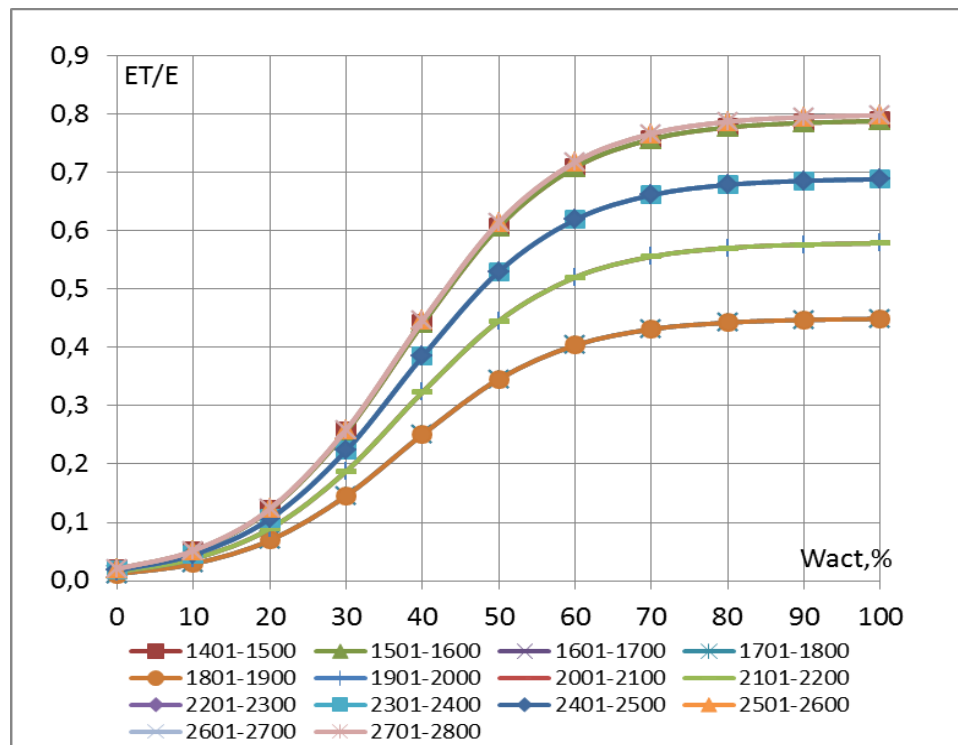


Рисунок 4.25 – Зависимость отношения суммарного водопотребления к испаряемости от относительных запасов влаги в почве для люцерны – II укос (сумма температур 1401° – 2800°)

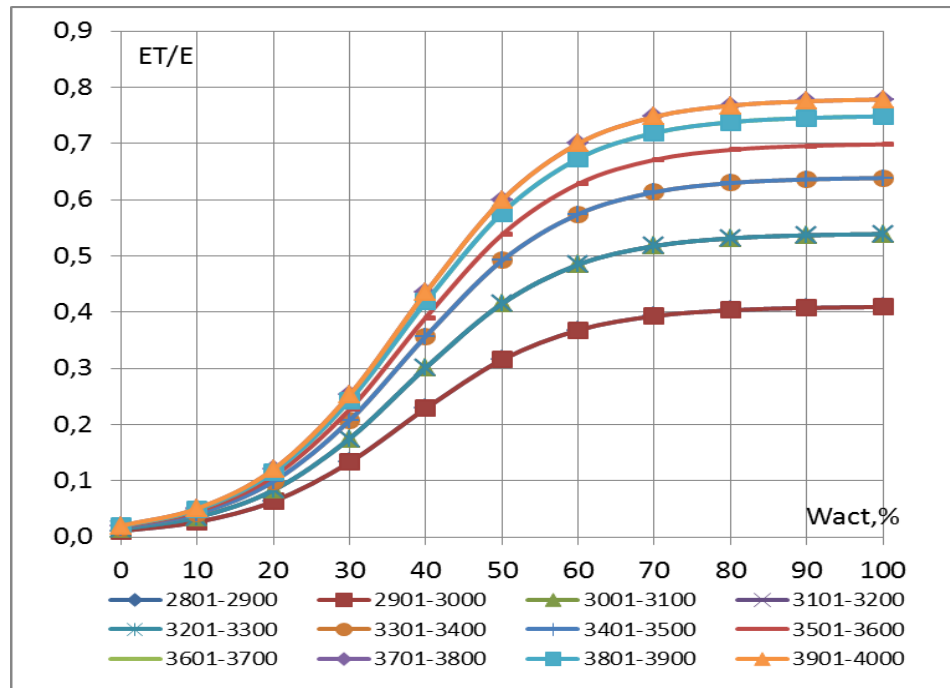


Рисунок 4.26 – Зависимость отношения суммарного водопотребления к испаряемости от относительных запасов влаги в почве для люцерны – III укос (сумма температур 2801° – 4000°)

Таблица 4.4 – Коэффициенты состояния деятельной поверхности почвы  $A_n$  для трех укосов люцерны (испаряемость по методу Будыко–Зубенко)

Сумма температур, °С	$A_n$	Сумма температур, °С	$A_n$	Сумма температур, °С	$A_n$
1–100	0,54	1301–1400	1,0	2601–2700	0,97
101–200	0,56	1401–1500	0,52	2701–2800	0,98
201–300	0,58	1501–1600	0,56	2801–2900	0,48
301–400	0,60	1601–1700	0,62	2901–3000	0,52
401–500	0,62	1701–1800	0,66	3001–3100	0,57
501–600	0,65	1801–1900	0,72	3101–3200	0,62
601–700	0,68	1901–2000	0,78	3201–3300	0,68
701–800	0,72	2001–2100	0,79	3301–3400	0,72
801–900	0,76	2101–2200	0,80	3401–3500	0,77
901–1000	0,82	2201–2300	0,82	3501–3600	0,86
1001–1100	0,89	2301–2400	0,86	3601–3700	0,96
1101–1200	0,92	2401–2500	0,90	3701–3800	0,50
1201–1300	0,98	2501–2600	0,94	3801–3900	0,51
				3901–4000	0,52



Зависимость отношения суммарного водопотребления к испаряемости от относительных запасов в почве для люцерны по декадам (испаряемость по схеме Будыко–Зубенко) представлены на рисунке 4.27, по укосам на рисунке 4.28–4.30.

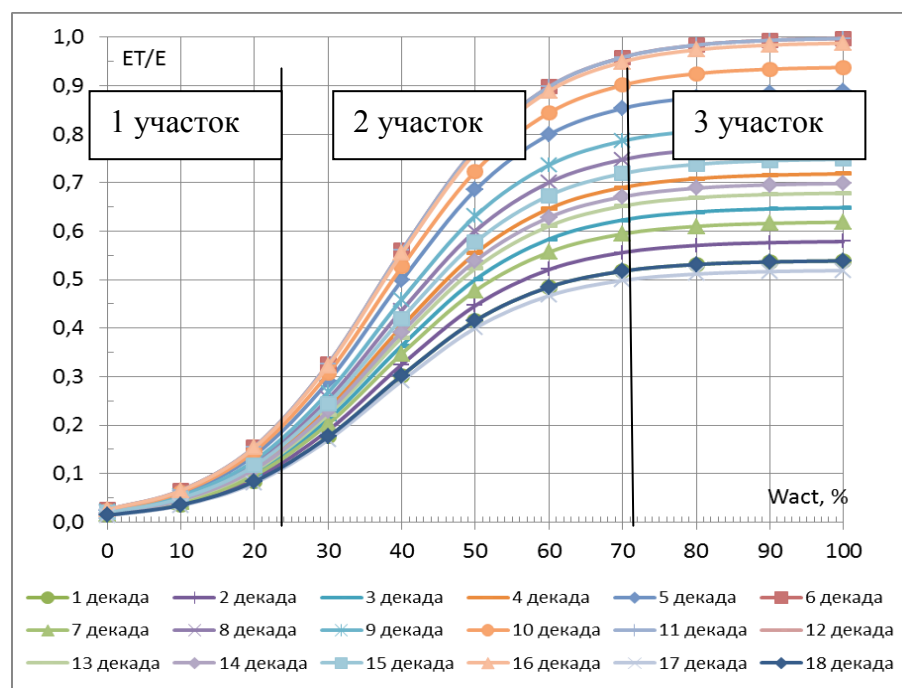


Рисунок 4.27 – Зависимость отношения суммарного водопотребления к испаряемости от относительных запасов влаги в почве для люцерны по декадам (метод Будыко–Зубенко)

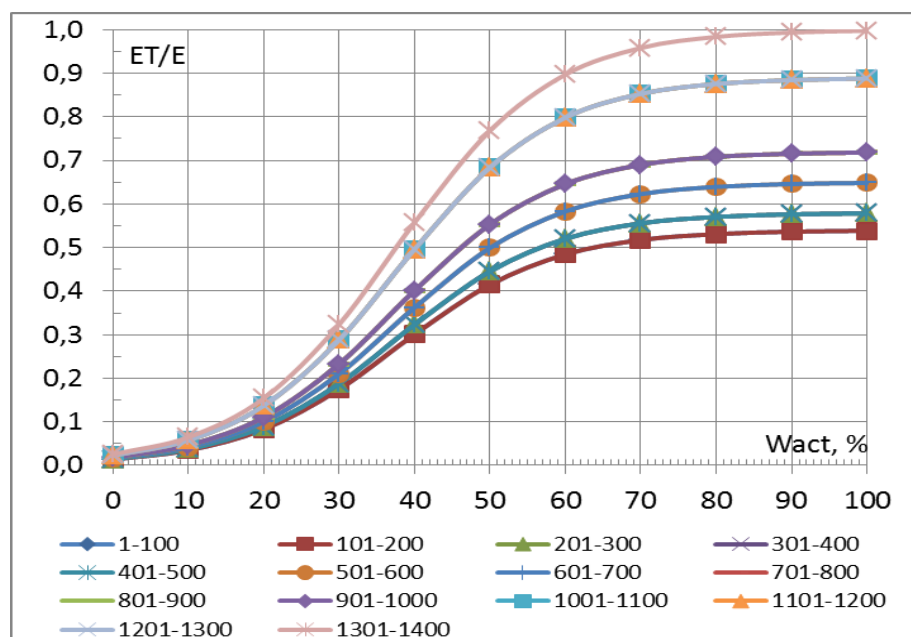


Рисунок 4.28 – Зависимость отношения суммарного водопотребления к испаряемости от относительных запасов влаги в почве для люцерны – I укос (сумма температур  $0^\circ - 1400^\circ$ )

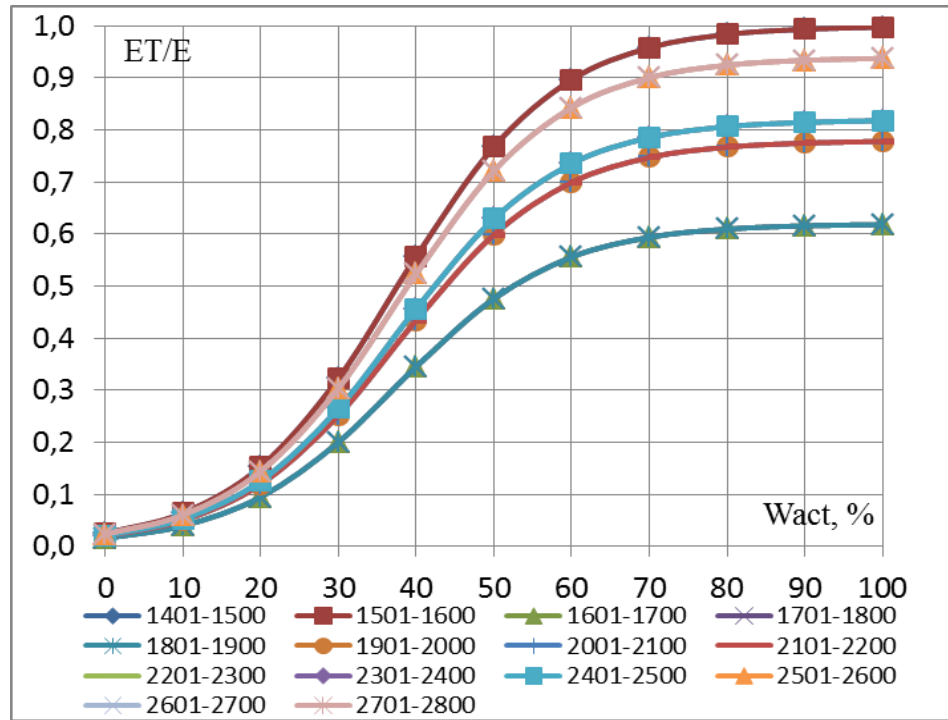


Рисунок 4.29 – Зависимость отношения суммарного водопотребления к испаряемости от относительных запасов влаги в почве для люцерны – II укос (сумма температур 1401° – 2800°)

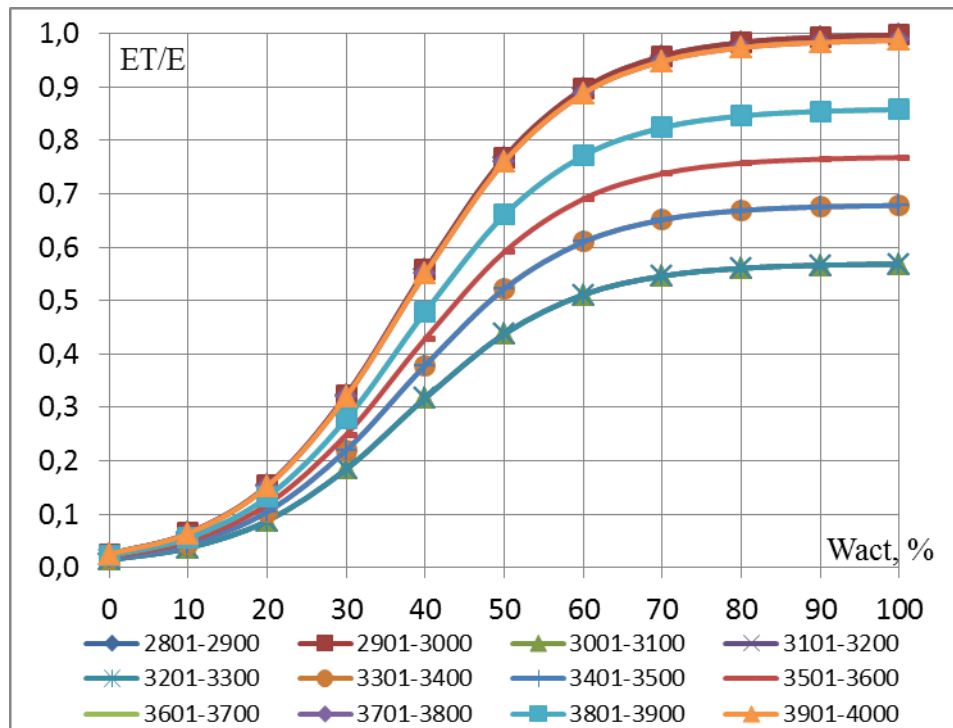


Рисунок 4.30 – Зависимость отношения суммарного водопотребления к испаряемости от относительных запасов влаги в почве для люцерны – III укос (сумма температур 2800° – 4000°)

Полученную зависимость отношения водопотребления к испаряемости от относительных продуктивных влагозапасов почвы для люцерны  $ET/E=f(W_{act})$  (рис. 4.27) можно разбить на три участка:

Участок 1, происходит возрастание величин  $ET/E$ , интенсивность водопотребления растет быстрее и прямая пропорциональность между относительными продуктивными влагозапасами почвы и водопотреблением нарушается.

Участок 2, отношение  $ET/E$  линейно зависит от относительных продуктивных влагозапасов почвы  $\overline{W_{act}}$ .

Участок 3, отношение  $ET/E$  возрастает незначительно, асимптотически приближаясь к своему пределу ( $A_n$ ), который можно определить как коэффициент состояния деятельной поверхности почвы.

Состояние деятельной поверхности посева люцерны по фазам вегетации люцерны качественно определяется следующим: 1) поверхность почвы частично покрыта растительностью (отрастание), 2) поверхность почвы полностью закрыта растительностью (период активной вегетации – бутонизация), 3) поверхность почвы полностью закрыта растительностью (период цветения).

В результате проведенных исследований значения коэффициентов по методу Н. И. Иванова  $An_{1уч}$ ,  $An_{2уч}$ ,  $An_{3уч}$ , существенно изменяются во времени в зависимости от периода развития культуры от 0,41 в период «отрастание–ветвление», до 0,68 «ветвление – бутонизация» и в период «бутонизация – цветение» до 0,8.

По методу Будыко–Зубенок значения коэффициентов  $An_{1уч}$ ,  $An_{2уч}$ ,  $An_{3уч}$ , отличаются от коэффициентов рассчитанных по схеме Н. Н. Иванова и составляют в «отрастание–ветвление» от 0,5, в «ветвление – бутонизация» до 0,78 и до 0,99–1,0 в период «бутонизация–цветение».

Частные зависимости отношения суммарного водопотребления к испаряемости от относительных запасов влаги в почвы для люцерны (рис. 4.23 – 4.26), для которых коэффициенты  $ET/E$ , вычисляемые как отношение суммарного водопотребления к испарению с водной поверхности (формула Н.Н Иванова), или

к испаряемости, определенной методом Будыко – Зубенок (рис. 4.27 – 4.30) , отличаются друг от друга как по граничным значениям  $A_{n1}$ ,  $A_{n2}$ ,  $A_{n3}$ , к которым стремится отношение  $ET/E$ , так и различием эмпирических коэффициентов  $\beta$ ,  $\gamma$  (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Значения эмпирических коэффициентов криволинейных зависимостей отношений суммарного водопотребления к испаряемости от относительных продуктивных влагозапасов по периодам вегетации люцерны

Параметры	Периоды вегетации люцерны		
	отрастание– ветвление	ветвление– бутонизация	бутонизация– цветение
$A_n$	0,54	0,81	1,00
$\gamma$	1,54	1,58	1,62
$\beta$	0,041	0,042	0,044
$k_6$	0,31	0,38	0,45

Несовпадение коэффициентов  $A_n$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  получено из – за различий величин испаряемости, рассчитанных методами Будыко – Зубенок, и по формуле Н. Н. Иванова.

Сравнительный анализ испаряемости по схеме Будыко – Зубенок с величинами испарения с водной поверхности, определенной по формуле Н. Н. Иванова показал, что расчет по формуле Будыко–Зубенок дает более точные значения коэффициентов (Приложение 3, таблица 1, 2).

Изменение значений величины коэффициента состояния деятельной поверхности почвы для культуры люцерны  $A_n$ , где испаряемость была определена методами Н. Н. Иванова и Будыко–Зубенок графически представлены на рисунке 4.31.

Анализ рисунка доказывает, что коэффициент  $A_n$  (испаряемость рассчитана по методике Будыко–Зубенок), имеет большие значения в период «бутонизация–цветение» и снижается после проведения укосов.

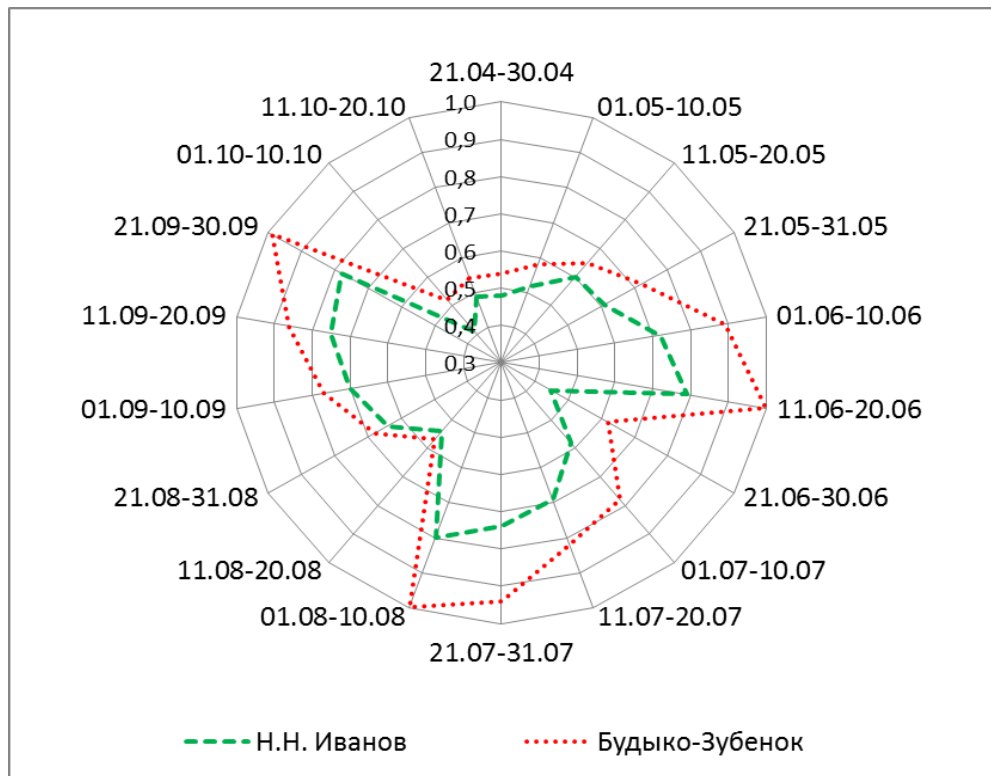


Рисунок 4.31 – Сравнение коэффициента состояния деятельной поверхности почвы посевов люцерны  $A_n$ , испаряемость в котором рассчитана по формуле Н. Н. Иванова и Будыко – Зубенко

М. И. Будыко в работе [25] отметил, что дефицит влажности воздуха, который в интервале летних температур характеризуется прямой пропорциональностью испаряемости, рассчитанной по формуле Н. Н. Иванова, может применяться для приближенной оценки потенциального испарения в условиях достаточного увлажнения и неприемлем в условиях сухого климата.

Значения биоклиматического коэффициента в течение вегетационного периода культуры изменяются в зависимости от складывающихся погодных условий и фенофазы (табл. 4.6).

Таблица 4.6 – Биоклиматические коэффициенты для культуры люцерны, за годы исследований, мм/мБ (2007–2009 гг)

Сумма температур, °С	$K_6$	Сумма температур, °С	$K_6$	Сумма температур, °С	$K_6$
1–100	0,29	1301–1400	0,40	2601–2700	0,41
101–200	0,32	1401–1500	0,44	2701–2800	0,45
201–300	0,33	1501–1600	0,42	2801–2900	0,41
301–400	0,35	1601–1700	0,43	2901–3000	0,38
401–500	0,36	1701–1800	0,42	3001–3100	0,34
501–600	0,37	1801–1900	0,41	3101–3200	0,32
601–700	0,34	1901–2000	0,40	3201–3300	0,29
701–800	0,34	2001–2100	0,38	3301–3400	0,27
801–900	0,29	2101–2200	0,36	3401–3500	0,26
901–1000	0,29	2201–2300	0,34	3501–3600	0,25
1001–1100	0,33	2301–2400	0,31	3601–3700	0,24
1101–1200	0,34	2401–2500	0,33	3701–3800	0,22
1201–1300	0,36	2501–2600	0,37	3801–3900	0,24
				3901–4000	0,27

Проведенный анализ показывает, что биоклиматические коэффициенты обладают временной изменчивостью.

#### **4.4 Валидность биоклиматических кривых люцерны для условий сухостепного Заволжья**

Для определения адекватности построенных зависимостей отношений суммарного водопотребления к испаряемости (испаряемость по комплексному методу Будыко–Зубенок) [183] на них были нанесены опытные значения отношения суммарного водопотребления к испаряемости по периодам вегетации люцерны (рис. 4.32, рис. 4.33, рис. 4.34).

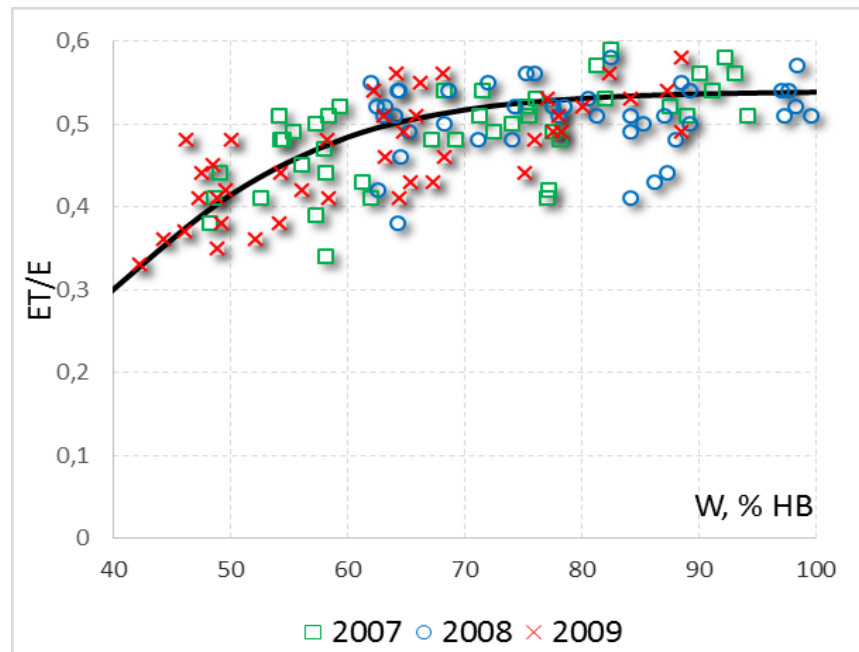


Рисунок 4.32 – Зависимость отношения суммарного водопотребления к испаряемости от относительных запасов влаги, %HB в почве для периода вегетации «отрастание–ветвление»

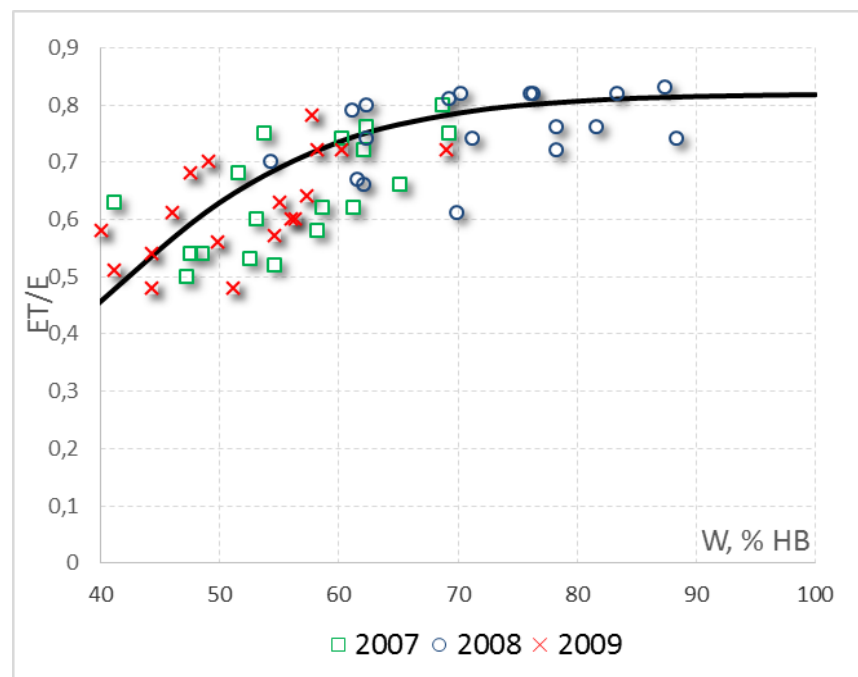


Рисунок 4.33– Зависимость отношения суммарного водопотребления к испаряемости от относительных запасов влаги, %HB в почве для периода вегетации «ветвление – бутонизация»

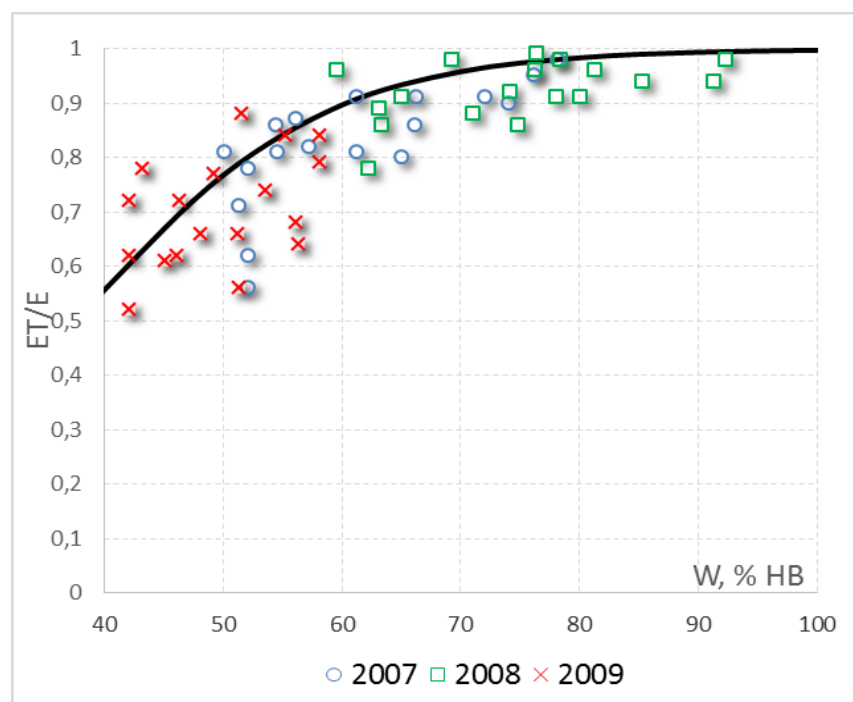


Рисунок 4.34 – Зависимость отношения суммарного водопотребления к испаряемости от относительных запасов влаги, %НВ в почве для периода вегетации «бутонизация – цветение»

На исследуемой зависимости по всем периодам вегетации люцерны прослеживается одна криволинейная зависимость. Экспериментально определили величину стандартного отклонения для разных фенофаз люцерны в пределах одного укоса, при допуске, что все три укоса люцерны имеют одинаковый характер зависимости суммарного водопотребления к испаряемости ( $ET/E$ ) (рис. 4.32 – 4.34), которая составляет в период «отрастание – ветвление» 0,058; «ветвление – бутонизация» 0,069; «бутонизация – цветение» 0,065. Эти отклонения существенно меньше, чем величины  $ET/E$ , которые изменяются в соответствующих периодах в пределах 0,3...0,6 («отрастание–ветвление»), 0,5...0,8 («ветвление – бутонизация») и 0,6...1,0 («бутонизация – цветение»), что подтверждает достаточно высокую достоверность разработанных криволинейных зависимостей и позволяет рекомендовать приведенные в таблице 4.5 значения эмпирических коэффициентов для определения суммарного водопотребления люцерны с использованием испаряемости, рассчитанной комплексным методом по схеме Будыко – Зубенок (Приложение И, таблица 1).



#### 4.5 Урожайность и коэффициент водопотребления люцерны

Важным аспектом проблемы адаптивного нормирования орошения является связь водопотребления с урожайностью культур. Для установления этой зависимости нами была экспериментально определена урожайность люцерны.

Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от водного, теплового, питательного режима почвы, от метеоусловий, агротехнических приемов и ряда других факторов.

Орошение оказывает сильное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур и в сложно–климатических условиях сухостепного Заволжья получение стабильно высокого урожая люцерны невозможно без орошения.

В наших опытах 2007...2009 годов на посевах люцерны урожайность зеленой массы культуры менялась от года произрастания, метеоусловий формирования укоса и вегетационного периода в целом.

Статистическая обработка урожайности люцерны на зеленую массу по годам исследований приведена в Приложении К, таблица 1. Критерий Фишера  $F=352,39$  при табличном  $F_{05}=5,14$  показывает, что урожайность зеленой массы люцерны существенно менялась по годам исследований при  $НСР_{0,5}=0,885$  т.

Люцерна обладает высокими потенциальными возможностями повышения урожая при достаточном режиме орошения. Для создания оптимально водно-воздушного и пищевого режима почвы люцерна потребляет большое количество воды. Эффективный режим орошения любой сельскохозяйственной культуры должен определяться не только величиной урожая, но и количеством воды необходимой для создания единицы основной продукции. Характеристикой выполнения этих условий является коэффициент водопотребления.

Коэффициент водопотребления в-первую очередь зависит от суммарного водопотребления, но более всего зависит от урожайности культуры: то есть, чем выше урожайность, тем затраты воды на единицу урожая ниже, он не имеет постоянной величины и колеблется в определенных пределах. Значения

поукосной урожайности, коэффициентов водопотребления люцерны за годы исследований приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7. – Урожайность люцерны на зеленую массу и коэффициент водопотребления, по годам исследований (2007....2009 гг), т/га

Годы	Укосы			Суммарная по укосам, т/га	Суммарное водопотребление, мм	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
	1	2	3			
2007	11,9	11,1	10,5	33,5	5975	178,4
2008	14,2	13,1	11,5	38,8	5403	139,3
2009	11,5	10,5	9,2	31,2	6133	196,6

Анализ таблицы 4.7 показывает, что, максимальная урожайность зеленой массы люцерны была получена в умеренно–увлажненный 2008 г и составила 38,8 т/га, в средне засушливые 2007 и 2009 гг., урожайность составила 33,5 – 31,2 т/га соответственно. Максимально эффективно поливная вода использовалась в 2008 г, коэффициент водопотребления составил от 139,3 м<sup>3</sup>/т, в 2007 – 2009 гг. наблюдается снижение эффективности использования поливной воды, что привело к увеличению коэффициента водопотребления до 178,4–196,6 м<sup>3</sup>/т.

Установлена криволинейная зависимость урожайности люцерны по укосам (У) от суммарного водопотребления (ЕТ). Характер зависимости нелинейный (рис.4.35).

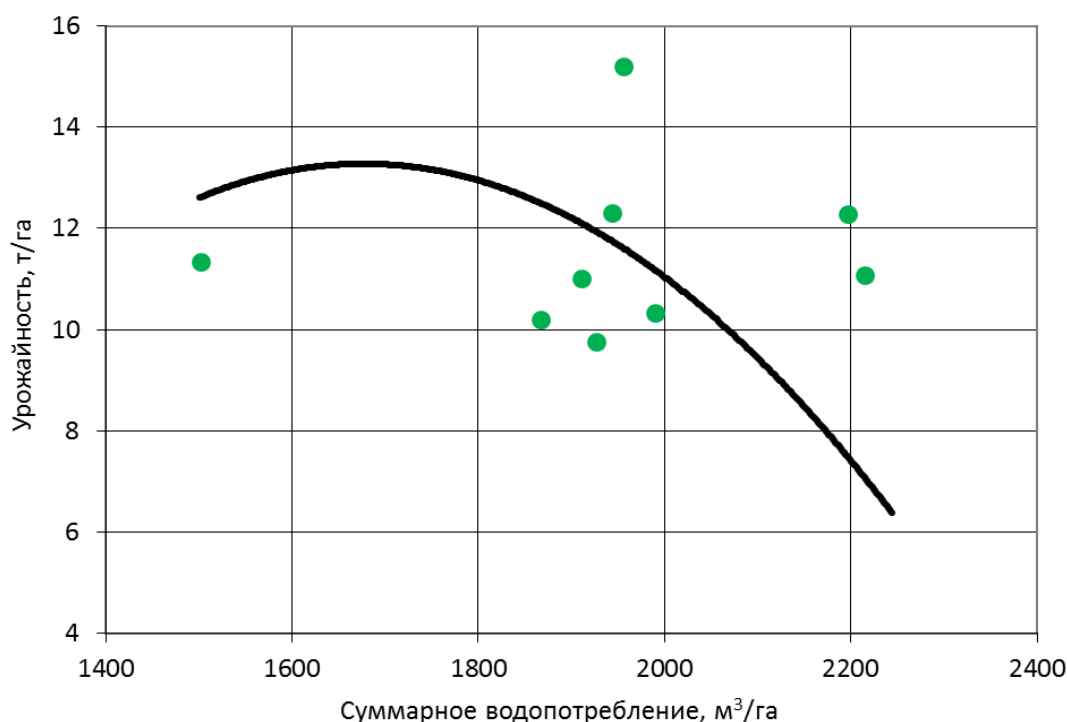


Рисунок 4.35 – Зависимость урожайности зеленой массы люцерны по укосам от суммарного водопотребления

Полученная зависимость описывается уравнением:

$$Y = -2 \cdot 10^{-5} ET^2 + 0,0719ET - 46,983 \quad (4.1)$$

где:  $Y$  – урожайность зеленой массы люцерны по укосам, т/га;  $ET$  – суммарное водопотребление, мм.

Корреляционное отношение полученной зависимости  $\eta=0,91$  и свидетельствует о том, что связь между поукосной урожайностью и суммарным водопотреблением тесная.

#### 4.6 Валидация и апробация программы адаптивного нормирования орошения люцерны

Валидация программы адаптивного нормирования орошения люцерны «ПРНОСК» заключается в количественной оценке соответствия модели поставленной перед ней цели.

Исходный алгоритм программы, разработанный на языке программирования VisualBasic 2012 представлен в Приложении М.

Для проведения валидации используем экспериментальные данные наблюдений за моделируемым объектом.

Результаты моделирования нормирования орошения люцерны за годы исследований представлены на рис. 4.36 – 4.38.

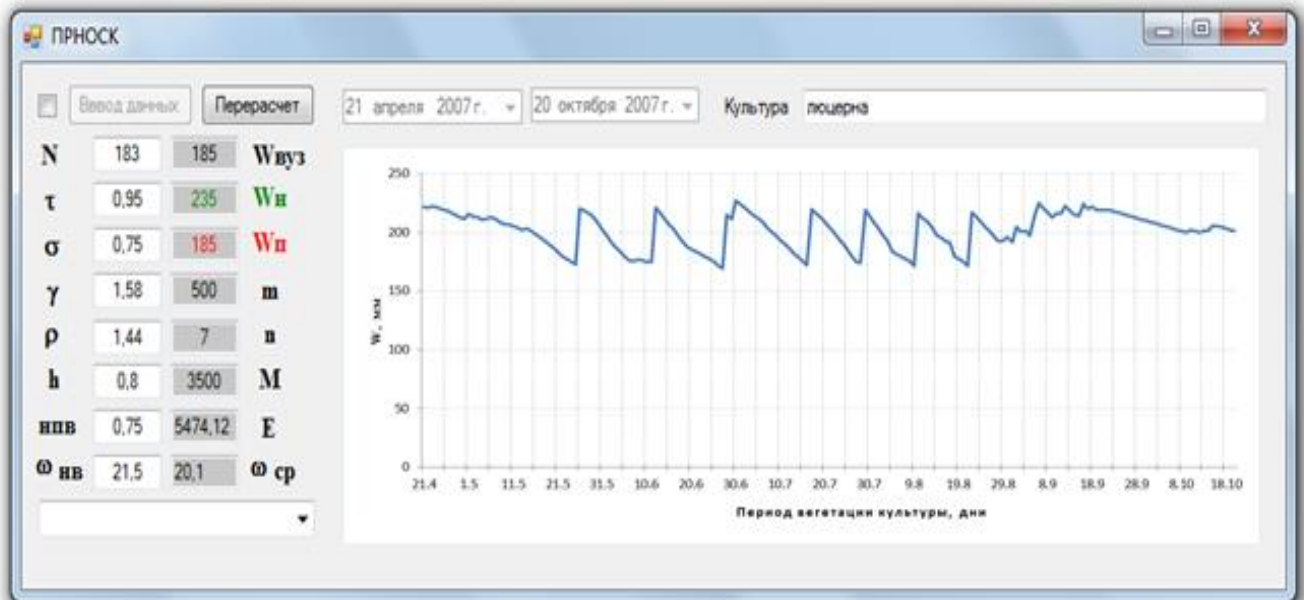


Рисунок 4.36 – Результат моделирования нормирования орошения люцерны в 2007 г

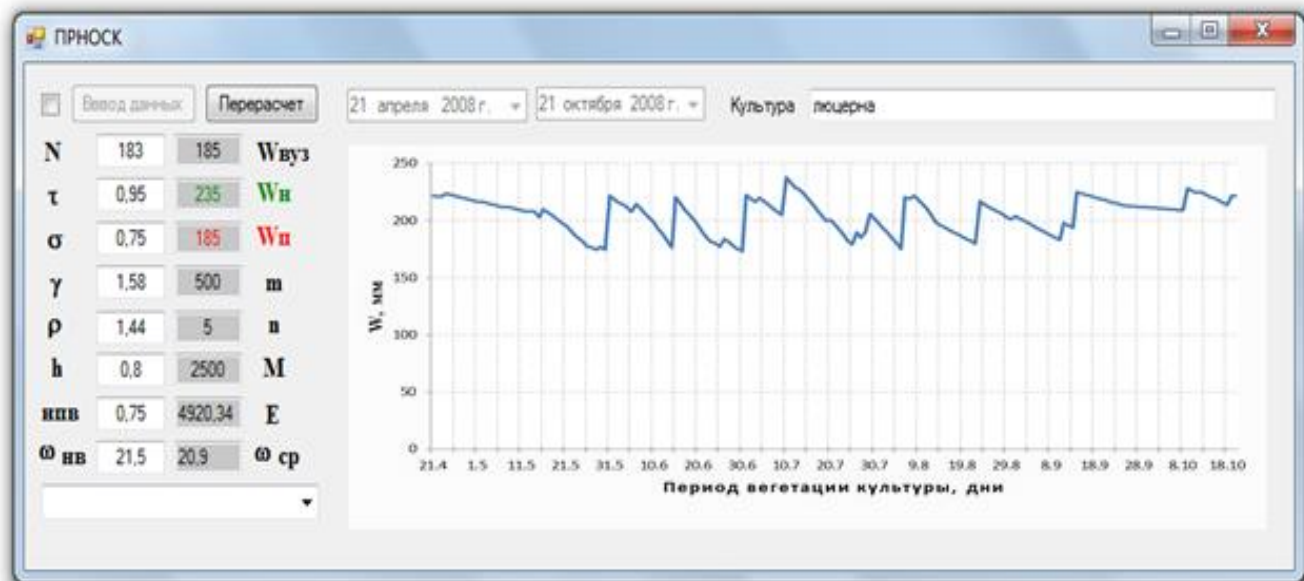


Рисунок 4.37 – Результат моделирования нормирования орошения люцерны в 2008 г

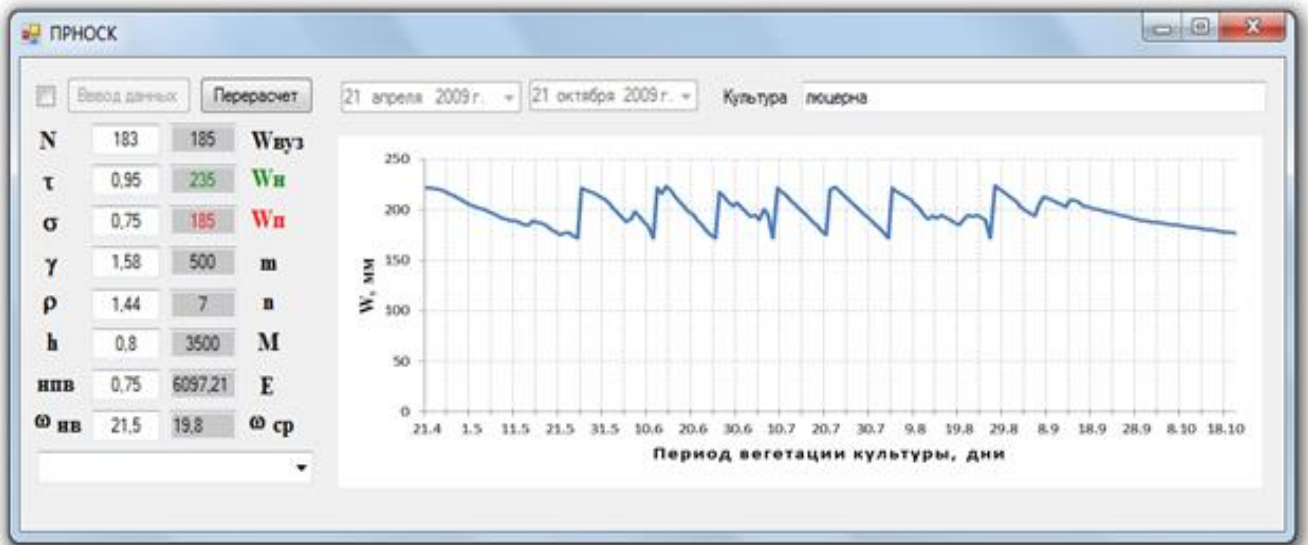


Рисунок 4.38 – Результат моделирования нормирования орошения люцерны в 2009 г

Результаты моделирования режима орошения люцерны в 2007 – 2009 гг. по программе «ПРНОСК» приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Результаты численного эксперимента моделирования режима орошения люцерны

Граничные условия	Параметры режима орошения	2007	2008	2009
75 – 95%НВ	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	5474	4920	6097
	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	500	500	500
	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	3500	2500	3500
	Количество поливов	7	5	7

Сроки проведения поливов представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Сроки проведения поливов люцерны

Граничные условия	Годы	Дата проведения полива						
		1	2	3	4	5	6	7
70 – 95% НВ	2007	30.05	17.06	29.06	18.07	29.07	10.08	24.08
	2008	29.05	13.06	29.06	04.08	20.08		
	2009	27.05	07.06	18.06	03.07	22.07	02.08	29.08

Валидация программы «ПРНОСК» проведена путем сравнения результатов расчета суммарного водопотребления методом А.М. Алпатьева и программой с данными полевых опытов за 3 года исследований (Приложение Л, таблица 1 – 3) (рис. 4.39–4.40).

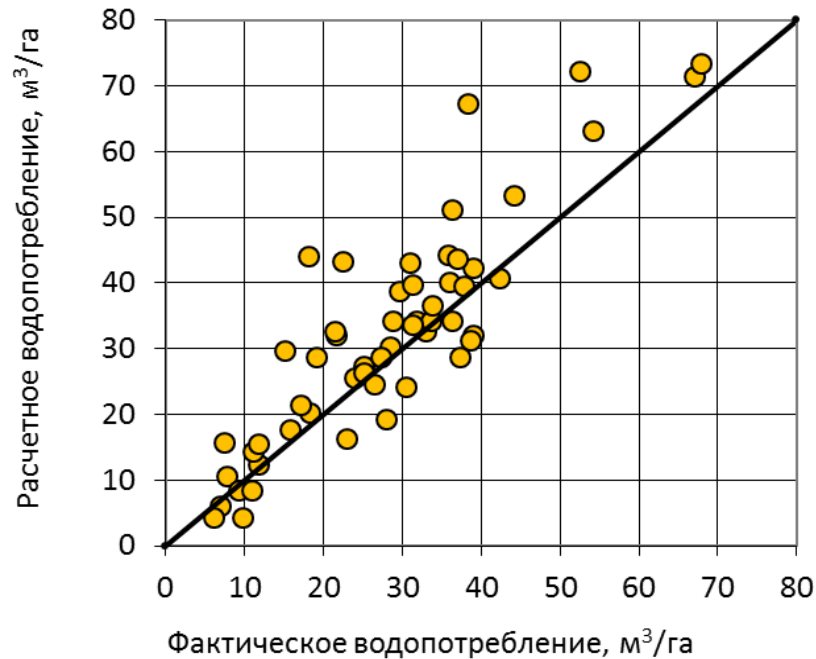


Рисунок 4.39 – Диаграмма рассеяния фактических и расчетных значений суммарного водопотребления по методу А. М. Алпатьева

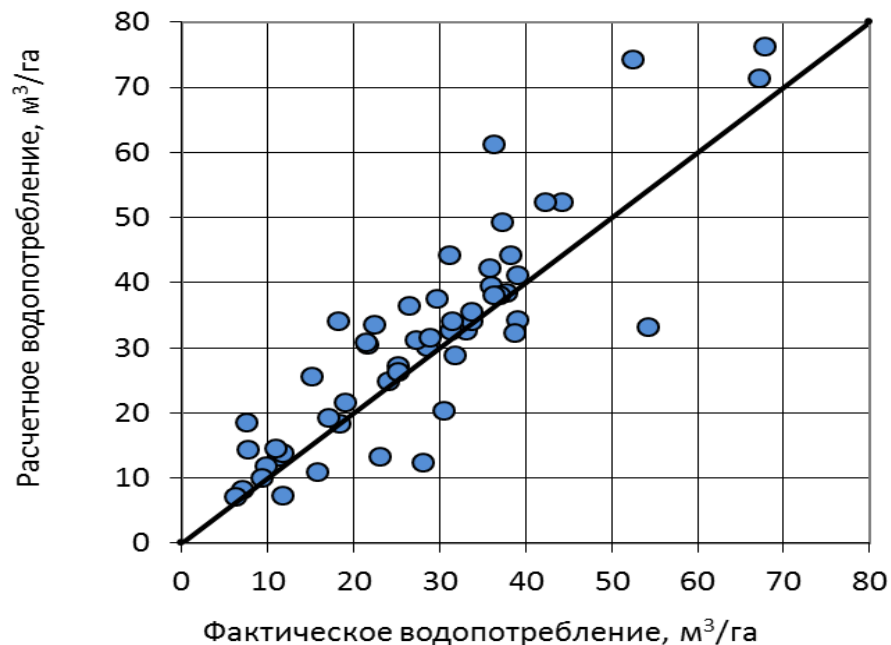


Рисунок 4.40 – Диаграмма рассеяния фактических и расчетных значений суммарного водопотребления по программе «ПРНОСК»

Современным критерием оценки достоверности модели является критерий Нэша – Сатклиффа, который вычисляется по формуле [245]:

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_0^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_0^t - \overline{Q_0})^2} \cdot 100\% \quad (4.2)$$

где  $Q_0^t$  и  $Q_m^t$  – фактические и расчетные значения соответственно;  $\overline{Q_0}$  – среднее фактическое значение.

Критерий Нэша – Сатклиффа изменяется от 0 до 100 %. Чем он больше, тем выше достоверность разработанной модели.

Сравнительный статистический анализ результатов расчетов разными методами с фактическими данными по водопотреблению показал высокий уровень корреляции между ними – коэффициент корреляции для обоих методов составил 0,88.

Расчетное значение критерия Фишера для совокупностей фактических данных по водопотреблению и расчетных по программе «ПРНОСК» составляет 1,35, а для совокупностей фактических данных и расчетных по методу А.М. Алпатьева – 1,46. При табличном значении F–критерия Фишера для уровня значимости 0,05 равном 1,44 это означает, результаты расчета по программе «ПРНОСК» не имеют статистически значимых различий с данными полевого эксперимента ( $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$ ), а результаты расчета по методу А.М. Алпатьева такие различия имеют ( $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$ ).

Вывод о более высокой достоверности адаптированной модели суммарного водопотребления, реализованной в программе «ПРНОСК», позволяют сделать и рассчитанные значения критерия Нэша–Сатклиффа: для «ПРНОСК» он составляет 72,8%, для метода А.М. Алпатьева – 71,7%.

### **Выводы:**

1. Построена динамика водопотребления люцерны по декадам за годы исследования, которая показывает, что в суммарное водопотребление люцерны в

период «отрастание–ветвление» находится в пределах от 10–30 м<sup>3</sup>/га; в период «ветвление–бутонизация» 30–50 м<sup>3</sup>/га; «бутонизация–цветение» 50–70 м<sup>3</sup>/га. По укосам водопотребление имеет определенную динамику: в первый укос, доля водопотребления составила 36,3 – 38,7 %, во второй укос 31,1 – 33,1 %, в третий укос 27,5 – 28,9 % от суммарного водопотребления за вегетационный период культуры.

2. Определена структура суммарного водопотребления люцерны за годы исследований показывающая доли: атмосферных осадков 30,6–48,4 %, оросительной нормы от 46,3 % до 57,1–58,6 % и запасов влаги в почве от 5,3 – 12,3 %.

3. На основе экспериментальных данных установлены криволинейные зависимости суммарного водопотребления к испаряемости от относительных продуктивных влагозапасов для различных фаз роста и развития люцерны, которые описываются уравнениями вида:  $ET/E = A_n / (1 + 10^{\gamma - \beta \cdot \overline{W_{act}}})$ . Экспериментально установлены эмпирические коэффициенты, используемые в модели адаптивного нормирования.

4. Определена эффективность использования поливной воды, которая составила в умеренно–увлажненный год (2008) 139,3 м<sup>3</sup>/т., в средне засушливые годы (2007, 2009) 178,4 – 196,6 м<sup>3</sup>/т соответственно.

5. Результаты валидации программы «ПРНОСК» показали высокую точность определения с ее помощью суммарного водопотребления люцерны в сухой степи на что указывает тесная связь между опытными и расчетными данными: коэффициент детерминации равен 0,88, критерий Нэша–Сатклифа, – 72,8 %, критерий Фишера 1,35 при табличном значении F–критерия Фишера для уровня значимости 0,05 равном 1,44.



## **Глава 5. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ АДАПТИВНОГО НОРМИРОВАНИЯ ОРОШЕНИЯ «ПРНОСК»**

Общая экономическая эффективность применения программы «ПРНОСК» устанавливается соотношением полученных результатов (основных и сопутствующих) и затрат, на основании которых можно сделать достоверный вывод о целесообразности применения данной программы.

В настоящее время происходит постоянное изменение цены на электроэнергию, ГСМ, удобрения, оплату труда, семена и т.д., с одной стороны, и производственную продукцию, с другой, поэтому проведение экономического обоснования применения программы адаптивного нормирования по стоимостным показателям является затруднительным [92, 147].

В связи с этим, вместо экономической оценки программы, направленной на увеличение производства продукции, можно применить биоэнергетический метод, направленный на учет всех статей затрачиваемой и получаемой энергии.

Как отмечает в своей работе А. В. Кравчук [126] проведение энергетического анализа в сельском хозяйстве направлено на выявление наиболее ресурсосберегающих технологических процессов и технологий продукции, повышение плодородия почвы и защиту окружающей среды.

Следовательно, энергетический анализ является основным для оценки эффективности применения предлагаемой программы «ПРНОСК» для условий сухостепного Заволжья.

С точки зрения ресурсосберегающих технологий, необходимо провести сравнение полной энергоемкости мелиоративных мероприятий на 1 га площади, при помощи коэффициента энергетической эффективности, показывающего отношение обменной энергии, содержащейся в урожае культуры, к суммарным затратам энергии направленной на производство продукции [68].

Коэффициент энергетической эффективности определяется по формуле:

$$K_э = \frac{E_y}{E} \quad (5.1)$$

где:  $K_э$  – коэффициент энергетической эффективности;  $E_y$  – обменная энергия, аккумулированная в урожае культуры, МДж/га;  $E$  – затраты совокупной энергии, МДж/га.

При энергетической оценке сельскохозяйственного производства с целью обоснования энергетической эффективности возделывания люцерны с применением программы адаптивного нормирования орошения необходимо определить энергетические затраты на 1 тонну урожая и количество обменной энергии на 1 м<sup>3</sup> поливной воды.

Энергетические затраты на 1 тонну урожая определяют, как отношение затрат совокупной энергии выращивания культуры на ее урожайность:

$$\mathcal{E}_y = \frac{E}{Y} \quad (5.2)$$

где:  $\mathcal{E}_y$  – энергетические затраты, МДж/т;  $E$  – затраты совокупной энергии, МДж/га;  $Y$  – урожайность, т/га.

Количество обменной энергии на 1 м<sup>3</sup> поливной воды определяется как отношение обменной энергии, аккумулированной в урожае культуры на оросительную норму:

$$\mathcal{E}_M = \frac{E_y}{M} \quad (5.3)$$

где:  $\mathcal{E}_M$  – количество обменной энергии поливной воды, МДж/м<sup>3</sup>;  $E_y$  – обменная энергия, аккумулированная в урожае культуры, МДж/га;  $M$  – оросительная норма, м<sup>3</sup>/га.

Расчеты энергетических затрат и энергетической эффективности предложенной и сопутствующей модели нормирования орошения люцерны в условиях сухостепного Заволжья проведены согласно методике ресурсно–

экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе [68, 147].

Обменная энергия, накопленная в урожае культуры, определяется по урожайности культуры. Затраты совокупной энергии складываются из затрат энергии на агротехнические приемы, на работу дождевальных машин (ДМ) и затрат оросительной воды в энергетическом эквиваленте. Затраты энергии на агротехнические приемы кормовых культур предусматривают использование технологических карт на возделывание и уборку сельскохозяйственных культур, при этом определяются прямые энергозатраты (расходов на топливо, электроэнергию) и затраты овеществленные (стоимость семян, мелиорантов, удобрений), а также средства механизации и затраты человеческого труда. В затраты энергии на работу ДМ и оросительной сети включается: величина оросительной нормы; энергоемкость техники полива; число поливов.

Энергетическая оценка затрат для традиционной методики назначения поливов и предлагаемой программы «ПРНОСК» для условий сухостепного Заволжья в среднем за три года приведена в таблице 5.1.

На основании проведенных энергетических расчетов возделывания люцерны на сено, можно сделать вывод, что при нормировании орошения люцерны на основе предложенной модели и программы адаптивного нормирования орошения будет гарантированно получение стабильных урожаев люцерны в сухостепном Заволжье, сохранение мелиоративного состояния орошаемых земель, за счет снижения энергетических затрат на получение 1 т продукции и повышения обменной энергии на  $1\text{ м}^3$  оросительной воды.

Таблица 5.1 – Энергетическая оценка возделывания люцерны на зеленую массу в среднем за 2007 – 2009 гг.

Показатели	Программа «ПРНОСК»	Применяемая методика назначения поливов
Урожайность, т/га	34,5	28,2
Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	3167	3483
Затраты энергии на агротехнич. Приемы, МДж/га	58121	55695
Затраты энергии на работу ДМ, МДж/га	25019	27516
Затраты оросит.воды в энергетическом эквиваленте, МДж/га	3503	3852
Затраты совокупной энергии, МДж/га	86643	87063
Накопление обменной энергии в урожае сена люцерны, МДж/га	234600	191760
Энергетические затраты на 1 т. урожая, МДж	2511	3087
Количество обменной энергии на 1 м <sup>3</sup> поливной воды, МДж	74,08	55,06
Коэффициент энергетической эффективности	2,71	2,20

Анализ таблицы 5.1. показывает, что возделывание люцерны с применением программы адаптивного нормирования орошения «ПРНОСК», приводит к увеличению урожайности люцерны на 18,3 %, снижению затрат поливной воды на 10% и энергетических затрат на формирование 1 т. зеленой массы на 18,7 %.

**Выводы:**

Проведена энергетическая оценка возделывания люцерны с применением программы адаптивного нормирования орошения «ПРНОСК» для условий сухостепного Заволжья, которая показала снижение энергетических затрат на 1 т. зеленой массы на 18,7 % за счет снижения затрат поливной воды на 10 % и увеличение урожайности люцерны на 18,3 %.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Улучшение качества нормирования орошения, дает возможность снизить излишние нагрузки на поля орошаемого земледелия и предотвратить ухудшение мелиоративного состояния полей с использованием более адаптивных экологическим условиям методов определения суммарного водопотребления.

2. Повышение адаптивности нормирования орошения конкретным экологическим условиям может быть достигнуто при более полном учете факторов, влияющих на водопотребление культур, в первую очередь динамику водного режима расчетного слоя почвы, метеоусловий, состояния деятельной поверхности почвы и биологических особенностей культуры (отношение к воде) в процессе онтогенеза.

3. Для адаптации модели определения суммарного водопотребления для люцерны при ее возделывании в сухостепном Заволжье экспериментально установлены используемые в модели коэффициенты, которые для различных периодов вегетации культуры имеют следующие значения: «отрастание–ветвление»:  $A_n=0,54$ ,  $\beta = 0,041$ ,  $\gamma = 1,54$ ,  $k_{\delta} = 0,31$ ; «ветвление–бутонизация»:  $A_n=0,81$ ,  $\beta = 0,042$ ,  $\gamma = 1,58$ ,  $k_{\delta}=0,38$ ; «бутонизация–цветение»:  $A_n=1,00$ ,  $\beta = 0,044$ ,  $\gamma = 1,62$ ,  $k_{\delta}=0,45$ .

4. Оценка достоверности адаптированной модели и ее компьютерной реализации – программы «ПРНОСК» показала значительную тесноту связи между фактическими и расчетными данными по суммарному водопотреблению люцерны – коэффициент корреляции  $r$  равен 0,88. Достоверность результатов моделирования доказывают достаточно высокое значение критерия Нэша-Сатклиффа – 72,8%, а также расчетное значение F-критерия – 1,35, которое меньше табличного значения для уровня значимости 0,05 (1,44), что означает отсутствие статистически значимых различий между расчетными и фактическими данными.

5. Сравнение результатов расчета суммарного водопотребления методом А. М. Алпатьева с фактическими данными по водопотреблению показало высокий

уровень корреляции между ними –  $r = 0,88$ . Однако, расчетное значение критерия Фишера для совокупностей «фактические данные» и «расчетные методом А. М. Алпатьева» составляет 1,46, что, при табличном 1,44, означает присутствие статистически значимых различий. Кроме этого, значения критерия Нэша–Сатклиффа для метода А. М. Алпатьева ниже, чем для программы «ПРНОСК» – 71,7%.

6. Для оперативного планирования режима орошения люцерны в условиях сухостепного Заволжья на основе адаптированной модели разработана компьютерная программа адаптивного нормирования орошения «ПРНОСК», написанная на языке программирования Visual Basic 2012, которая может быть использована на персональных ЭВМ под управлением операционной системы Windows 2003 – 2012.

7. Применение технологии возделывания люцерны с использованием программы «ПРНОСК» приводит к увеличению урожайности люцерны на 18,3 %, снижению затрат поливной воды на 10% и энергетических затрат на формирование 1 т. зеленой массы на 18,7 %.

### **РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. При возделывании орошаемой люцерны на темно-каштановых почвах сухостепного Заволжья для повышения урожайности и экономии оросительной воды рекомендуется при составлении планов водопользования применять программу адаптивного нормирования орошения «ПРНОСК».

2. В программу адаптивного нормирования орошения включать экспериментально установленные коэффициенты: для периода вегетации люцерны «отрастание–ветвление»  $A_n=0,54$ ,  $\beta = 0,041$ ,  $\gamma = 1,54$ ,  $k_6 = 0,31$ ; «ветвление–бутонизация»  $A_n=0,81$ ,  $\beta = 0,042$ ,  $\gamma = 1,58$ ,  $k_6=0,38$ ; «бутонизация–цветение»  $A_n=1,00$ ,  $\beta = 0,044$ ,  $\gamma = 1,62$ ,  $k_6=0,45$ .

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

Продолжение работы по данной тематике предполагает адаптацию модели суммарного водопотребления для других культур сухостепного Заволжья и в других почвенно–климатических зонах.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абдразаков, Ф. К. Задачи и перспективы развития мелиоративного комплекса в Саратовской области / Ф. К. Абдразаков, А. В. Волков. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – №3. – С. 23–25.
2. Автоматическая метеостанция ZENO-3200 Инструкция по эксплуатации. Версия V2.02 / P/N: 0302116012, Редакция С 2003. – 250 с.
3. Агроклиматический справочник по Саратовской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1958. – 288 с.
4. Азарий, М. С. Тепловой баланс и испарение орошаемых полей Заволжья. / М. С. Азарий // Труды ГГИ. – 1975. – вып.229. – С. 227–241.
5. Айдаров, И. П. Мелиоративный режим орошаемых земель и пути его улучшения / И. П. Айдаров, А. И. Голованов // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – №4. – С. 17–19.
6. Айдаров, И. П. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. / И. П. Айдаров, А. И. Голованов, Ю. Н. Никольский. – М.: ВО Агропромиздат, 1990. – 246с.
7. Алиев, З. Г. Методика по интегрированному управлению динамической влажности почв / З. Г. Алиев // Труды НИИ. Эрозия и орошение. – Баку, 2000. – С. 264–270.
8. Алпатьев, А. М. Влагооборот культурных растений. / А. М. Алпатьев. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1954. – 248 с.
9. Алпатьев, А. М. Влагообороты в природе и их преобразование / А. М. Алпатьев. – Л., Гидрометеиздат, 1969. – 323с.
10. Алпатьев, С. М. К обоснованию формирования поливных режимов с использованием биоклиматического метода расчета суммарного испарения. / С. М. Алпатьев, В. П. Остапчик // Мелиорация и водное хозяйство. – Киев: Урожай, – вып.19. – 1971. – С.3–17
11. Алпатьев, С. М. Методические указания по расчету режима орошения



сельскохозяйственных культур на основе биоклиматического метода / С. М. Алпатьев. – Киев, 1967. – 30 с.

12. Алпатьев, С. М. Поливной режим сельскохозяйственных культур в южной части СССР. / С. М. Алпатьев. – Киев, 1965. – 88с.

13. Антипов–Каратаев, И. Н. Влияние длительного орошения на процессы почвообразования и плодородие почв степной полосы Европейской части СССР / И. Н. Антипов-Каратаев, В. Н. Филиппова. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 208 с.

14. Аржанухина, Е. В. Дифференцированный режим орошения и водопотребление люцерны для условий Саратовского Заволжья / Е. В. Аржанухина // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, Саратов, 2001. – 21 с.

15. Ахмедов, А. Д. Контуры увлажнения почвы при капельном орошении / А. Д. Ахмедов, Е. Ю. Галиуллина. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 3. – С. 183 – 188.

16. Багров, М. Н. Прогрессивная технология орошения сельскохозяйственных культур / М. Н. Багров, И. П. Кружилин. – М.: Колос. – 1980. – 208 с.

17. Багров, М. Н. Режим орошения сельскохозяйственных культур в степной зоне Южного Поволжья / М. Н. Багров // Гидротехника и мелиорация. – 1970. – №7. – С.76–78.

18. Барцев, Б. П. Режим орошения семенной люцерны в Саратовском Заволжье / Б. П. Барцев // Пути улучшения использования орошаемых земель и дождевальной техники. – М.: 1985. – С. 144–150.

19. Битюков, К. К. Орошение сельскохозяйственных культур в степных районах. / К. К. Битюков, П. К. Дорожко. – М.: – 1965. – 200 с.

20. Бондаренко, Н. Ф. Моделирование продуктивности агроэкосистем. / Н. Ф. Бондаренко, Е. Е. Жуковский, И. Т. Мушкин и др. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 262 с.

21. Бондаренко, Н. Ф. Пути оптимизации режимов орошения / Н. Ф. Бондаренко, А. Р. Константинов // Гидротехника и мелиорация. – №6. – 1980. – С.40–44.
22. Бондаренко, Ю. В. Влияние дифференцированного режима орошения на фотосинтетическую деятельность кормовых культур в севообороте / Ю. В. Бондаренко, А. Б. Овчинников // Научное обозрение. – 2014. – №12–1. – С. 22–26.
23. Бородычев, В. В. Алгоритм решения задач управления водным режимом почвы при орошении сельскохозяйственных культур / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – №1. – С. 8–11.
24. Будаговский, А. И. Испарение почвенной влаги / А. И. Будаговский. – М.: Наука, 1964. – 244 с.
25. Будыко, М. И. О методах определения испарения / М. И. Будыко, М. П. Тимофеев // Метеорология. – 1952. – С. 3–9.
26. Будыко, М. И. Тепловой баланс земной поверхности / М. И. Будыко – Л.: Гидрометеиздат, 1956. – 256 с.
27. Бурунова, В. С. Влияние различных систем использования мелиорированных земель на агросистемный и солевой режим темно-каштановых почв Саратовского Заволжья / В. С. Бурунова // Автореферат диссертации на соискание кандидата сельскохозяйственных наук. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ» им. Н. И. Вавилова, 2006. – 21 с.
28. Быков, Н. И. Агрогидрологические свойства почв Среднего Поволжья / Н. И. Быков – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 227 с.
29. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986 – 416 с.
30. Вериго, С. А. Почвенная влага / С. А. Вериго, Л. А. Разумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 326 с.
31. Вершинин, А. Л. Оценка методов определения водопотребления сельскохозяйственных культур на орошаемых землях / А. Л. Вершинин // Современные проблемы гидрологии орошаемых земель. – М.: Изд. Моск. Ун-та, 1981. – С.130–141.

32. Воронин, Н. Г. Орошаемое земледелие / Н. Г. Воронин. – М.: Агропромиздат. – 1989. – 247 с.
33. Выхованко, С. В. Причины изменчивости биологических коэффициентов / С. В. Выхованко // Гидротехника и мелиорация. – 1980. – № 7. – С.43-45.
34. Гарюгин, Г. А. Режим орошения сельскохозяйственных культур / Г. А. Гарюгин. – М.: Колос, 1979. – 267 с.
35. Голованов, А. И. Математическая модель переноса влаги и растворов солей в почвогрунтах на орошаемых землях / А. И. Голованов, О. С. Новиков. – М.: Труды МГМИ. – 1974. – т.34. – С. 10–21.
36. Голованов, А. И. Математическое моделирование влаго– и солепереноса в геосистемах солонцовых комплексов Северного Прикаспия / А. И. Голованов, Н. И. Сотнева // Почвоведение. 2009. – №3. – С. 273–289.
37. Голованов, А. И. Мелиоративное земледелие / А. И. Голованов, А. Г. Балан, В. Е. Ермакова, И. Т. Ефимов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 328 с.
38. Горбачева, Р. И. Изменение биоклиматических коэффициентов по климатическим зонам / Р. И. Горбачева, М. М. Кабаков // Метеорология и гидрология. – 1976. – № 12. –С. 92–101.
39. Горбачева, Р. И. Факторы, определяющие значения биоклиматических коэффициентов / Р. И. Горбачева, М. М. Кабаков, В. И. Костюк // Гидротехника и мелиорация. –1981. – №5. – С. 51–55.
40. ГОСТ 12536–79 Методы определения гранулометрического состава грунтов
41. ГОСТ 17.4.3.01–83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.
42. ГОСТ 17.4.4.02–84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
43. ГОСТ 26213–91. Почвы. Методы определения органического вещества.

44. ГОСТ 26487-85 ПОЧВЫ. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО.
45. ГОСТ 26950-86. Почвы. Метод определения обменного натрия.
46. ГОСТ 27821-88. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена.
47. ГОСТ 28168–89. Почвы. Отбор проб.
48. ГОСТ 28268-89 Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений.
49. ГОСТ 5180–84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
50. Грамматикати, О. Г. Рациональная глубина увлажнения почвы при орошении поливных культур в степной зоне / О. Г. Грамматикати // Биологические основы орошаемого земледелия. М.: Наука. – 1966. – С. 144–152.
51. Григоров, М. С. Влияние качества, объемов и интенсивности подачи воды на степень экологической безопасности орошения / М. С. Григоров, С. М. Григоров, А. Н. Полицимако // Международная конференция Российского отделения Международного общества экологической экономики (ISEE) / Природа и общество на рубеже нового тысячелетия: Глобализация и региональные эколого-экономические проблемы. – Саратов. – 1999. – С. 39–41.
52. Григоров, М. С. Влияние поливных режимов на продуктивность сельскохозяйственных культур в Поволжье / М. С. Григоров, А. И. Хохлов, С. А. Леонтьев // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – №9. – С. 27–28.
53. Григоров, М. С. Водосберегающие способы полива люцерны / М. С. Григоров, Н. В. Перекрестов // Кормопроизводство. – 1999. – №2. – С. 17–20.
54. Григоров, М. С. Обоснование выбора верхнего и нижнего предела влажности и глубины увлажнения расчетного слоя почвы / М. С. Григоров, А. В. Кравчук // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2007. – № 1. – С.31–33.

55. Григоров, М. С. Основные элементы, составляющие процесс искусственного увлажнения почвы / М. С. Григоров // Основы рационального природопользования: Сб. научных работ. – Саратов – 1999. – С.122–127.

56. Григоров, М. С. Расчет суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур для условий Поволжья / М. С. Григоров, А. И. Хохлов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1993. – №4. – С. 32–34.

57. Григоров, М. С. Ресурсосберегающие и экологически обоснованные технологии орошения сельскохозяйственных культур / М. С. Григоров, С. А. Курбанов // Проблемы научного обеспечения экономической эффективности орошаемого земледелия в рыночных условиях. ВГСХА. – Волгоград. – 2001. – С.62–64.

58. Григоров, М. С. Снижение потерь поливной воды при орошении / М. С. Григоров, А. В. Кравчук, Р. В. Прокопец, Д. И. Шаврин // Доклады Российской академии сельскохозяйственной наук. – 2003. – №6. – С 55–56.

59. Григоров, С. М. Водный режим – фактор, влияющий на мелиоративное состояние земель Саратовского Заволжья / С. М. Григоров, С. А. Леонтьев, А. Н. Никишанов, Д. В. Мельниченко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – №2. – С. 3–8.

60. Гудкова, З. П. Плодородие светло-каштановых почв при различном насыщении кормовых севооборотов многолетними травами и пропашными культурами. / З. П. Гудкова, Р. А. Долгова. // Сб. науч. Трудов: Динамика почвенных процессов и плодородия орошаемых земель. – Волгоград. – 1990. – С.141–145.

61. Гусейнов, Г. И. Водопотребление люцерны при поливе дождеванием / Г. И. Гусейнов, Б. Н. Алиев // Гидротехника и мелиорация. – 1976. – №9. – С. 35–39.

62. Данильченко, Н. В. Биоклиматическое обоснование суммарного водопотребления и оросительных норм / Н. В. Данильченко // Мелиорация и водное хозяйство. – № 4. – 1999. – С.14–16.

63. Донгузов, Г. С. Совершенствование режимов орошения кукурузы и суданской травы для условий Саратовского Заволжья. / Г. С. Донгузов // Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук, Саратов, 2005 – 17 с.
64. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – 5-е изд., перераб. И доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
65. Дронова, Т. Н. Люцерна на орошении / Т. Н. Дронова // Степные просторы. – 1980. – №8. – С.52–54.
66. Дронова, Т. Н. Оптимизация условий выращивания новых сортов люцерны. Оптимизация водного режима почвы при программировании урожая в орошаемом земледелии / Т. Н. Дронова // Сб. науч. Трудов. – Волгоград. – 1989. – С. 65–77.
67. Енгальчева, Р. Р. Режим орошения кормовых культур возделываемых в системе земельного конвейера на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья / Р. Р. Енгальчева // Автореферат дисс. К. с-х. наук. – Саратов: Изд-во СХИ, 1990. – 19 с.
68. Жученко, А. А. Энергетический анализ в сельском хозяйстве. Методологические и методические рекомендации / А. А. Жученко, В. И. Афанасьев. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 128 с.
69. Завадский, И. С. Дифференцированные режимы орошения сои на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья. / И. С. Завадский // Автореферат на соискание ученой степени кандидата с-х наук, Саратов, 2009. – 20 с.
70. Затинаяцкий, С. В. К вопросу о применимости SWAP – модели при исследовании динамики влагозапасов в условиях Саратовского Заволжья / С. В. Затинаяцкий, О. В. Михеева, Т. А. Васильченко // «Аграрный научный журнал». – 2011. – №3. – С. 28–31.
71. Затинаяцкий, С. В. Критерии оценки влагообеспеченности сельскохозяйственного поля / С. В. Затинаяцкий, А. В. Кравчук, Е. Ю. Скопцова, Е. В. Аржанухина, А. Б. Овчинников // Доклады на Российской научной

конференции, посвященной 100-летию со дня рождения д.г.н., профессора Кузника И. А.. Саратовский ГАУ. – Саратов, 1998. – С.34–38.

72. Затицацкий, С. В. Модели валидации в техническом нормировании (на примере ресурсосберегающих моделей водопотребления) / С. В. Затицацкий, Т. А. Панкова, Э. Ю. Шмагина, А. В. Кочетков // «Науковедение». – 2014. – №5. – [Электронный ресурс] идентификационный номер статьи в журнале – 27TVN514.

73. Затицацкий, С. В. Нормирование орошения на мелиоративных системах Поволжья по агрогидрологическим критериям оценки влагообеспеченности сельскохозяйственного поля / С. В. Затицацкий, А. Б. Овчинников // Тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции «Возрождение Волги – проблемы и пути решения». – Саратов: изд. СГТУ, 1998. – С.67 – 68.

74. Затицацкий, С. В. Нормирование орошения сельскохозяйственных культур по доступным влагозапасам расчетного слоя почвы / С. В. Затицацкий // Научные проблемы мелиорации и электрификации сельского хозяйства в зоне Нижнего Поволжья. – Саратов, 1999. – С.9 – 12.

75. Затицацкий, С. В. Обоснование необходимости комплексных мелиораций с учетом возможного изменения климата в условиях Нижнего Поволжья / С. В. Затицацкий, Т. А. Васильченко // «Аграрный научный журнал». – 2008. – №3. – С.60–62.

76. Затицацкий, С. В. Приложения нейронных сетей к оценке масштаба репрезентативности при определении влажности почвогрунтов прибором TRIME-FM / С. В. Затицацкий, В. В. Корсак, А. С. Ковалев, В. Е. Денисов // Вопросы развития АПК России в свете реализации социально-экономических проблем: Сборник научных трудов. ФГУП «НИПИгипропромсельстрой». – Саратов, 2006. – С.143–158.

77. Затицацкий, С. В. Применение биоклиматических кривых как основа ресурсосберегающего нормирования орошения сельскохозяйственных культур / С. В. Затицацкий, Т. А. Панкова // «Научное обозрение». – 2014. – № 5. – С.8–11.

78. Затиначкий, С. В. Расчетный слой увлажнения почвы, критерии его обоснования / С. В. Затиначкий // Организация, технология и механизация производства. – Саратов. – 1993. – С.31 – 38.

79. Затиначкий, С. В. Режим орошения сои в условиях Саратовского Заволжья / С. В. Затиначкий // Автореферат дисс. На соиск. Уч. Ст. канд. Технические науки. – М., 1989. – 18 с.

80. Затиначкий, С. В. Ресурсосберегающая математическая модель нормирования орошения / С. В. Затиначкий, Т. А. Панкова // «Научное обозрение». – 2013. – № 11. – С. 10–13.

81. Зейлигер, А. М. Метод сканирующих характеристик измерения влажности почвы прибором TDR TRIME-FM3. Материалы международной научно-практической конференции / А. М. Зейлигер, О. С. Ермолаева – Москва, 2009. – С. 220 – 223.

82. Зейлигер, А. М. Способы расчета водного режима почвенно-грунтовой толщи, дискретизируемой двумя слоями с использованием различных моделей пористых сред / А. М. Зейлигер / МГМИ. М.: 1989. – 24 с.

83. Зейлигер, А. М. Точное (дефференцированное) орошаемое земледелие – технология повышения эффективности орошения и снижения нагрузки на окружающую среду / А. М. Зейлигер // Сборник научных докладов ВИМ. – 2010. – Т.2. – С. 633–638.

84. Зубенок, Л. И. Испарение на континентах / Л. И. Зубенок – Л.: Г, 1976. – 264 с.

85. Иванов, А. Ф. Возделывание люцерны в условиях орошения. / А. Ф. Иванов, Г. А. Медведев. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 112 с.

86. Иванов, Н. Н. Об определении величин испаряемости / Н. Н. Иванов // Изв. ГТО. 1954. – Т.86. – №2. – С.189 – 196.

87. Ионова, З. М. Способы определения и оптимизации режимов орошения / З. М. Ионова // Обзорная информация. – М.: 1980. – 50 с.



88. Исследование режима испарения с сельскохозяйственных полей / под ред. А. Р. Константинова, С. И. Харченко, М. Р. Бархотова. – Л.: ГГИ. – 1961. – вып. 91. – С.76–109.
89. Казиев, В. М. Математические и компьютерные модели некоторых экологических систем / В. М. Казиев // Тезисы докладов научной конференции «Современные проблемы экологии». Ч.2. – Краснодар, 1996. – С. 69 –70.
90. Калинин, М. Возможно ли уменьшение оросительных норм. / М. Калинин, Н. Мальцева. // Мелиорация и водное хозяйство. – 1992. – №3. – С.19–20.
91. Камышова, Г. Н. Математическое моделирование в компонентах природы (интерактивный курс): Учебно-практическое пособие / Г. Н. Камышова, В. В. Корсак, А. С. Фалькович, О. Ю. Холуденева // ФГБОУ ВПО СГАУ имени Н.И. Вавилова, Издательство «Научная книга», 2012. – 155 с.
92. Карев, В. Б. Экономика использования водных ресурсов в орошаемом земледелии / В. Б. Карев, В. И. Шлык. – М.: Колос, 1979. – 157 с.
93. Кац, Д. М. Влияние орошения на грунтовые воды / Д. М. Кац. – М.: Колос, 1976. – 270 с.
94. Качинский, Н. А. Физика почв / Н. А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1970. – 358 с.
95. Клиб, Е. Г. Сравнительные исследования достоверности аддитивной модели агрегированных почв для характеристики водоудерживания чернозема / Е. Г. Клиб, С. В. Затиначки, А. М. Зейлигер, Н. Б. Хитров // Аграрный научный журнал. – 2007. – №2. – С. 20–23.
96. Клиб, Е. Г. Экспериментальное обоснование и анализ достоверности аддитивной модели и моделей педотрансферных функций для характеристики водоудерживания темно-каштановой почвы Саратовского Заволжья / Е. Г. Клиб // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2010. – №11. – С.47–50
97. Козырева, Л. В. Методика оценки биологического водопотребления посевов для решения задач управления водным режимом / Л. В. Козырева, Ю. Р.

Ситдикова, А. Е. Ефимов, А. В. Доброхотов // *Агрофизика*. – 2013. – №4(12). – С. 12–19.

98. Колпаков, В. В. *Сельскохозяйственные мелиорации* / В. В. Колпаков, И. П. Сухарев. – М.: Колос, 1981. – 327 с.

99. Константинов, А. Р. *Испарение в природе*. 2-е изд. Переработанное / А. Р. Константинов. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 532с.

100. Константинов, А. Р. *Методы нормирования орошения: учебное пособие* под. Ред. Л. П. Серяковой / А. Р. Константинов, А. С. Субботин – Л.: «Ленинградский политехнический институт имени М. И. Калинина», 1981. – 75 с.

101. Константинов, А. Р. *Методы определения оросительных норм* / А. Р. Константинов // *Водные ресурсы*. – 1976. – №6. – С. 161–179.

102. Константинов, А. Р. *Методы расчета испарения с сельскохозяйственных полей* / А. Р. Константинов, Н. И. Астахова, А. А. Левенко – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 126 с.

103. Константинов, А. Р. *Нормирование орошения: методы, их оценка, пути уточнения* / А. Р. Константинов, Э. А. Струнников // *Гидротехника и мелиорация*. – 1986. – № 1 – С. 20-28.

104. Корсак, В. В. *Автоматизация расчетов дефицитов водного баланса орошаемых культур для Саратовского Заволжья* / В. В. Корсак, О. Ю. Холуденева, В. А. Лепина // *Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: Мат. VI Всероссийской научно-практ. Конф. Часть 1*. – ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2012. – С. 275–279.

105. Корсак, В. В. *Климатические условия и урожайность поливных культур Саратовской области* / В. В. Корсак, Р. В. Прокопец, А. Н. Ломовцева, Е. В. Смирнова, Ю. О. Воронина // *Научная жизнь*. – 2013. – №3. – С.27–33.

106. Корсак, В. В. *Применение модели AQUACROP для прогнозирования продуктивности орошаемых темно-каштановых почв Саратовского Заволжья* / В. В. Корсак, Е. В. Смирнова, С. С. Хлобыстов // *Вавиловские чтения – 2012: мат. Межд. Науч. – практ. Конф., посв. 125-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова* – Саратов: ИЦ Наука, 2012. –С. 279–281

107. Корсак, В. В. Программа расчета дефицитов водного баланса поливных культур / В. В. Корсак, Н. А. Пронько, В. А. Клокова, О. Ю. Холуденева // Научная жизнь. – 2014. – №6. – С. 77–83.

108. Корсак, В. В. Разработка моделей продуктивности и водопотребления орошаемых культур локального уровня для условий сухостепного Заволжья / В. В. Корсак, А. Н. Никишанов, В. А. Лепина, С. С. Хлобыстов, О. Н. Щербаков // Системные исследования природно-техногенных комплексов Нижнего Поволжья: сб. науч. Работ, – Саратов, Изд-во «Саратовский источник», 2011 – С. 19–25

109. Корсак, В. В. Разработка программы расчета параметров режимов орошения для поливных культур сухостепного Заволжья / В. В. Корсак, О. Ю. Холуденева, В. А. Лепина // Вавиловские чтения – 2010. Труды международной научно-практической конференции. – Саратов: СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2010. – С. 47–48.

110. Косова, Л. А. Дифференциация режимов увлажнения посевов – основной путь экономии воды / Л. А. Косова, В. Т. Морковин // Мелиорация и водное хозяйство. – 1992. – №2. – С.19–21.

111. Косова, Л. А. Использование почвенных влагозапасов посевами сельскохозяйственных культур при различных режимах орошения / Л. А. Косова, В. В. Иванов, Ю. И. Панченко, З. В. Журина // Совершенствование мелиоративных технологий и элементов оросительных систем. – М.: ВНИИГиМ, 1991. – С. 45–46.

112. Косова, Л. А. К вопросу использования биоклиматического метода для определения сроков полива сельскохозяйственных культур / Л. А. Косова, В. Т. Морковин, В. И. Стрельников // Вопросы с.-х. мелиорации: Сб. научных трудов СХИ, Саратов. – 1978. – Вып. 120. – С.74–85.

113. Косова, Л. А. Обоснование расчетного слоя почвы при назначении поливов сельскохозяйственных культур /Л. А. Косова, З. В. Журина// Совершенствование оросительных систем Поволжья. – М.: 1988. – С.149-160.

114. Костин, Б. И. Формирование водного баланса поливных земель при дождевании/ Б. И. Костин, М. Я. Фишман // Степные просторы. – 1986. – № 5. – С.

32-34.

115. Костин, И. С. Орошение в Поволжье. – М.: Колос: 1971. – 223 с.
116. Костяков, А. Н. Основы мелиорации / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 6-е изд. Доп. 1960. – 622 с.
117. Кочетков, А. П. Расчет режима орошения в Западной Сибири с помощью биологических коэффициентов / А. П. Кочетков // Гидротехника и мелиорация. – 1980, – №2. – С. 34.
118. Кошкин, Н. М. Автоматизация управления режимом полива сельскохозяйственных культур с учетом погодных условий / Н. М. Кошкин, С. В. Затицацкий, Т. А. Васильченко // «Аграрный научный журнал». – 2010. – №7. – С. 58–61.
119. Кравчук, А. В. Агроэкологические режимы орошения кормовых культур в условиях Заволжья для лет различной расчетной обеспеченности / А. В. Кравчук, Р. В. Прокопец, Д. И. Шаврин, Г. С. Донгузов // В сборнике: Системные исследования природно-техногенных комплексов Нижнего Поволжья Саратов, 2007. – С. 92–95.
120. Кравчук, А. В. Влияние поливных режимов люцерны на изменение структуры почвы и солевой режим / А. В. Кравчук, Л. Н. Чумакова // Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства: Сб. материалов Международной научно-практической конференции. – Пензенская Государственная сельскохозяйственная академия. – Пенза, 2005. – С.100–102.
121. Кравчук, А. В. Инфильтрация оросительной воды при различных поливных режимах люцерны / А. В. Кравчук // Информационный листок. Саратовской МТЦНТИ. – 1990. – №23–90. – 2 с.
122. Кравчук, А. В. Оперативное определение поливной нормы для каштановых и темно-каштановых почв Заволжья / А. В. Кравчук Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – №2. – С. 42–43.
123. Кравчук, А. В. Потери поливной воды с поверхностным стоком на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья. / А. В. Кравчук, Д. И. Шаврин, Р. В. Прокопец. // Вопросы мелиорации и водного хозяйства Саратовской

области: Сб. науч. Тр. Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 2002. – С.3–6.

124. Кравчук, А. В. Роль верхнего порога влажности при назначении режимов орошения сельскохозяйственных культур / А. В. Кравчук // Научное обозрение. – 2015. – №3. – С. 29–32.

125. Кравчук, А. В. Совершенствование параметром увлажнения агроэкологически сбалансированных режимов орошения кормовых культур сухостепного Заволжья / А. В. Кравчук // Автореферат дисс. На соиск. Уч. Ст. доктора технических наук / Волгоград: 2007. – 43 с.

126. Кравчук, А. В. Энергетическая оценка эффективности режимов увлажнения сельскохозяйственных культур / А. В. Кравчук, И. С. Завадский, Е. Н. Бессмольная // В сборнике: Проблемы научного обеспечения сельскохозяйственного производства и образования Саратов, 2008. – С. 97–102.

127. Кружилин, И. П. Влияние орошения на почвы и ландшафты степей / И. П. Кружилин, А. С. Морозова // Почвоведение. – 1993. – №11. – С. 59–64.

128. Кружилин, И. П. Водосбережение – показатель рациональной эксплуатации оросительных систем / И. П. Кружилин // Актуальные проблемы эксплуатации гидромелиоративных систем. – Новочеркасск, 1998. – С. 13 – 21.

129. Кружилин, И. П. Способы предотвращения эрозийной деградации орошаемых почв / И. П. Кружилин, А. Г. Болтин, Н. В. Кузнецова // Защитное лесоразведение и мелиорация земель в степных и лесостепных районах России. – Волгоград, 1998. – С. 116–118.

130. Кузник, И. А. Анализ и корректирование формул для расчета суммарного испарения основных орошаемых культур в Заволжье / И. А. Кузник, Л. Н. Чумакова, А. С. Васильев // Н. тр. Саратовского СХИ, 1978. Вып.120. – С. 54–58.

131. Кузник, И. А. Новое в сельскохозяйственной мелиорации / И. А. Кузник, Н. Г. Воронин. – Саратов, 1978. – 56 с.

132. Кузник, И. А. Орошение в Заволжье / И. А. Кузник. Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 160с.

133. Ларионов, А. Г. Пути повышения урожая люцерны / А. Г. Ларионов, В. Т. Морковин // Степные просторы. – 1970. – № 5. – С. 43–45.
134. Ларионов, А. Г. Режим орошения люцерны / А. Г. Ларионов // Труды Валуйской опытно-мелиоративной станции. – Волгоград, 1966. – С. 108–131.
135. Леонтьев, С. А. Мелиоративное состояние земель Саратовской области / С. А. Леонтьев, В. С. Егоров, А. Н. Никишанов // Научная жизнь. – 2014. – №6. – С.84–90.
136. Леонтьев, С. А. Эффективный эксплуатационный режим орошения кормовых культур в Саратовском Заволжье / С. А. Леонтьев, А. Н. Никишанов // В сборнике: Проблемы научного обеспечения сельскохозяйственного производства и образования. Саратов, 2008. – С. 133–134.
137. Леонтьев, С. А. Эффективный эксплуатационный режим орошения люцерны в условиях Саратовского Заволжья / С. А. Леонтьев, В. С. Егоров, А. Н. Никишанов // Научная жизнь. – 2014. – №5. – С. 52–55.
138. Лихацевич, А. П. Нормированный режим орошения сельскохозяйственных культур / А. П. Лихацевич // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – №4. – С. 18–20.
139. Лысогоров, С. Д. Орошаемое земледелие / С. Д. Лысогоров – М.: Колос, 1981. – 375 с.
140. Льгов, Г. К. Биологические особенности поливного режима сельскохозяйственных культур / Г. К. Льгов // Биологические основы орошаемого земледелия: Сб. научных трудов. – М.: Изд-во АН СССР, 1966. – С. 46–57.
141. Льгов, Г. К. Орошаемое земледелие / Г. К. Льгов. – М.: Колос, 1979. – 190 с.
142. Мезенцев, В. С. Расчеты водного баланса / В. С. Мезенцев. – Омск: Изд-во СХИ, 1973. – 76 с.
143. Мезенцев, В. С. Режимы влагообеспеченности и условия гидромелиораций степного края / В. С. Мезенцев, И. В. Карнацевич, Г. В. Белоненко. – М.: Колос, 1974. – 240 с.

144. Мелиорация и водное хозяйство. Том. 6 Орошение: Справочник / Под. Ред. Б. Б. Шумакова – М.: Агропромиздат, 1990. – 415 с.
145. Мелиорация и использование орошаемых земель степной зоны / Под. Ред. И. П. Кружилина, И. А. Божко // Научные труды. ВАСХНИЛ. – М.: Агропромиздат, 1988 – 126 с.
146. Местечкин, В. Б. Пространственная интерполяция биологических коэффициентов водопотребления / В. Б. Местечкин // Гидротехника и мелиорация. – 1978. – № 11. – С. 43.
147. Методика ресурсно–экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе. / ВНИИ земледелия и защиты почв от эррозии. – Курск: Издательство «Юмекс», 1999. – 47 с.
148. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. ВНИИ кормов им. Вильямса В. Р., – М. – 1983. – 63 с.
149. Методические указания по проведению экспериментальных исследований и расчету биоклиматических коэффициентов водопотребления сельскохозяйственных культур/ Укр. НИИГиМ. – Киев: Урожай, 1978. – 16 с.
150. Методическое руководство: Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв / Под ред. Е. В. Шеина. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 200 с.
151. Михальцевич, А. И. Расчет испарения с орошаемых угодий / А. И. Михальцевич // Гидротехника и мелиорация. – 1982. – №9. – с.37–38.
152. Михеева, О. В. Водосберегающие режимы орошения зерновых культур в Поволжье / О. В. Михеева // Автореферат на соискание ученой степени канд. Технических наук. – Саратов, 2005. – 24 с.
153. Мичурин, Б. Н. Доступность влаги для растений в зависимости от структуры и плотности сложения почв и грунтов / Б. Н. Мичурин // Вопросы агрономической физики: Сб. – Л.: Изд. ВАСХИИЛ, 1957. – С.48–53.
154. Моделирование роста и продуктивности сельскохозяйственных культур / под ред. Ф. В. Т. Пеннинга де Фриза и Х. Х. Ван Лаара. – Л., Гидрометеиздат, 1986. – 322 с.

155. Морковин, В. Т. Информационно-советующая система разработки режимов орошения / В. Т. Морковин, О. Ю. Холуденева, В. В. Иванов, Н. А. Пронько, В. В. Корсак // Водосберегающие технологии как основа эффективного использования орошаемых земель Сб. науч. Тр. – ФГНУ «ВолжНИИГиМ». – Саратов, 2003. – С. 122–133.

156. Морковин, В. Т. Расчет экологически безопасных норм водопотребности и режимов орошения сельскохозяйственных культур / В. Т. Морковин, В. В. Иванов, В. В. Корсак // Техническое совершенствование и эксплуатация оросительных систем в засушливой зоне Российской Федерации: Сб. науч. Тр. М.: ЦНТИ Мелиоводинформ, 2000. – С. 140–147.

157. Морковин, В. Т. Урожай и выживаемость люцерны в зависимости от режима орошения и сроков укоса на темно-каштановых почвах Заволжья / В. Т. Морковин // Автореф. Дис. Канд. с/х наук. – Саратов, 1973. – 22 с.

158. Мосиенко, Н. А. Влияние орошения на мелиоративное состояние земель. / Н. А. Мосиенко, Л. Н. Чумакова, Г. М. Крыльчук. // Тез. Докл. Всерос. Научно-произв. Конф. – Саратов, 1992. – С.23–24.

159. Нагорный, В. А. Научное обоснование оросительных норм и режимов орошения зерно кормовых культур в Саратовской области / В. А. Нагорный // Автореф. Дис. Канд. Технические наук. Саратовский ГАУ. – Саратов, 2000. – 24 с.

160. Нагорный, В. А. О состоянии мелиоративного комплекса Саратовской области и принимаемых мерах по рациональному использованию водных ресурсов / В. А. Нагорный // Водосберегающие технологии как основа эффективного использования орошаемых земель: Сб. научных трудов ВолжНИИГиМ. – Саратов, 2003. – С. 3–9.

161. Нерпин, С. В. Моделирование переноса влаги и испарения в верхних горизонтах почвенного профиля / С. В. Нерпин, А. А. Аракелян // Сборник трудов по агрофизике. – Агрофизический институт. 1980. – С.57–75.

162. Овчинников, А. Б. Водосберегающие режимы орошения кормовых культур в условиях Саратовского Заволжья / А. Б. Овчинников // Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. С-х наук, Саратов, 2001. – 21 с.



163. Олейник, А. М. Урожайность сельскохозяйственных культур при проектных режимах орошения / А. М. Олейник, А. Ю. Черемисинов // Орошаемые черноземы и их рациональное использование: Сб. трудов ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1990. – С.45–48.

164. Ольгаренко, В. И. Алгоритм формирования и расчета плана посева и полива сельскохозяйственных культур с использованием информационных технологий / В. И. Ольгаренко, В. И. Селюков, И. В. Ольгаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 1. – С. 124 – 129.

165. Ольгаренко, В. И. Информационные технологии планирования водопользования в хозяйствах / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, О. П. Кисаров, В. И. Селюков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 78. – С. 279 – 290.

166. Ольгаренко, В. И. Компьютерная технология планирования водопользования в оросительных системах / И. В. Ольгаренко, В. И. Селюков // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 4. – С. 12 – 15.

167. Ольгаренко, Г. В. Водосберегающие почвозащитные технологии орошения / Г. В. Ольгаренко, В. И. Ольгаренко // Мелиорация антропогенных ландшафтов. Водосберегающие почвозащитные технологии орошения на Нижнем Дону. – Новочеркасск, 2000. – С. 20–24

168. Ольгаренко, Г. В. Нормирование орошение люцерны с учетом вероятностного характера гидрометеорологической и воднобалансовой информации / Г. В. Ольгаренко – Новочеркасск, Издат. НГМА, 1997 – 128 с.

169. Ольгаренко, Г. В. Нормирование, информационное обеспечение и реализация водосберегающих процессов орошения / Г. В. Ольгаренко // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук: Новочеркасск, 1998. – 42 с.

170. Ольгаренко, Г. В. Совершенствование методики расчетов суммарного испарения растений / Г. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 1997. – №2. – С.26–27.

171. Ольгаренко, И. В. Информационные технологии планирования водопользования и оперативного управления водораспределением на оросительных системах / И. В. Ольгаренко // Автореферат диссертации доктора технических наук: 06.01.02. Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2013. – 40 с.

172. Остапчик, В. П. Информационно-советующая система управления орошением / В. П. Остапчик. – К.: Урожай, 1989. –248 с.

173. Остапчик, В. П. Планирование режимов орошения на основе биоклиматического метода расчета водопотребления сельскохозяйственных культур / В. П. Остапчик. – М., 1981. – №9. – 88 с.

174. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства РФ. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mcsx-dm.ru/nsi>.

175. Панкова, Т. А. Влияние влагообеспеченности сельскохозяйственного поля на изменчивость биоклиматических коэффициентов люцерны / Т. А. Панкова // Фундаментальные и прикладные исследования в высшей аграрной школе. Выпуск 5. Материалы конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов по итогам научно-исследовательской, учебно-методической и воспитательной работе. ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ» по итогам 2014 г., проходившей 16–26 февраля 2015 г. (под.ред. Воротникова И.Л., Муравьевой М. В.). Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. –С.97–99.

176. Панкова, Т. А. Исследование водного режима темно-каштановой почвы на посевах люцерны / Т. А. Панкова, С. В. Затиначий // Вавиловские чтения – 2010: материалы международной научно-практической конференции 25–26 ноября 2010. – Саратов: Изд-во КУБИК, 2010. – С. 339–340.

177. Панкова, Т. А. К вопросу изучения динамики влагозапасов темно-каштановой почвы Саратовского Заволжья / Т. А. Панкова // «Научная жизнь». – 2014. – № 1. – С. 19–22.

178. Панкова, Т. А. Моделирование режима орошения / Т. А. Панкова, С. В. Затицацкий // Fundamental and applied sciences today II (vol.1): материалы докладов II Международной научно-практической конференции. – Москва: SPS Academic, 2013. – С.115–118.

179. Панкова, Т. А. Определение влажности почвы для регулирования режима орошения сельскохозяйственных культур в условиях Саратовского Заволжья / Т. А. Панкова, А. Н. Руковичникова // «Научная жизнь» – 2013. – №4. – С. 17–24.

180. Панкова, Т. А. Определение суммарного водопотребления люцерны / Т. А. Панкова, А. Н. Руковичникова // «Научная жизнь» – 2013. – №5. – С. 9–12.

181. Панкова, Т. А. Результаты моделирования нормирования орошения сельскохозяйственных культур для условий Саратовского Заволжья / Т. А. Панкова // «Научное обозрение». – 2014. – № 1. – С.17–21.

182. Панкова, Т. А. Ресурсосберегающее нормирование орошения / Т. А. Панкова // Вавиловские чтения – 2013: сборник статей научно-практической конференции, посвященной 126-й годовщине со дня рождения академика Н. И. Вавилова и 100-летию Саратовского ГАУ (25–27 ноября 2013 г). – Саратов: Буква, 2013. – С. 206–207.

183. Панкова, Т. А. Статистическая обработка результатов нормирования орошения люцерны для условий Саратовского Заволжья / Т. А. Панкова // Research Journal of International Studies: сборник по результатам международной научной конференции. – Екатеринбург: международный научно-исследовательский журнал. 2014. – №2 (21). – С. 111–112.

184. Панченко, Ю. И. Водопотребление и урожайность кормовых культур при орошении в Заволжье / Ю. И. Панченко, В. В. Иванов, Ф. И. Стрельников // Научно-технический прогресс в мелиорации земель Поволжья. – М.: 1990. – С.42–48.

185. Пачепский, Я. А. Математические модели процессов в мелиорируемых почвах / Я. А. Пачепский // М.: Изд-во МГУ, 1992. – 86 с.
186. Пенман, Х. Л. Растение и влага / Х. Л. Пенман // Пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1968 – 148 с.
187. Плюснин, И. И. Мелиоративное почвоведение / И. И. Плюснин, А. И. Голованов. – М.: Колос, 1983. – С. 44–97.
188. Полубаринова-Кочина, Л. Я. Математические методы в вопросах орошения. / Л. Я. Полубаринова-Кочина, В. Г. Пряжинская, В. Н. Эмих. – М.: Наука, 1969. – С. 237–253.
189. Полуэктов, Р. А. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур. / Р. А. Полуэктов, Э. И. Смоляр, В. В. Терлеев, А. Г. Топаж // СПб.: Изд-во С.-Петербур. Ун-та, 2006. – 396 с.
190. Полуэктов, Р. А. Моделирование почвенных процессов в агроэкосистемах: Учеб. Пособие. / Р. А. Полуэктов, И. В. Опарина, Н. Н. Семенова, В. В. Терлеев // СПб.: Изд-во С.-Петербур. Ун-та, 2002.–148 с.
191. Прокопец Р. В. Ресурсосберегающие технологии орошения кормовых культур на темно-каштановых почвах Поволжья / Р. В. Прокопец, А. Б. Овчинников // Научная жизнь – 2012 – № 4. – С. 81–86.
192. Прокопец, Р. В. Водосберегающие режимы орошения козлятника восточного на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья / Р. В. Прокопец // Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Саратов, 2003. – 20 с.
193. Пронько, Н. А. Автоматизация расчета дифференцированных режимов орошения сельскохозяйственных культур / Н. А. Пронько, В. Т. Морковин, О. Ю. Холуденева, В. В. Корсак // Экологические аспекты интенсификации сельскохозяйственного производства: Материалы международной научно-практической конференции том II – Пенза: Пензенская гос. С.-х. акад., 2002. – С. 121–123.
194. Пронько, Н. А. Влияние длительного интенсивного использования на плодородие и пути восстановления дегумифицированных орошаемых почв

Саратовского Заволжья / Н. А. Пронько // Научное обеспечение устойчивого развития сельскохозяйственного производства в засушливых зонах России: сб. материалов науч. Сессии РАСХН. – Ч. 1 Экономика, земледелие, мелиорация и лесное хозяйство. М.: Россельхозакадемия, 2000. – С. 519–526.

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

196. Пронько, Н. А. Изменения агроландшафтов Саратовского Заволжья при широкомасштабных изменениях водного баланса территорий и способы предупреждения их деградации / Н. А. Пронько, В. В. Корсак, А. С. Фалькович // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2013. – № 8. – С. 64–71.

197. Пронько, Н. А. Орошение в Поволжье: не повторять ошибок. / Н. А. Пронько, В. В. Корсак, А. С. Фалькович // Мелиорация и водное хозяйство – 2014, №4, С. 16–19.

198. Пронько, Н. А. Прогнозирование эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель с помощью математического моделирования их солевого режима / Н. А. Пронько, В. В. Корсак, А. С. Фалькович, В. С. Бурунова // Проблемы производства продукции растениеводства на мелиорированных землях / Сб. науч. Тр. По мат. Междунар. Конф. Посв. 75-летию СтГАУ. – Ставрополь: «Агрис», 2005, С. 126 – 130

199. Пронько, Н. А. Пути решения проблемы борьбы с деградацией орошаемых земель Саратовской области / Н. А. Пронько, В. В. Корсак, А. С. Фалькович, С. В. Затицкий // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2009. – № 4. – С. 38-45.

200. Пронько, Н. А. Рекомендации по рациональным экологически обоснованным оросительным нормам на планируемую урожайность силосной кукурузы, люцерны, озимой пшеницы, сои, гречихи и кормовых смесей для Саратовской области / Н. А. Пронько, В. К. Брель, В. А. Шадских, В. В. Корсак, С. В. Затицкий, Ю. И. Панченко. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им.

Н.И. Вавилова». – 2011. – 22 с.

201. Раевская, Н. Г. О поливах малыми нормами сельскохозяйственных культур при дождевании на орошаемых землях саратовского Заволжья / Н. Г. Раевская // Повышение эффективности мелиоративных систем: научные труды МГМИ. – М., 1983. – С.83–86.

202. Рекомендации по орошению люцерны в Саратовской области / ВолжНИИГиМ – Саратов, 1978. – 30 с.

203. Рекомендации по расчету испарения с поверхности суши / Редакторы: П. П. Кузьмин, С. М. Алпатьев //, Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 92 с.

204. Рендольф, Н. Professional Visual Studio 2010 / Н. Рендольф, Д. Гарднер, М. Минутилло, К. Андерсон. – М.: «Диалектика», 2011. – 1184 с.

205. Решетов, Г. Г. Ресурсосберегающие режимы орошения кормовых культур в Саратовском Заволжье / Г. Г. Решетов, С. С. Рябчикова // Научная жизнь. – 2012. – № 3. – С. 25–31.

206. Роде, А. А. Вопрос изучения водного режима почв / А. А. Роде – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 211 с.

207. Роде, А. А. Почвенная влага / А. А. Роде. – М.: Издательство Академии наук СССР, 1952. – 454 с.

208. Рыскина, Л. М. Развитие орошения в Саратовской области. / Л. М. Рыскина. – Изд. СГУ, 1979. – 134 с.

209. Сафронова, Т. И. Математическое моделирование в задачах агрофизики / Т. И. Сафронова, В. И. Степанов. – Изд. КубГау, 2012. –110 с.

210. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015661256 Программа расчета нормирования орошения сельскохозяйственных культур / Панкова Т. А., Затицацкий С. В.; правообладатель ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова. – ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности», дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 22.10.15 г., г. Москва (заявка № 2015618158 от 08.09.2015 г.).

211. Серебренников, Ф. В. Оценка зависимости капиллярной проницаемости почвы от влагосодержания на основе численного моделирования процесса движения влаги / Ф. В. Серебренников, А. Н. Никишанов // В сборнике: Основы рационального природопользования Материалы IV международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова и 40-летию кафедры «Геодезия, гидрология и гидрогеология». – 2013. – С. 300–305.

212. Сиротенко, О. Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем / О. Д. Сиротенко – М.: Гидрометеиздат, 1981. – 166 с.

213. Струнников, Э. А. Об изменчивости биологических коэффициентов при расчете потребления сельскохозяйственных культур / Э. А. Струнников // Гидротехника и мелиорация. – 1977. – № 12. – С. 52–53.

214. Судницин, И. И. Движение почвенной влаги и водопотребление растений. / И. И. Судницин. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 255 с.

215. Технические указания к расчету режима орошения и элементов водного баланса оросительных систем в Заволжье. / Под ред. Н. Г. Воронина. – Саратов: Саратовский СХИ, 1979. – 48 с.

216. Угрехелидзе, Ш. Водопотребление сельскохозяйственных культур в горных условиях/ Ш. Угрехелидзе // Гидротехника и мелиорация. – 1980. – № 10. – С. 67.

217. Усов, Н. И. Почвы Саратовской области / Н. И. Усов. – Саратов: Облгиз, 1948. – Ч. 2. – 365 с.

218. Фалькович, А. С. Прогноз водно-солевого режима почвогрунтов в системе проектирования и мониторинга объектов мелиорации / А. С. Фалькович, Н. А. Пронько // Аграрный научный журнал. – 2010. – №10. – С. 62–69.

219. Харченко, О. В. Уточнение средневзвешанных за вегетационный период коэффициентов суммарного водопотребления к методу С. М. Алпатьева / О. В. Харченко // Мелиорация и водное хозяйство. Вып. 71. Киев, 1989. – С. 12–13.

220. Харченко, С. И. Гидрология орошаемых земель / С. И. Харченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1975 – 374 с.
221. Харченко, С. И. Управление водным режимом на мелиорируемых землях в Нечерноземной зоне / С. И. Харченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 240 с.
222. Хохлов, А. И. Управление процессами формирования экологически сбалансированных водно-солевых режимов, определяющих благоприятное мелиоративное состояние орошаемых земель Южного Заволжья / А. И. Хохлов // Автореферат дисс. На соиск. Уч. Ст. доктора сельскохозяйственных наук. Волгоград, 1996. – 36 с.
223. Циприс, Д. Б. Расчет водопотребления по метеопараметрам / Д. Б. Циприс, Э. Г. Евтушенко // Гидротехника и мелиорация. –1980. – №7. – С.43–44.
224. Чумакова, Л. Н. Определение испарения различными методами при возделывании кормовых культур / Л.Н. Чумакова, Д.В. Плотников, С.Б. Исхаков // Аграрный научный журнал. – 2012. – №4. – С. 36–39.
225. Чумакова, Л. Н. Суммарное испарение и влагоперенос на орошаемых полях кормовых культур в Заволжье / Л. Н. Чумакова. – Саратов: СГАУ, 2003. – 200 с.
226. Шабанов, В. В. Биоклиматическое обоснование мелиорации / В. В. Шабанов – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 165 с.
227. Шабанов, В. В. Влагообеспеченность яровой пшеницы и ее расчет / В. В. Шабанов – Издательство: Гидрометеиздат (Санкт-Петербург), 1981 – 142 с.
228. Шабанов, В. В. Комплексные мелиорации будущего / В. В. Шабанов, А. А. Богушевский, Е. П. Галямин, Б. Б. Шумаков // Гидротехника и мелиорация. – 1977. – №11. – С.10–15.
229. Шабанов, В. В. Оценка риска выращивания яровой пшеницы в условиях изменения климата на примере Саратовской области / В. В. Шабанов, Т. А. Васильченко // Материалы конференции, посвященной 118-й годовщине Н. И. Вавилова. – Саратов, 2005. – С. 14–16.



230. Шабанов, В. В. Применение расчетной компьютерной системы по оценке природно-хозяйственного риска и необходимости мелиорации на примере Саратовской области. / В. В. Шабанов, И. С. Орлов, Т. А. Васильченко // Материалы международной научно-практической конференции «Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем». М.: МГУП – 2006. – С.21–26.

231. Штойко, Д. А. Нормативы проектирования режимов орошения сельскохозяйственных культур и гидромодуля в условиях интенсивного использования орошаемых земель / Д. А. Штойко – М.: Колос, 1965. – С.171–185.

232. Шувалов, А. Н. Современные системы орошаемого земледелия Поволжья и пути их реформирования / А. Н. Шувалов, Г. И. Фомин, Н. А. Колчина – С.: 1994. – 58 с.

233. Шумаков, Б. А. Изучение водопотребления сельскохозяйственных культур – основа для проектирования режима орошения / Б. А. Шумаков // Сб. Биологические основы орошаемого земледелия. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 154 с.

234. Шумаков, Б. А. Орошение в засушливой зоне Европейской части СССР / Б. Б. Шумаков. – М.: Россельхозиздат, 1969. – 170 с.

235. Шумаков, Б. Б. Новые подходы к определению водопотребления и режимов орошения сельскохозяйственных культур / Б. Б. Шумаков // Мелиорация водного хозяйства. – 1994. – №2. – С. 14–15.

236. Яковлев, С. А. О дифференцировке переходных коэффициентов для расчета водопотребления / С. А. Яковлев // Водное хозяйство. Киев: Урожай, 1980. – Вып. 1. – С. 16–21.

237. Belmans, C. Simulanion of the water balance of a cropped soil / C. Belmans., J.G. Wesseling and R.A. Feddes // SWATRE. J. Hudrol., 1983. – 63, – P.271–286.

238. Ewerst, C. Irrigation in more than changing Water. / C. Ewerst. // Idaho Farmer Stockman. – 1983. – V. 101. – P. 10–22.

239. Fischbach, P. Scheduling key to efficient irrigation / P. Fischbach, G. Buttermore. // *Ranah and Home Quarterly*. – 1984. – V.30. – №3а. – P. 26–27.
240. Golovanov, A. I. Optimization of chernozem irrigation regimes / A. I. Golovanov // *Почвоведение*. – 1993. – № 6. – С. 79–80.
241. Hillel, D. Soil and water. Physical principles and processes / D. Hillel. – New York: Acad. Press, 1971. – 311 p.
242. Jensen, J.R. The role of evatranspiration models in irrigation scheduling / J.R. Jensen, J.L. Wright // *Transactions of the ASAE*. –1978. –V. 21. – P. 82–87.
243. Moriasi, D. N. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations / D. N. Moriasi, J.G. Arnold, M. W. Van Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel, T. L. Veith // *Transactions of the ASABE*, 50 (3), 885–900.
244. Mualem, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivineof unsaturated porous mtdia / Y. Mualem // *Water Resour Res.*, – 1976. – №12. – P.513–522.
245. Nash, J. E. River flow forecasting through conceptual models part I-A / J. E. Nash and J.V. Sutcliffe // *discussion of principles, Journal of Hydrology*, 197010 (3) – P.282–290.
246. Pachepsky, Ya. A. Artificial neural networks to estimate soil water retention from easily measurable data. / Ya. A. Pachepsky, D. Timlin, and G.Varallyay // *Soil Sci. Soc. Am.*1966. J. – 60. – P. 727–773.
247. Smith, M. CROPWAT, A computer program for irrigation planning and management / M. Smith // *FAO Irrigation and Dranage* – 1992. – 46 p.
248. Swap graphical user interface. User Manual / J. Huygen, J.C. van Dam, J.G.Kroes / January 2000. – 105 p.
249. TRIME–FM User Manual / IMKO Micromodultechnik GmbH. 22 p.
250. User Manual for the Profile Probe type PR2. / Delta-T Devices Ltd. 42 p.
251. Zatinatzki, S. W. Norming of Agricultural Crop Irrigation by Using Available Moisture savings of the estimated soil layer. / S.W. Zatinatzki, A.V.

Kravchuk. // Journal of Huazhong Agricultural University: Wuhan, China, 2000. – №.3. –19 p.

252. Zeiliger, A. M. A mathematical model for estimating the extent of solute– and water-flux heterogeneity in multiple sample percolation experiments / F., Li L. Stagnitti, G. Allinson, I. Phillips, D. Lockington, A. Zeiliger, M. Allinson, J. Lloyd-Smith, M. Xie // Journal of Hydrology. – 1999. – Т. 215. – №1–4. – С. 59–69.

253. Zeiliger, A. M. Estimation water retention of sandy soils using the additivity hypothesis / A. M. Zeiliger, Ya. A. Pachepsky, W. J. Rawls // Soil Sciences. – 2000. – P. 165-169.

254. Zeiliger, A. M. Water and solute movement and simulation in soil medium models / A. M. Zeiliger // В сборнике: Proceedings, Congress of the International Association of Hydraulic Research, IAHR Proceedings of the 1997 27<sup>th</sup> Congress of the International Association of Hydraulic Research, IAHR. Part C. Сер. «Groundwater: An Endangered Resource» sponsors: ASCE. San Francisco, CA, USA, – 1997. – С. 373–378.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

## Приложение А, таблица 1.

Таблица 1 – Среднегодовые данные по метеостанции «Маркс»

Месяц	Декады	Средняя температура воздуха, С°	Осадки, мм	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб
апрель	III	10,0	8	47	5,9
май	I	13,5	9	44	7,2
	II	15,9	11	43	8,6
	III	17,8	13	42	10,0
июнь	I	19,4	12	43	12,1
	II	20,4	12	44	12,8
	III	21,3	11	45	12,9
июль	I	22,4	12	45	12,8
	II	22,8	11	42	13,0
	III	22,7	11	41	13,2
август	I	22,1	13	42	13,2
	II	20,6	12	44	12,9
	III	19,0	12	45	12,2
сентябрь	I	16,7	12	46	10,1
	II	13,8	11	48	7,6
	III	11,0	11	50	5,0
октябрь	I	8,3	11	54	3,6
	II	6,0	11	62	2,8

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

## Приложение Б, таблица 1.

Таблица 1 – Ежедневные значения климатических элементов (по данным полевой метеостанции «ZENO – 3200») в 2007 г.

Дата	Среднесуточная температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб	Сумма осадков, мм
21.04.07	8,9	68	4,2	0,7
22.04.07	7,6	72	3,3	3,0
23.04.07	7,6	61	4,5	0,0
24.04.07	6	76	2,7	0,0
25.04.07	7,6	66	4,2	0,3
26.04.07	9,4	57	5,8	0,0
27.04.07	11,5	50	8,2	0,0
28.04.07	14,8	42	10,3	0,0
29.04.07	12,7	61	6,1	0,8
30.04.07	6,2	74	2,6	4,9
01.05.07	7,7	57	5	0,0
02.05.07	7,9	56	4,9	1,1
03.05.07	7,9	50	6,2	0,0
04.05.07	8,3	63	4,1	2,3
05.05.07	7,3	74	2,7	2,3
06.05.07	7,1	70	3,1	0,0
07.05.07	9,1	52	7,1	0,0
08.05.07	12,6	45	9,2	0,0
09.05.07	14,5	62	6,8	2,3
10.05.07	13,7	74	4,4	0,6
11.05.07	12,7	70	5	0,4
12.05.07	16,3	64	8,2	0,1
13.05.07	16,4	65	7,1	3,7
14.05.07	15	71	5,8	0,1
15.05.07	14,1	41	10	0,0
16.05.07	16,2	48	11,7	0,0
17.05.07	22,1	50	15,4	0,0
18.05.07	20,7	39	16,6	0,0
19.05.07	21,5	42	17,4	0,0
20.05.07	22,6	48	17,3	0,0
21.05.07	24,6	47	19,2	0,0
22.05.07	25,3	45	20,6	0,0
23.05.07	26,2	50	19,8	0,0
24.05.07	25,9	41	22,4	0,0
25.05.07	22,8	47	15,9	0,0
26.05.07	21,9	47	16,1	0,0
27.05.07	24	49	18,3	0,0
28.05.07	26,1	40	22,7	0,0
29.05.07	27,6	36	25,6	0,0
30.05.07	28,1	36	27	0,0



Дата	Среднесуточная температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб	Сумма осадков, мм
31.05.07	27,9	43	24,6	0,0
01.06.07	28,6	47	24,5	0,0
02.06.07	17,4	58	8,7	0,0
03.06.07	15	42	10,9	0,0
04.06.07	16,4	35	13,1	0,0
05.06.07	17,4	54	9,4	1,0
06.06.07	13,8	47	8,9	0,6
07.06.07	15,5	47	11,2	0,0
08.06.07	16,6	62	7,4	2,8
09.06.07	15,8	58	8,5	0,0
10.06.07	15,2	53	8,9	0,0
11.06.07	16,4	61	7,8	1,1
12.06.07	14,9	50	9	0,0
13.06.07	18,3	56	11,1	0,0
14.06.07	22,1	57	12,7	0,0
15.06.07	22,8	62	11,7	1,1
16.06.07	23,9	64	13,4	0,0
17.06.07	25,1	59	14,9	0,8
18.06.07	26	56	17,8	0,1
19.06.07	28,5	35	27,7	0,0
20.06.07	23,9	55	15,3	0,4
21.06.07	22,7	64	10,4	0,4
22.06.07	17,1	61	8,5	0,0
23.06.07	17,6	62	8	3,2
24.06.07	17,7	75	5,6	0,4
25.06.07	17,9	83	3,7	2,2
26.06.07	19,5	64	9,5	0,0
27.06.07	21,2	64	11,1	0,0
28.06.07	24,3	63	13,2	0,0
29.06.07	23,1	78	7	33,4
30.06.07	25,2	61	13,1	0,0
01.07.07	23,2	74	7,8	0,0
02.07.07	21,8	69	9,3	0,0
03.07.07	23	59	12,8	0,0
04.07.07	20,6	64	9,3	0,8
05.07.07	21,9	66	10,7	0,0
06.07.07	27,1	55	19,9	0,0
07.07.07	29,2	46	25,3	0,0
08.07.07	20,5	80	5,7	12,4
09.07.07	17,9	79	4,5	1,2
10.07.07	19,2	74	6	0,7
11.07.07	20,8	67	8,5	0,0
12.07.07	23,2	67	10,8	0,0
13.07.07	25,2	62	13,8	0,0
14.07.07	26,6	65	14	0,0
15.07.07	25,2	69	11	2,8

Дата	Среднесуточная температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб	Сумма осадков, мм
16.07.07	22,9	79	6,7	12,2
17.07.07	22,3	69	9,2	0,5
18.07.07	20,9	65	9,1	0,6
19.07.07	23,1	62	12,3	0,0
20.07.07	25,2	60	13,7	0,1
21.07.07	22,2	56	12,5	0,0
22.07.07	22	57	12,1	0,0
23.07.07	20,1	47	13,1	0,0
24.07.07	20,5	55	11,9	0,0
25.07.07	21,9	49	15,2	0,0
26.07.07	23,8	46	17	0,1
27.07.07	20,8	79	5,5	2,9
28.07.07	22,5	67	10,3	0,0
29.07.07	23,3	67	11,5	0,0
30.07.07	24	66	11,4	0,0
31.07.07	25,7	65	13,7	0,0
01.08.07	27	56	17,3	0,0
02.08.07	28,2	48	22	0,0
03.08.07	29,5	38	28,4	0,0
04.08.07	28,8	34	26,6	0,0
05.08.07	27,2	43	21,7	0,4
06.08.07	28,4	44	23,5	0,0
07.08.07	29,6	46	23,8	0,0
08.08.07	27,5	47	20	0,0
09.08.07	19,9	48	12,7	0,0
10.08.07	20,4	49	13,5	0,0
11.08.07	23,9	56	14,7	0,0
12.08.07	25	60	15,6	0,0
13.08.07	27,2	44	22,3	0,0
14.08.07	27,3	38	24,4	0,0
15.08.07	26,4	35	24,4	0,0
16.08.07	26,4	42	21,5	0,0
17.08.07	27,4	44	21,7	0,0
18.08.07	27,6	45	21,8	0,0
19.08.07	28,5	44	23,8	0,0
20.08.07	29	41	26,1	0,0
21.08.07	28,9	39	26,8	0,0
22.08.07	28,3	47	21,9	0,0
23.08.07	28,8	45	23,4	0,0
24.08.07	27,5	49	21,3	0,0
25.08.07	27,4	53	21,4	0,0
26.08.07	24,6	57	13,8	0,0
27.08.07	25,8	62	14	0,0
28.08.07	25,4	56	14,7	0,8
29.08.07	22,5	69	9,7	2,5
30.08.07	18,1	49	11,2	0,0

Дата	Среднесуточная температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб	Сумма осадков, мм
31.08.07	15	74	5,1	17,6
01.09.07	16,7	67	7,6	0,0
02.09.07	18,1	68	7,9	0,7
03.09.07	19,3	69	8,5	0,0
04.09.07	19,1	82	4,2	23,2
05.09.07	20	81	5,3	17,6
06.09.07	20,5	66	9,5	0,0
07.09.07	19,4	62	9,9	0,0
08.09.07	23	43	18,4	0,0
09.09.07	19,3	75	5,8	3,2
10.09.07	16,3	75	4,5	0,1
11.09.07	14,2	77	4,2	6,2
12.09.07	12,1	68	5,1	0,0
13.09.07	12,7	68	5,4	0,5
14.09.07	14,1	64	6,1	3,6
15.09.07	11,9	87	1,9	14,0
16.09.07	13,3	70	5,2	0,0
17.09.07	11,6	81	2,6	5,8
18.09.07	10,2	83	2,4	1,0
19.09.07	13,4	75	4,6	0,0
20.09.07	14,1	78	4,5	0,0
21.09.07	15,5	73	5,8	0,0
22.09.07	15,7	75	5,6	0,0
23.09.07	16,8	66	7,7	0,0
24.09.07	15,8	69	6,5	0,0
25.09.07	14,7	71	6,2	0,0
26.09.07	15,5	68	7,1	0,0
27.09.07	16,5	70	6,5	0,0
28.09.07	15,8	66	7,2	0,0
29.09.07	14,2	71	6,5	0,0
30.09.07	14,9	75	4,5	0,0
01.10.07	12,9	68	5,2	0,0
02.10.07	10,5	69	4,7	0,0
03.10.07	10,4	50	7,4	0,0
04.10.07	10,4	47	7,5	0,0
05.10.07	10,1	44	8	0,0
06.10.07	10,8	39	9,1	0,0
07.10.07	12,9	38	10,2	0,0
08.10.07	12,7	44	9,5	0,0
09.10.07	11,2	80	3	2,1
10.10.07	10,5	73	3,6	0,0
11.10.07	8,9	64	4,2	0,0
12.10.07	7,2	70	3,1	1,0
13.10.07	5,2	72	3,1	0,4
14.10.07	12,3	79	3	3,8
15.10.07	11,7	83	2,3	0,4

Дата	Среднесуточная температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб	Сумма осадков, мм
16.10.07	6,2	70	2,8	0,0
17.10.07	4,2	75	2	0,0
18.10.07	4,7	75	2,6	0,0
19.10.07	9	70	4	0,0
20.10.07	8,6	72	3,6	0,0

Приложение Б, таблица 2.

Таблица 2 – Ежедневные значения климатических элементов (по данным полевой метеостанции «ZENO – 3200») в 2008 г.

Дата	Среднесуточная температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб	Сумма осадков, мм
21.04.08	11,0	58	6,9	0,0
22.04.08	11,5	70	4,6	0,0
23.04.08	10,4	85	2,3	1,4
24.04.08	5,9	85	1,4	3,5
25.04.08	9,1	61	5,7	0,0
26.04.08	11,9	48	8,7	0,0
27.04.08	12,7	53	8,3	0,0
28.04.08	13,5	45	9,1	0,0
29.04.08	13,3	40	10	0,0
30.04.08	14,1	50	9,5	0,0
01.05.08	16,6	48	10,3	0,0
02.05.08	13,5	63	5,9	1,0
03.05.08	10,2	37	8,2	0,0
04.05.08	10,5	38	8,5	0,0
05.05.08	11,0	47	8,7	0,0
06.05.08	13,1	44	10,3	0,0
07.05.08	14,7	50	9,6	0,0
08.05.08	15,6	49	9,5	1,1
09.05.08	14,2	60	7,1	0,0
10.05.08	13,8	53	7,9	0,0
11.05.08	18,6	38	14,3	0,0
12.05.08	19,1	35	15,1	0,0
13.05.08	15,8	61	7,6	1,5
14.05.08	12,8	73	4,4	0,3
15.05.08	10,0	63	4,8	8,6
16.05.08	11,3	47	8,7	0,0
17.05.08	16,1	51	10,4	0,0
18.05.08	18,1	54	10,9	0,0
19.05.08	21,3	54	13,7	0,0
20.05.08	22,1	56	14,2	0,0
21.05.08	23,1	48	17,4	0,0

Дата	Среднесуточная температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб	Сумма осадков, мм
22.05.08	23,5	48	17,7	0,0
23.05.08	22,0	56	12,2	0,0
24.05.08	21,6	48	15,2	0,0
25.05.08	24,5	48	17,3	0,0
26.05.08	19,7	77	5,5	1,5
27.05.08	14,6	82	3	0,0
28.05.08	14,7	75	4,5	4,7
29.05.08	12,9	63	5,9	0,1
30.05.08	15,1	64	7,5	0,3
31.05.08	14,6	64	6,5	0,0
01.06.08	13,3	64	6,2	0,4
02.06.08	11,6	76	3,4	1,2
03.06.08	14,2	68	6,5	0,0
04.06.08	16,2	59	8	0,0
05.06.08	16,2	76	4,9	9,5
06.06.08	14,9	55	8,3	0,0
07.06.08	13,4	62	6,6	0,0
08.06.08	11,0	50	7,3	0,0
09.06.08	10,7	43	8	0,0
10.06.08	17,1	44	12,6	0,0
11.06.08	19,1	52	11,8	0,0
12.06.08	22,5	50	17	0,0
13.06.08	25,1	41	19,9	8,9
14.06.08	24,0	43	17,2	10,8
15.06.08	24,6	53	16	0,0
16.06.08	23,4	58	13,3	0,0
17.06.08	23,5	66	11,4	1,4
18.06.08	24,0	65	12,5	2,7
19.06.08	23,2	64	10,8	0,0
20.06.08	22,5	58	12,5	0,0
21.06.08	24,1	51	15,7	0,0
22.06.08	24,9	58	14,1	0,3
23.06.08	20,3	78	5,9	2,9
24.06.08	19,5	69	8,1	0,4
25.06.08	19,0	78	5,1	10,2
26.06.08	16,8	67	6,5	1,0
27.06.08	18,1	62	8,7	0,3
28.06.08	19,2	58	11	0,0
29.06.08	18,5	69	6,8	0,8
30.06.08	18,2	79	4,9	1,0
01.07.08	19,6	69	8,1	0,0
02.07.08	19,5	72	7,2	0,0
03.07.08	19,3	80	4,8	5,6
04.07.08	20,3	75	6,7	0,0
05.07.08	21,2	69	9	0,0
06.07.08	23,1	62	13,1	0,3

Дата	Среднесуточная температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб	Сумма осадков, мм
07.07.08	22,5	69	8,7	0,7
08.07.08	20,2	77	5,8	0,5
09.07.08	21,0	83	5	34,9
10.07.08	23,6	72	11,2	0,0
11.07.08	24,3	56	14,4	0,0
12.07.08	20,3	67	8,2	1,7
13.07.08	21,2	69	9,3	0,0
14.07.08	24,1	59	13,7	0,0
15.07.08	25,5	62	14,5	0,0
16.07.08	27,2	61	16,2	0,0
17.07.08	28,1	58	18,1	0,0
18.07.08	29,7	50	23,1	0,0
19.07.08	25,0	65	11,6	4,8
20.07.08	26,3	70	11,8	0,3
21.07.08	24,4	65	11,6	0,0
22.07.08	24,5	56	15,2	0,0
23.07.08	25,0	62	13,2	0,0
24.07.08	25,2	68	12,3	1,6
25.07.08	24,4	68	11,1	15,2
26.07.08	24,4	67	11,1	0,0
27.07.08	20,6	78	5,7	8,5
28.07.08	17,3	90	2,2	18,5
29.07.08	18,8	80	5,4	0,0
30.07.08	18,5	67	7,9	0,0
31.07.08	18,6	63	9,2	0,0
01.08.08	19,5	64	8,9	0,3
02.08.08	19,5	64	9,4	0,0
03.08.08	21,5	61	11,7	0,0
04.08.08	23,9	53	16,4	0,0
05.08.08	24,3	64	12,1	0,0
06.08.08	21,0	76	6,1	2,5
07.08.08	16,1	78	4,1	4,9
08.08.08	14,0	64	5,9	0,0
09.08.08	14,4	63	7	0,0
10.08.08	19,0	53	13,4	0,0
11.08.08	21,9	46	17,2	0,0
12.08.08	23,5	47	18,7	0,0
13.08.08	24,8	47	18,5	0,0
14.08.08	25,3	54	19,8	0,0
15.08.08	26,5	54	21	0,0
16.08.08	26,4	51	21,2	0,0
17.08.08	27,9	46	23	0,0
18.08.08	28,6	44	23,8	0,0
19.08.08	27,9	47	22	0,0
20.08.08	25,9	56	15,5	0,3
21.08.08	23,3	71	9,4	0,0

Дата	Среднесуточная температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб	Сумма осадков, мм
22.08.08	22,9	59	13	0,0
23.08.08	23,3	56	13,2	0,0
24.08.08	22,0	56	13,4	0,0
25.08.08	24,7	44	19,9	0,0
26.08.08	24,1	44	16,8	0,0
27.08.08	18,7	64	8,3	0,0
28.08.08	18,5	64	7,8	0,0
29.08.08	21,1	60	11,3	0,0
30.08.08	23,5	51	15,1	0,0
31.08.08	17,2	69	5,9	4,8
01.09.08	13,1	55	5,6	0,0
02.09.08	13,4	65	4,9	0,0
03.09.08	18,4	49	4,5	0,0
04.09.08	19,3	54	3,2	0,0
05.09.08	20,5	52	3,3	0,0
06.09.08	20,6	59	6,5	0,0
07.09.08	20,5	57	6,9	0,0
08.09.08	21,4	47	9,2	0,0
09.09.08	17,2	64	4,3	0,0
10.09.08	15,5	47	3,2	0,0
11.09.08	13,1	87	2,2	15,0
12.09.08	13,6	87	4,1	0,0
13.09.08	12,8	87	4,4	0,0
14.09.08	12,1	93	1,1	31,1
15.09.08	9,7	75	2	0,0
16.09.08	9,9	69	2,2	0,0
17.09.08	10,4	67	2,6	0,0
18.09.08	11,3	62	2,4	0,0
19.09.08	11,6	55	3,6	0,0
20.09.08	11,1	58	4,5	0,0
21.09.08	10,8	59	5,8	0,0
22.09.08	12,0	46	5,6	0,0
23.09.08	10,2	55	6,7	1,9
24.09.08	11,6	62	5,5	0,0
25.09.08	11,4	66	5,2	0,0
26.09.08	7,1	59	6,1	0,0
27.09.08	8,2	58	4,5	0,0
28.09.08	10,9	62	6,2	0,0
29.09.08	11,4	57	6,2	0,0
30.09.08	10,5	55	3,5	0,0
01.10.08	10,1	53	3,2	0,0
02.10.08	10,4	62	3,7	0,0
03.10.08	12,3	64	6,7	0,0
04.10.08	13,3	67	6,5	0,0
05.10.08	14,1	48	7	0,0
06.10.08	13,6	44	8,1	0,0

Дата	Среднесуточная температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб	Сумма осадков, мм
07.10.08	13,5	45	9,2	0,0
08.10.08	14,5	52	8,5	0,0
09.10.08	10,4	80	2	19,1
10.10.08	7,5	63	2,6	0,0
11.10.08	6,8	69	3,2	0,0
12.10.08	6,4	90	1,1	2,1
13.10.08	11,7	77	2,1	0,0
14.10.08	9,9	72	2	0,0
15.10.08	11,2	73	1,3	0,0
16.10.08	9,4	77	2,8	0,0
17.10.08	6,9	80	2	0,0
18.10.08	11,1	68	1,6	0,0
19.10.08	9,4	79	2,3	9,5
20.10.08	7,4	85	1	1,8

Приложение Б, таблица 3.

Таблица 3 – Ежедневные значения климатических элементов (по данным полевой метеостанции «ZENO-3200») в 2009 г.

Дата	Среднесуточная температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб	Сумма осадков, мм
21.04.09	2,6	67	1,6	1,0
22.04.09	2,8	77	1,9	0,0
23.04.09	3,7	52	2,6	0,0
24.04.09	8,1	42	7,4	0,0
25.04.09	8,6	39	7,6	0,0
26.04.09	11,4	36	7,5	0,0
27.04.09	13,8	39	8,1	0,0
28.04.09	17,9	36	12,1	0,0
29.04.09	18,3	37	12,3	0,0
30.04.09	18,3	30	12,3	0,0
01.05.09	16,2	43	5,1	0,0
02.05.09	10,1	40	3,6	0,0
03.05.09	12,2	41	2,6	0,0
04.05.09	15,5	40	6,8	0,0
05.05.09	16,7	35	7,1	0,0
06.05.09	17,1	34	8,1	0,0
07.05.09	16,7	39	10,9	0,0
08.05.09	14,8	75	14	1,6
09.05.09	16,6	74	10,7	1,0
10.05.09	16,3	76	8,6	2,6
11.05.09	16,9	58	8,6	0,0
12.05.09	18,9	56	8,4	0,3



Дата	Среднесуточная температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб	Сумма осадков, мм
13.05.09	16,4	76	10,8	2,6
14.05.09	15,4	64	5,7	6,0
15.05.09	14,3	54	5,2	0,0
16.05.09	12	65	11,3	1,8
17.05.09	12,4	67	14,9	0,0
18.05.09	10,4	71	13,1	0,0
19.05.09	12,2	58	14,3	0,0
20.05.09	15,1	47	14,1	0,0
21.05.09	14,2	67	12,6	4,2
22.05.09	13,9	78	8,4	4,1
23.05.09	14,1	49	14,9	0,0
24.05.09	17,9	44	17	0,1
25.05.09	15	75	8,5	7,2
26.05.09	13,9	76	10,3	0,4
27.05.09	13	79	8,5	2,0
28.05.09	16,1	70	4,4	0,0
29.05.09	17,5	65	9,2	0,3
30.05.09	20,4	59	8,7	1,0
31.05.09	21,9	40	17,5	0,0
01.06.09	20,2	39	15,7	0,0
02.06.09	21,6	50	17,1	0,0
03.06.09	22,3	42	20,4	0,0
04.06.09	22,6	42	12,3	0,0
05.06.09	22,3	63	3,9	5,6
06.06.09	19,5	78	6	10,6
07.06.09	18,4	71	13,2	0,0
08.06.09	20	59	11,7	0,0
09.06.09	24,6	54	12,3	0,0
10.06.09	24,2	65	13,6	0,0
11.06.09	25,5	54	17,3	0,0
12.06.09	28,6	42	18,9	0,0
13.06.09	26,3	48	8,9	11,5
14.06.09	27,9	47	6,3	0,3
15.06.09	26,8	40	17,2	0,0
16.06.09	24,2	68	13,4	0,0
17.06.09	22,5	59	11,5	0,0
18.06.09	22,4	59	10,1	0,3
19.06.09	17,4	65	12,2	3,0
20.06.09	19,4	58	15,7	0,0
21.06.09	25	54	14,3	0,0
22.06.09	27,1	51	15,9	0,0
23.06.09	25,5	54	13,6	0,0
24.06.09	20,8	52	11,7	3,4
25.06.09	20,7	41	10,5	0,0
26.06.09	21,9	40	11,3	0,0
27.06.09	22,3	38	11,5	0,0

Дата	Среднесуточная температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб	Сумма осадков, мм
28.06.09	22,4	41	10,8	0,0
29.06.09	23,7	53	13,9	0,0
30.06.09	20,4	66	15,5	7,8
01.07.09	18,6	40	14,2	0,0
02.07.09	18,7	49	14,1	0,0
03.07.09	20,4	55	13,7	0,0
04.07.09	21	64	14	6,4
05.07.09	16,7	67	12,6	0,0
06.07.09	16,9	70	9,8	15,0
07.07.09	15,6	64	13,6	0,0
08.07.09	18	61	19,2	0,0
09.07.09	21,1	58	15,2	0,0
10.07.09	24,8	45	8,9	0,0
11.07.09	25,9	47	14,6	0,0
12.07.09	26,8	49	14,3	0,0
13.07.09	27,1	49	14,9	0,0
14.07.09	27	49	15,6	0,0
15.07.09	27,7	43	15,2	0,0
16.07.09	28,2	50	16,4	0,0
17.07.09	26,8	42	17,8	0,0
18.07.09	27	46	21,1	0,0
19.07.09	28,6	51	20,8	0,0
20.07.09	27,9	46	17,6	0,0
21.07.09	28,8	46	20,6	2,2
22.07.09	25,2	60	23,7	6,4
23.07.09	22,2	58	19,8	0,0
24.07.09	21,4	58	26,9	0,0
25.07.09	23,7	54	26,4	0,0
26.07.09	27,1	47	27,8	0,0
27.07.09	28	39	29,4	0,3
28.07.09	27,5	42	28,4	0,0
29.07.09	28,5	36	24,3	0,0
30.07.09	28,6	42	22	0,0
31.07.09	26,5	51	19,4	0,0
01.08.09	23	55	16,1	0,0
02.08.09	23,8	42	13,5	0,0
03.08.09	23,4	57	16,4	0,0
04.08.09	22	60	10,3	0,0
05.08.09	19,3	81	12,3	17,4
06.08.09	18,1	73	11,3	0,0
07.08.09	16,5	57	11	0,0
08.08.09	15,9	59	13	0,0
09.08.09	15,9	55	12,3	0,0
10.08.09	16,2	59	16,3	0,0
11.08.09	21	56	14,8	0,0
12.08.09	22,1	56	22,4	0,0

Дата	Среднесуточная температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб	Сумма осадков, мм
13.08.09	18,8	76	25,1	3,9
14.08.09	20,3	74	13,4	0,5
15.08.09	20,2	71	14,9	3,4
16.08.09	23,4	60	22,1	0,0
17.08.09	26,7	56	16,5	0,0
18.08.09	31	55	16,3	0,0
19.08.09	31,3	51	14,4	0,0
20.08.09	29,7	65	9,9	6,0
21.08.09	19,2	92	7,9	6,3
22.08.09	19,6	83	4,1	0,8
23.08.09	20,4	87	7	2,2
24.08.09	22,4	67	8,2	0,0
25.08.09	24,3	65	9,6	0,0
26.08.09	21,9	81	10,9	9,8
27.08.09	19,4	76	12	0,3
28.08.09	24,8	77	10,7	0,0
29.08.09	27	72	12,4	0,0
30.08.09	22,6	79	12,6	0,0
31.08.09	24,6	66	18	0,0
01.09.09	24,6	81	20,9	0,0
02.09.09	20,9	70	12,9	0,0
03.09.09	19,9	83	4,9	0,0
04.09.09	18,6	72	6,9	0,0
05.09.09	17,3	71	6,7	0,0
06.09.09	13,6	69	3,5	10,0
07.09.09	11,2	74	2,1	0,0
08.09.09	15,2	71	3,6	0,0
09.09.09	17,6	65	4,5	0,0
10.09.09	16,7	73	3,2	0,0
11.09.09	15,8	70	5,3	0,0
12.09.09	13,5	83	1,6	8,0
13.09.09	13,2	74	2,8	2,0
14.09.09	15,6	64	4,5	0,0
15.09.09	19,6	62	7,9	0,0
16.09.09	18,1	90	1,8	0,0
17.09.09	16,9	86	4,2	0,0
18.09.09	11,8	83	3,4	0,0
19.09.09	12,3	67	4	0,0
20.09.09	11,0	66	3,9	0,0
21.09.09	11,3	63	4,5	0,0
22.09.09	10,2	64	3,5	0,0
23.09.09	12,3	63	4,6	0,0
24.09.09	14,2	53	7,6	0,0
25.09.09	13,6	76	2,9	0,0
26.09.09	11,9	61	3,3	0,0
27.09.09	11,8	59	4,2	0,0

Дата	Среднесуточная температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Дефицит влажности воздуха, Мб	Сумма осадков, мм
28.09.09	10,6	64	3,6	0,0
29.09.09	13,2	62	4	0,0
30.09.09	10,5	75	2,7	0,0
01.10.09	8,3	90	1,3	0,0
02.10.09	8,1	93	1,6	0,0
03.10.09	8,5	89	1,4	0,0
04.10.09	8,7	82	3,2	0,0
05.10.09	8,3	89	2,5	0,0
06.10.09	11,6	65	5,1	0,0
07.10.09	11,5	70	4,6	0,0
08.10.09	12,8	68	6,1	0,0
09.10.09	12,6	67	5,3	0,0
10.10.09	13,6	64	5,2	0,0
11.10.09	15,3	58	6,4	0,0
12.10.09	14,6	82	2,4	0,0
13.10.09	14,0	76	3,6	0,0
14.10.09	7,8	81	2,4	0,0
15.10.09	7,6	66	3,9	0,0
16.10.09	4,9	74	2,4	0,0
17.10.09	2,9	66	3,6	0,0
18.10.09	3,6	64	3,8	0,0
19.10.09	5,9	62	2,6	0,0
20.10.09	8,9	53	4,2	0,0

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**

## Приложение В, таблица 1.

Таблица 1 – Влажность расчетного слоя (0–80 см) почвы (средняя за декаду) по водно–балансовым площадкам за вегетационный период люцерны в 2007 г  
(% от наименьшей влагоемкости)

месяц	декады	Период	Водно–балансовые площадки					
			1	2	3	4	5	6
апрель	III	21.04 – 30.04	99,4	99,5	99,4	99,4	99,4	99,6
май	I	01.05 – 10.05	93,2	95,2	93,6	94,2	94,4	96,7
	II	11.05 – 20.05	81,5	82,2	81,9	82,6	82,2	83,2
	III	21.05 – 31.05	78,2	79,0	79,1	80,4	80,7	79,9
июнь	I	01.06 – 10.06	53,6	52,7	53,9	55,1	56,1	56,2
	II	11.06 – 20.06	65,3	64,1	65,7	66,5	66,9	66,5
	III	21.06 – 30.06	88,3	87,6	88,4	88,9	88,8	87,6
июль	I	01.07 – 10.07	77,9	76,2	77,0	77,9	77,4	77,4
	II	11.07 – 20.07	81,5	81,1	81,9	82,2	82,2	82,8
	III	21.07 – 31.07	78,4	77,4	79,2	79,4	80,4	79,9
август	I	01.08 – 10.08	89,6	88,4	88,9	89,6	88,8	88,4
	II	11.08 – 20.08	76,4	75,8	76,2	76,6	76,2	74,6
	III	21.08 – 31.08	88,9	88,0	88,9	90,0	89,1	88,4
сентябрь	I	01.09 – 10.09	89,6	89,2	90,3	92,8	91,1	89,7
	II	11.09 – 20.09	93,6	93,2	94,1	96,9	95,6	93,6
	III	21.09 – 30.09	88,9	88,4	89,3	92,3	91,1	89,7
октябрь	I	01.10 – 10.10	86,4	86,0	86,8	89,6	88,7	87,2
	II	11.10 – 20.10	85,4	84,9	85,7	88,4	87,8	86,4

## Приложение В, таблица 2.

Таблица 2 – Влажность расчетного слоя (0–80 см) почвы (средняя за декаду) по водно–балансовым площадкам за вегетационный период люцерны в 2008 г (% от наименьшей влагоемкости)

месяц	декады	Период	Водно–балансовые площадки					
			1	2	3	4	5	6
апрель	III	21.04 – 30.04	97,7	97,7	97,8	97,8	97,9	97,9
май	I	01.05 – 10.05	89,6	89,2	89,6	89,2	89,6	89,2
	II	11.05 – 20.05	81,5	81,6	81,9	81,6	82,1	81,6
	III	21.05 – 31.05	85,5	85,4	85,5	86,5	87,3	86,8
июнь	I	01.06 – 10.06	65,7	65,3	66,2	66,5	67,6	68,4
	II	11.06 – 20.06	83,5	83,2	85,5	85,1	86,8	85,7
	III	21.06 – 30.06	97,7	98,1	98,9	98,8	98,9	98,1
июль	I	01.07 – 10.07	98,0	98,9	98,6	99,8	99,7	99,6
	II	11.07 – 20.07	85,5	86,1	88,8	85,7	85,3	85,5
	III	21.07 – 31.07	79,5	80,3	82,8	82,2	81,5	81,2
август	I	01.08 – 10.08	92,8	92,6	95,0	93,6	95,7	95,6
	II	11.08 – 20.08	80,3	80,8	80,6	80,3	84,9	84,7
	III	21.08 – 31.08	88,4	89,6	87,5	87,6	93,6	94,2
сентябрь	I	01.09 – 10.09	73,8	74,7	71,8	72,6	78,7	79,5
	II	11.09 – 20.09	84,5	85,5	82,3	82,8	85,3	88,9
	III	21.09 – 30.09	80,6	81,5	78,8	79,9	81,2	84,5
октябрь	I	01.10 – 10.10	85,1	86,1	83,6	84,5	86,1	89,2
	II	11.10 – 20.10	87,6	88,4	86,0	87,3	88,8	91,7

## Приложение В, таблица 3.

Таблица 3 – Влажность расчетного слоя (0–80 см) почвы (средняя за декаду) по водно–балансовым площадкам за вегетационный период люцерны в 2009 г (% от наименьшей влагоемкости)

месяц	декады	Период	Водно–балансовые площадки					
			1	2	3	4	5	6
апрель	III	21.04 – 30.04	95,9	95,9	95,7	95,9	95,9	96,0
май	I	01.05 – 10.05	88,0	88,1	87,6	88,1	88,0	88,1
	II	11.05 – 20.05	78,8	78,4	74,3	78,7	78,8	78,9
	III	21.05 – 31.05	85,1	85,3	80,9	86,0	85,2	85,5
июнь	I	01.06 – 10.06	85,3	85,2	81,5	86,0	85,1	85,6
	II	11.06 – 20.06	79,0	78,2	77,0	78,7	78,8	78,6
	III	21.06 – 30.06	89,2	89,6	88,8	88,9	88,8	89,6
июль	I	01.07 – 10.07	97,1	97,3	97,7	96,2	96,4	96,3
	II	11.07 – 20.07	97,0	96,8	95,6	95,7	95,7	97,2
	III	21.07 – 31.07	75,8	76,2	75,8	73,8	74,3	76,2
август	I	01.08 – 10.08	93,6	95,0	93,6	91,6	90,3	94,0
	II	11.08 – 20.08	85,5	87,6	86,8	83,5	82,7	86,3
	III	21.08 – 31.08	97,1	98,5	97,7	94,8	94,8	97,2
сентябрь	I	01.09 – 10.09	84,5	84,5	81,9	81,7	81,9	83,9
	II	11.09 – 20.09	79,9	78,7	77,9	76,8	77,4	80,3
	III	21.09 – 30.09	75,1	73,4	72,2	71,9	72,6	75,4
октябрь	I	01.10 – 10.10	71,3	69,8	68,6	68,1	68,9	71,7
	II	11.10 – 20.10	67,9	66,5	65,7	64,5	65,7	68,2



**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**

Приложение Г, таблица 1.

Таблица 1 – Параметры впитывания воды в почву во время экспериментальных поливов при определении НВ

Стадия впитывания воды	Параметр, единицы измерения	Значение параметра	
		Такт 1	Такт 2
-	Поливная норма, мм	250	128
	Влажность почвы перед поливом в слое 0–10 см, % (масс.)	7	30
	Запас влаги в почве перед поливом в слое 0–50 см, мм	81	150
	Запас влаги в почве перед поливом в слое 50–100 см, мм	100	145
Начальная стадия быстрого впитывания воды	Слой впитавшейся воды, мм	20	18
	Приблизительная длительность стадии, мин	2	3
	Средняя скорость впитывания, мм/мин *	13,1±0,6	5,8±0,1
Вторая стадия относительно равномерного впитывания воды	Слой впитавшейся воды, мм	45	45
	Приблизительная длительность стадии, мин	10	33
	Средняя скорость впитывания, мм/мин *	4,5±0,1	1,4±0,1
Третья стадия относительно равномерного впитывания воды	Слой впитавшейся воды, мм	185	65
	Приблизительная длительность стадии, мин	64	60
	Средняя скорость впитывания, мм/мин *	2,9±0,1	1,0±0,1

\* указаны среднее значение ± среднее квадратическое отклонение.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д**

Приложение Д, таблица 1.

Таблица 1 – Элементы водно–балансовой площадки 1 в 2007 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	245,6	9,7		11,8
01.05-10.05	245,6	230,1	8,6		24,1
11.05-20.05	230,1	201,3	4,3		33,1
21.05-31.05	201,3	193,2	0	50	58,1
01.06-10.06	193,2	132,3	4,4		65,3
11.06-20.06	132,3	161,3	7,5	50	28,5
21.06-30.06	161,3	218,1	39,6	50	32,8
01.07-10.07	218,1	192,3	15,1		40,9
11.07-20.07	192,3	201,3	16,2	50	57,2
21.07-31.07	201,3	193,6	3,0	50	60,7
01.08-10.08	193,6	221,3	0,4	50	22,7
11.08-20.08	221,3	188,6	0		32,7
21.08-31.08	188,6	219,6	20,9	50	39,9
01.09-10.09	219,6	221,3	44,8		43,1
11.09-20.09	221,3	231,2	31,1		21,2
21.09-30.09	231,2	219,6	0		11,6
01.10-10.10	219,6	213,4	2,1		8,3
11.10-20.10	213,4	210,9	5,6		8,1

Приложение Д, таблица 2.

Таблица 2 – Элементы водно–балансовой площадки 2 в 2007 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	245,8	9,7		11,6
01.05-10.05	245,8	235,1	8,6		19,3
11.05-20.05	235,1	203,1	4,3		36,3
21.05-31.05	203,1	195,2	0	50	57,9
01.06-10.06	195,2	130,2	4,4		69,4
11.06-20.06	130,2	158,3	7,5	50	29,4
21.06-30.06	158,3	216,3	39,6	50	31,6
01.07-10.07	216,3	188,3	15,1		43,1
11.07-20.07	188,3	200,3	16,2	50	54,2
21.07-31.07	200,3	191,3	3,0	50	62,0
01.08-10.08	191,3	218,3	0,4	50	23,4
11.08-20.08	218,3	187,3	0		31,0
21.08-31.08	187,3	217,3	20,9	50	40,9
01.09-10.09	217,3	220,3	44,8		41,8
11.09-20.09	220,3	230,1	31,1		21,3
21.09-30.09	230,1	218,3	0		11,8
01.10-10.10	218,3	212,3	2,1		8,1
11.10-20.10	212,3	209,8	5,6		8,1

Приложение Д, таблица 3.

Таблица 3 – Элементы водно–балансовой площадки 3 в 2007 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	245,6	9,7		11,8
01.05-10.05	245,6	231,2	8,6		23,0
11.05-20.05	231,2	202,3	4,3		33,2
21.05-31.05	202,3	195,3	0	50	57,0
01.06-10.06	195,3	133,1	4,4		66,6
11.06-20.06	133,1	162,3	7,5	50	28,3
21.06-30.06	162,3	218,4	39,6	50	33,5
01.07-10.07	218,4	190,2	15,1		43,3
11.07-20.07	190,2	202,3	16,2	50	54,1
21.07-31.07	202,3	195,6	3,0	50	59,7
01.08-10.08	195,6	219,6	0,4	50	26,4
11.08-20.08	219,6	188,1	0		31,5
21.08-31.08	188,1	219,6	20,9	50	39,4
01.09-10.09	219,6	223,1	44,8		41,3
11.09-20.09	223,1	232,4	31,1		21,8
21.09-30.09	232,4	220,6	0		11,8
01.10-10.10	220,6	214,3	2,1		8,4
11.10-20.10	214,3	211,6	5,6		8,3

Приложение Д, таблица 4.

Таблица 4 – Элементы водно–балансовой площадки 4 в 2007 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	245,5	9,7		11,9
01.05-10.05	245,5	232,6	8,6		21,5
11.05-20.05	232,6	204,1	4,3		32,8
21.05-31.05	204,1	198,6	0	50	55,5
01.06-10.06	198,6	136,2	4,4		66,8
11.06-20.06	136,2	164,2	7,5	50	29,5
21.06-30.06	164,2	219,6	39,6	50	34,2
01.07-10.07	219,6	192,3	15,1		42,4
11.07-20.07	192,3	203,1	16,2	50	55,4
21.07-31.07	203,1	196,1	3,0	50	60,0
01.08-10.08	196,1	221,3	0,4	50	25,2
11.08-20.08	221,3	189,3	0		32,0
21.08-31.08	189,3	222,4	20,9	50	37,8
01.09-10.09	222,4	229,1	44,8		38,1
11.09-20.09	229,1	239,4	31,1		20,8
21.09-30.09	239,4	227,9	0		11,5
01.10-10.10	227,9	221,4	2,1		8,6
11.10-20.10	221,4	218,4	5,6		8,6

Приложение Д, таблица 5.

Таблица 5 – Элементы водно–балансовой площадки 5 в 2007 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	245,6	9,7		11,8
01.05-10.05	245,6	233,1	8,6		21,1
11.05-20.05	233,1	203,1	4,3		34,3
21.05-31.05	203,1	199,3	0	50	53,8
01.06-10.06	199,3	138,6	4,4		65,1
11.06-20.06	138,6	165,3	7,5	50	30,8
21.06-30.06	165,3	219,3	39,6	50	35,6
01.07-10.07	219,3	191,2	15,1		43,2
11.07-20.07	191,2	203,1	16,2	50	54,3
21.07-31.07	203,1	198,6	3,0	50	57,5
01.08-10.08	198,6	219,3	0,4	50	29,7
11.08-20.08	219,3	188,3	0		31,0
21.08-31.08	188,3	220,1	20,9	50	39,1
01.09-10.09	220,1	225,1	44,8		39,8
11.09-20.09	225,1	236,1	31,1		20,1
21.09-30.09	236,1	225,1	0		11,0
01.10-10.10	225,1	219,1	2,1		8,1
11.10-20.10	219,1	216,9	5,6		7,8



Приложение Д, таблица 6.

Таблица 6 – Элементы водно–балансовой площадки 6 в 2007 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	245,9	9,7		11,5
01.05-10.05	245,9	238,9	8,6		15,6
11.05-20.05	238,9	205,6	4,3		37,6
21.05-31.05	205,6	197,3	0	50	58,3
01.06-10.06	197,3	138,9	4,4		62,8
11.06-20.06	138,9	164,3	7,5	50	32,1
21.06-30.06	164,3	216,3	39,6	50	37,6
01.07-10.07	216,3	191,3	15,1		40,1
11.07-20.07	191,3	204,6	16,2	50	52,9
21.07-31.07	204,6	197,3	3,0	50	60,3
01.08-10.08	197,3	218,4	0,4	50	29,3
11.08-20.08	218,4	184,3	0		34,1
21.08-31.08	184,3	218,4	20,9	50	36,8
01.09-10.09	218,4	221,6	44,8		41,6
11.09-20.09	221,6	231,2	31,1		21,5
21.09-30.09	231,2	221,6	0		12,5
01.10-10.10	221,6	215,4	2,1		8,3
11.10-20.10	215,4	213,5	5,6		7,5

Приложение Д, таблица 7.

Таблица 7 – Элементы водно–балансовой площадки 1 в 2008 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	241,3	4,9		11,3
01.05-10.05	241,3	221,3	2,1		22,1
11.05-20.05	221,3	201,3	10,4		30,4
21.05-31.05	201,3	211,3	6,6	50	46,6
01.06-10.06	211,3	162,3	11,1		60,1
11.06-20.06	162,3	206,3	22,8	50	28,8
21.06-30.06	206,3	241,3	16,9	50	31,9
01.07-10.07	241,3	246,8	42,0		36,5
11.07-20.07	246,8	211,3	6,8		42,3
21.07-31.07	211,3	196,3	43,8		58,8
01.08-10.08	196,3	229,3	7,7	50	24,7
11.08-20.08	229,3	198,3	0,3		31,3
21.08-31.08	198,3	218,3	4,8	50	34,8
01.09-10.09	218,3	182,3	0		36,0
11.09-20.09	182,3	208,6	46,1		19,8
21.09-30.09	208,6	199,1	1,9		11,4
01.10-10.10	199,1	210,3	19,1		7,9
11.10-20.10	210,3	216,3	13,4		7,4

Приложение Д, таблица 8.

Таблица 8 – Элементы водно–балансовой площадки 2 в 2008 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	241,4	4,9		11,2
01.05-10.05	241,4	220,3	2,1		23,2
11.05-20.05	220,3	201,6	10,4		29,1
21.05-31.05	201,6	210,9	6,6	50	47,3
01.06-10.06	210,9	161,4	11,1		60,6
11.06-20.06	161,4	205,6	22,8	50	28,6
21.06-30.06	205,6	242,3	16,9	50	30,2
01.07-10.07	242,3	246,8	42,0		37,5
11.07-20.07	246,8	212,6	6,8		41,0
21.07-31.07	212,6	198,3	43,8		58,1
01.08-10.08	198,3	228,6	7,7	50	27,4
11.08-20.08	228,6	199,6	0,3		29,3
21.08-31.08	199,6	221,3	4,8	50	33,1
01.09-10.09	221,3	184,6	0		36,7
11.09-20.09	184,6	211,3	46,1		19,4
21.09-30.09	211,3	201,3	1,9		11,9
01.10-10.10	201,3	212,6	19,1		7,8
11.10-20.10	212,6	218,4	13,4		7,6

Приложение Д, таблица 9.

Таблица 9 – Элементы водно–балансовой площадки 3 в 2008 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	241,6	4,9		11,0
01.05-10.05	241,6	221,3	2,1		22,4
11.05-20.05	221,3	202,3	10,4		29,4
21.05-31.05	202,3	211,3	6,6	50	47,6
01.06-10.06	211,3	163,4	11,1		59,0
11.06-20.06	163,4	211,3	22,8	50	24,9
21.06-30.06	211,3	244,3	16,9	50	33,9
01.07-10.07	244,3	250,1	42,0		36,2
11.07-20.07	250,1	219,3	6,8		37,6
21.07-31.07	219,3	204,6	43,8		58,5
01.08-10.08	204,6	234,6	7,7	50	27,7
11.08-20.08	234,6	199,1	0,3		35,8
21.08-31.08	199,1	216,1	4,8	50	37,8
01.09-10.09	216,1	177,4	0		38,7
11.09-20.09	177,4	203,4	46,1		20,1
21.09-30.09	203,4	194,7	1,9		10,6
01.10-10.10	194,7	206,4	19,1		7,4
11.10-20.10	206,4	212,3	13,4		7,5

Приложение Д, таблица 10.

Таблица 10 – Элементы водно–балансовой площадки 4 в 2008 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	241,5	4,9		11,1
01.05-10.05	241,5	220,3	2,1		23,3
11.05-20.05	220,3	201,6	10,4		29,1
21.05-31.05	201,6	213,6	6,6	50	44,6
01.06-10.06	213,6	164,3	11,1		60,4
11.06-20.06	164,3	210,3	22,8	50	26,8
21.06-30.06	210,3	244,1	16,9	50	33,1
01.07-10.07	244,1	246,4	42,0		39,7
11.07-20.07	246,4	211,6	6,8		41,6
21.07-31.07	211,6	203,1	43,8		52,3
01.08-10.08	203,1	231,2	7,7	50	29,6
11.08-20.08	231,2	198,3	0,3		33,2
21.08-31.08	198,3	216,3	4,8	50	36,8
01.09-10.09	216,3	179,3	0		37,0
11.09-20.09	179,3	204,6	46,1		20,8
21.09-30.09	204,6	197,3	1,9		9,2
01.10-10.10	197,3	208,6	19,1		7,8
11.10-20.10	208,6	215,6	13,4		6,4

Приложение Д, таблица 11.

Таблица 11 – Элементы водно–балансовой площадки 5 в 2008 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	241,8	4,9		10,8
01.05-10.05	241,8	221,3	2,1		22,6
11.05-20.05	221,3	202,8	10,4		28,9
21.05-31.05	202,8	215,6	6,6	50	43,8
01.06-10.06	215,6	166,9	11,1		59,8
11.06-20.06	166,9	214,3	22,8	50	25,4
21.06-30.06	214,3	244,3	16,9	50	36,9
01.07-10.07	244,3	246,3	42,0		40,0
11.07-20.07	246,3	210,6	6,8		42,5
21.07-31.07	210,6	201,3	43,8		53,1
01.08-10.08	201,3	236,4	7,7	50	22,6
11.08-20.08	236,4	209,6	0,3		27,1
21.08-31.08	209,6	231,2	4,8	50	33,2
01.09-10.09	231,2	194,3	0		36,9
11.09-20.09	194,3	210,6	46,1		29,8
21.09-30.09	210,6	200,6	1,9		11,9
01.10-10.10	200,6	212,6	19,1		7,1
11.10-20.10	212,6	219,4	13,4		6,6

Приложение Д, таблица 12.

Таблица 12 – Элементы водно–балансовой площадки 6 в 2008 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	241,7	4,9		10,9
01.05-10.05	241,7	220,3	2,1		23,5
11.05-20.05	220,3	201,6	10,4		29,1
21.05-31.05	201,6	214,3	6,6	50	43,9
01.06-10.06	214,3	168,9	11,1		56,5
11.06-20.06	168,9	211,6	22,8	50	30,1
21.06-30.06	211,6	242,3	16,9	50	36,2
01.07-10.07	242,3	246,1	42,0		38,2
11.07-20.07	246,1	211,3	6,8		41,6
21.07-31.07	211,3	200,6	43,8		54,5
01.08-10.08	200,6	236,1	7,7	50	22,2
11.08-20.08	236,1	209,3	0,3		27,1
21.08-31.08	209,3	232,6	4,8	50	31,5
01.09-10.09	232,6	196,3	0		36,3
11.09-20.09	196,3	219,6	46,1		22,8
21.09-30.09	219,6	208,6	1,9		12,9
01.10-10.10	208,6	220,3	19,1		7,4
11.10-20.10	220,3	226,4	13,4		7,3

Приложение Д, таблица 13.

Таблица 13 – Элементы водно–балансовой площадки 1 в 2009 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	236,9	1		11,8
01.05-10.05	236,9	217,3	5,2		24,8
11.05-20.05	217,3	194,6	10,7		33,4
21.05-31.05	194,6	210,3	19,3	50	53,6
01.06-10.06	210,3	210,6	16,2	50	65,9
11.06-20.06	210,6	195,2	15,1		30,5
21.06-30.06	195,2	220,3	11,2	50	36,1
01.07-10.07	220,3	245,3	21,4	50	46,4
11.07-20.07	245,3	239,5	0	50	55,8
21.07-31.07	239,5	187,3	8,9		61,1
01.08-10.08	187,3	231,2	17,4	50	23,5
11.08-20.08	231,2	211,3	13,8		33,7
21.08-31.08	211,3	239,9	19,4	50	40,8
01.09-10.09	239,9	208,6	10		41,3
11.09-20.09	208,6	197,3	10		21,3
21.09-30.09	197,3	185,4	0		11,9
01.10-10.10	185,4	176,1	0		9,3
11.10-20.10	176,1	167,6	0		8,5



Приложение Д, таблица 14.

Таблица 14 – Элементы водно–балансовой площадки 2 в 2009 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	236,8	1		11,9
01.05-10.05	236,8	217,6	5,2		24,4
11.05-20.05	217,6	193,6	10,7		34,7
21.05-31.05	193,6	210,6	19,3	50	52,3
01.06-10.06	210,6	210,4	16,2	50	66,4
11.06-20.06	210,4	193,2	15,1		32,3
21.06-30.06	193,2	221,4	11,2	50	33,0
01.07-10.07	221,4	246,3	21,4	50	46,5
11.07-20.07	246,3	239,1	0	50	57,2
21.07-31.07	239,1	188,3	8,9		59,7
01.08-10.08	188,3	234,6	17,4	50	21,1
11.08-20.08	234,6	216,3	13,8		32,1
21.08-31.08	216,3	243,2	19,4	50	42,5
01.09-10.09	243,2	208,6	10		44,6
11.09-20.09	208,6	194,3	10		24,3
21.09-30.09	194,3	181,3	0		13,0
01.10-10.10	181,3	172,3	0		9,0
11.10-20.10	172,3	164,3	0		8,0

Приложение Д, таблица 15.

Таблица 15 – Элементы водно–балансовой площадки 3 в 2009 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	236,4	1		12,3
01.05-10.05	236,4	216,4	5,2		25,2
11.05-20.05	216,4	183,4	10,7		43,7
21.05-31.05	183,4	199,8	19,3	50	52,9
01.06-10.06	199,8	201,3	16,2	50	64,7
11.06-20.06	201,3	190,3	15,1		26,1
21.06-30.06	190,3	219,4	11,2	50	32,1
01.07-10.07	219,4	241,3	21,4	50	49,5
11.07-20.07	241,3	236,1	0	50	55,2
21.07-31.07	236,1	187,3	8,9		57,7
01.08-10.08	187,3	231,2	17,4	50	23,5
11.08-20.08	231,2	214,3	13,8		30,7
21.08-31.08	214,3	241,3	19,4	50	42,4
01.09-10.09	241,3	202,3	10		49,0
11.09-20.09	202,3	192,3	10		20,0
21.09-30.09	192,3	178,3	0		14,0
01.10-10.10	178,3	169,5	0		8,8
11.10-20.10	169,5	162,4	0		7,1

Приложение Д, таблица 16.

Таблица 16 – Элементы водно–балансовой площадки 4 в 2009 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	236,8	1		11,9
01.05-10.05	236,8	217,6	5,2		24,4
11.05-20.05	217,6	194,3	10,7		34,0
21.05-31.05	194,3	212,3	19,3	50	51,3
01.06-10.06	212,3	212,3	16,2	50	66,2
11.06-20.06	212,3	194,3	15,1		33,1
21.06-30.06	194,3	219,6	11,2	50	35,9
01.07-10.07	219,6	247,1	21,4	50	43,9
11.07-20.07	247,1	236,4	0	50	60,7
21.07-31.07	236,4	182,3	8,9		63,0
01.08-10.08	182,3	226,3	17,4	50	23,4
11.08-20.08	226,3	206,3	13,8		33,8
21.08-31.08	206,3	234,1	19,4	50	41,6
01.09-10.09	234,1	201,9	10		42,2
11.09-20.09	201,9	189,6	10		22,3
21.09-30.09	189,6	177,6	0		12,0
01.10-10.10	177,6	168,3	0		9,3
11.10-20.10	168,3	159,2	0		9,1

Приложение Д, таблица 17.

Таблица 17 – Элементы водно–балансовой площадки 5 в 2009 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	236,8	1		11,9
01.05-10.05	236,8	217,3	5,2		24,7
11.05-20.05	217,3	194,6	10,7		33,4
21.05-31.05	194,6	210,4	19,3	50	53,5
01.06-10.06	210,4	210,3	16,2	50	66,3
11.06-20.06	210,3	194,6	15,1		30,8
21.06-30.06	194,6	219,3	11,2	50	36,5
01.07-10.07	219,3	245,1	21,4	50	45,6
11.07-20.07	245,1	236,4	0	50	58,7
21.07-31.07	236,4	183,6	8,9		61,7
01.08-10.08	183,6	223,1	17,4	50	27,9
11.08-20.08	223,1	204,3	13,8		32,6
21.08-31.08	204,3	234,1	19,4	50	39,6
01.09-10.09	234,1	202,3	10		41,8
11.09-20.09	202,3	191,2	10		21,1
21.09-30.09	191,2	179,3	0		11,9
01.10-10.10	179,3	170,3	0		9,0
11.10-20.10	170,3	162,3	0		8,0

Приложение Д, таблица 18.

Таблица 18 – Элементы водно–балансовой площадки 6 в 2009 г.

Декада	Влагозапасы почвы на начало декады, мм	Влагозапасы почвы на конец декады, мм	Поступление воды с осадками, мм	Поступление воды поливами, мм	Суммарное водопотребление за декаду, мм
1	2	3	4	5	6
21.04-30.04	247,7	237,1	1		11,6
01.05-10.05	237,1	217,5	5,2		24,8
11.05-20.05	217,5	194,8	10,7		33,4
21.05-31.05	194,8	211,2	19,3	50	52,9
01.06-10.06	211,2	211,5	16,2	50	65,9
11.06-20.06	211,5	194,1	15,1		32,5
21.06-30.06	194,1	221,3	11,2	50	34,0
01.07-10.07	221,3	245,2	21,4	50	47,5
11.07-20.07	245,2	240,1	0	50	55,1
21.07-31.07	240,1	188,3	8,9		60,7
01.08-10.08	188,3	232,1	17,4	50	23,6
11.08-20.08	232,1	213,2	13,8		32,7
21.08-31.08	213,2	240,1	19,4	50	42,5
01.09-10.09	240,1	207,3	10		42,8
11.09-20.09	207,3	198,3	10		19,0
21.09-30.09	198,3	186,2	0		12,1
01.10-10.10	186,2	177,1	0		9,1
11.10-20.10	177,1	168,4	0		8,7

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е**

Приложение Е, таблица 1.

Таблица 1 – Суммарное водопотребление люцерны в 2007...2009 гг.

Водно-балансовые площадки	апрель	май			июнь			июль			август			сентябрь			октябрь		Сумма м <sup>3</sup> /га
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	11,8	24,1	33,1	58,1	65,3	28,5	32,8	40,9	57,2	60,7	22,7	32,7	39,9	40,4	21,2	11,6	8,3	8,1	5974
2	11,6	19,3	36,3	57,9	69,4	29,4	31,6	43,1	54,2	62,0	23,4	31,0	40,9	41,8	21,3	11,0	8,1	8,1	6012
3	11,8	23,0	33,2	57,0	66,6	28,3	33,5	43,3	54,1	59,7	26,4	31,5	39,4	41,3	21,8	11,8	8,4	8,3	5994
4	11,9	21,5	32,8	55,5	66,8	29,5	34,2	42,4	55,4	60,0	25,2	32,0	37,8	38,1	20,8	11,5	8,6	8,6	5926
5	11,8	21,1	34,3	53,8	65,1	30,8	35,6	43,2	54,3	57,5	29,7	31,0	39,1	39,8	20,1	11,0	8,1	7,8	5941
6	11,5	15,6	37,6	58,3	62,8	32,1	37,6	40,1	52,9	60,3	29,3	34,1	36,8	41,6	21,5	12,5	8,3	7,5	6004
Среднее 2007 г. по площадкам	11,7	20,8	34,6	56,8	66,0	29,8	34,2	42,2	54,7	60,0	26,1	32,1	39,0	40,5	21,1	11,5	8,3	8,1	5975
1	11,3	22,1	30,4	46,6	60,1	28,8	31,9	36,5	42,3	58,8	24,7	31,3	34,8	36,0	19,8	11,4	7,9	7,4	5421
2	11,2	23,2	29,1	47,3	60,6	28,6	30,2	37,5	41,0	58,1	27,4	29,3	33,1	36,7	19,4	11,9	7,8	7,6	5400
3	11,0	22,4	29,4	47,6	59,0	24,9	33,9	36,2	37,6	58,5	27,7	35,8	37,8	38,7	20,1	10,6	7,4	7,5	5461
4	11,1	23,3	29,1	44,6	60,4	26,8	33,1	39,7	41,6	52,3	29,6	33,2	36,8	37,0	20,8	9,2	7,8	6,4	5428
5	10,8	22,6	28,9	43,8	59,8	25,4	36,9	40,0	42,5	53,1	22,6	27,1	33,2	36,9	29,8	11,9	7,1	6,6	5390
6	10,9	23,5	29,1	43,9	56,5	30,1	36,2	38,2	41,6	54,5	22,2	27,1	31,5	36,3	22,8	12,9	7,4	7,3	5320
Среднее 2008 г. по площадкам	11,1	22,9	29,3	45,6	59,4	27,4	33,7	38,0	41,1	55,9	25,7	30,6	34,5	36,9	22,1	11,3	7,6	7,1	5403
1	11,8	24,8	33,4	53,6	65,9	30,5	36,1	46,4	55,8	61,1	23,5	33,7	40,8	41,3	21,3	11,9	9,3	8,5	6097
2	11,9	24,4	34,7	52,3	66,4	32,3	33,0	46,5	57,2	59,7	21,1	32,1	42,5	44,6	24,3	13,0	9,0	8,0	6130
3	12,3	25,2	43,7	52,9	64,7	26,1	32,1	49,5	55,2	57,7	23,5	30,7	42,4	49,0	20,0	14,0	8,8	7,1	6149
4	11,9	24,4	34,0	51,3	66,2	33,1	35,9	43,9	60,7	63,0	23,4	33,8	41,6	42,2	22,3	12,0	9,3	9,1	6181
5	11,9	24,7	33,4	53,5	66,3	30,8	36,5	45,6	58,7	61,7	27,9	32,6	39,6	41,8	21,1	11,9	9,0	8,0	6150
6	11,6	24,8	33,4	52,9	65,9	32,5	34,0	47,5	55,1	60,7	23,6	32,7	42,5	42,8	19,0	12,1	9,1	8,7	6089
Среднее 2009 г. по площадкам	11,9	24,7	35,4	52,8	65,9	30,9	34,6	46,6	57,1	60,7	23,8	32,6	41,6	43,6	21,3	12,5	9,1	8,2	6133
Среднее за годы исследований	11,6	22,8	33,1	51,7	63,8	29,4	34,2	42,3	51,0	58,9	25,2	31,8	38,4	40,4	21,5	11,8	8,3	7,8	5837

**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж**



Приложение Ж, таблица 1.

Таблица 1 – Результаты статистической обработки водопотребления люцерны в 2007 г.

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{\phi}$	$F_{0,5}$
Общая	85,6	17	–	–	–
Повторений	0,59	5	–	–	–
Вариантов	81,76	2	40,88	125,66	4,1
Остаток (ошибки)	3,25	10	0,325	–	–

$S_x=0,403$  мм

$S_d=0,570$  мм

$НСР_{0,5}=1,27$  мм

Приложение Ж, таблица 2.

Таблица 2 – Результаты статистической обработки водопотребления люцерны в 2008 г.

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{\phi}$	$F_{0,5}$
Общая	54,19	17	–	–	–
Повторений	3,74	5	–	–	–
Вариантов	47,44	2	23,72	78,75	4,1
Остаток (ошибки)	3,01	10	0,301	–	–

$S_x=0,388$  мм

$S_d=0,548$  мм

$НСР_{0,5}=1,22$  мм

Приложение Ж, таблица 3.

Таблица 3 – Результаты статистической обработки водопотребления люцерны в 2009 г.

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{\phi}$	$F_{0,5}$
Общая	259,50	17	–	–	–
Повторений	6,02	5	–	–	–
Вариантов	245,75	2	122,88	158,92	4,1
Остаток (ошибки)	7,73	10	0,73	–	–

$S_x=0,622$  мм

$S_d=0,879$  мм

$НСР_{0,5}=1,96$  мм

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**

Приложение 3, таблица 1.

Таблица 1 – Расчет эмпирических коэффициентов (испаряемость по методу Иванова Н.Н.)

Дата		Средне суточная температура за период	Сумма дефицитов влажности воздуха за период	Среднедек. Относительная влажность,	Испаряемость (Иванов)	Биоклиматический коэффициент	Коэффициент Гамма средний	Коэффициент Бетта для фаз	$A_n$	Сумма температур нарастающим итогом
		град. С	мбар	%	м3/га за дек					
21 апр	30 апр	10,0	59	47	39,0	0,35	1,17	0,011	0,48	121
1 май	10 май	13,5	72	44	49,8	0,34	1,17	0,011	0,52	292
11 май	20 май	15,9	86	43	57,2	0,32	1,17	0,011	0,60	500
21 май	31 май	17,8	110	42	63,7	0,31	1,20	0,026	0,61	763
1 июн	10 июн	19,4	121	43	67,4	0,29	1,21	0,031	0,72	1030
11 июн	20 июн	20,4	128	44	69,3	0,37	1,21	0,031	0,79	1314
21 июн	30 июн	21,3	129	45	70,7	0,37	1,17	0,011	0,45	1611
1 июл	10 июл	22,4	128	45	74,1	0,37	1,17	0,011	0,58	1920
11 июл	20 июл	22,8	130	42	79,5	0,37	1,20	0,026	0,69	2229
21 июл	31 июл	22,7	145	41	80,5	0,37	1,21	0,031	0,74	2560
1 авг	10 авг	22,1	132	42	77,2	0,32	1,21	0,031	0,80	2843
11 авг	20 авг	20,6	129	44	69,9	0,32	1,17	0,011	0,54	3096
21 авг	31 авг	19,0	134	45	63,9	0,33	1,17	0,011	0,64	3343
1 сен	10 сен	16,7	101	46	56,3	0,35	1,20	0,026	0,70	3531
11 сен	20 сен	13,8	76	48	47,0	0,37	1,21	0,031	0,75	3679
21 сен	30 сен	11,0	50	50	38,9	0,40	1,21	0,031	0,78	3791
1 окт	10 окт	8,3	36	54	30,6	0,41	1,17	0,011	0,41	3871
11.окт	20.окт	6,0	28	62	21,9	0,42	1,17	0,011	0,49	3926

## Приложение 3, таблица 2.

Таблица 2 – Расчет эмпирических коэффициентов (испаряемость по методу Будыко–Зубенок)

Дата		Средне суточная температура за период	Сумма дефицитов влажности воздуха за период	Среднедек. Относительная влажность,	Испаряемость (Будыко-Зубенок)	Биоклиматический коэффициент	Коэффициент Гамма средний	Коэффициент Бетта для фаз	$A_n$	Сумма температур нарастающим итогом	Сумма дефицитов влажности воздуха за декаду.	Поправка на длину светового дня	Среднесуточная температура с поправкой	Сумма температур за период с поправкой	Количество суток
		град. С	мбар	%	м3/га за дек										шт.
21 апр	30 апр	10,0	5,9	47	35,0	0,35	1,52	0,023	0,54	121	59	1,21	12	121	10
1 май	10 май	13,5	7,2	44	42,2	0,34	1,52	0,023	0,58	292	72	1,27	17	171	10
11 май	20 май	15,9	8,6	43	45,8	0,32	1,52	0,023	0,65	500	86	1,31	21	208	10
21 май	31 май	17,8	10,0	42	48,8	0,31	1,54	0,042	0,72	763	100	1,35	24	263	11
1 июн	10 июн	19,4	12,1	43	56,1	0,29	1,58	0,044	0,89	1030	121	1,38	27	267	10
11 июн	20 июн	20,4	12,8	44	57,2	0,37	1,58	0,044	1,00	1314	128	1,39	28	284	10
21 июн	30 июн	21,3	12,9	45	57,3	0,37	1,52	0,023	0,62	1611	129	1,40	30	297	10
1 июл	10 июл	22,4	12,8	45	57,2	0,37	1,52	0,023	0,78	1920	128	1,38	31	309	10
11 июл	20 июл	22,8	13,0	42	57,5	0,37	1,54	0,042	0,82	2229	130	1,36	31	309	10
21 июл	31 июл	22,7	13,2	41	57,8	0,37	1,58	0,044	0,94	2560	132	1,33	30	331	11
1 авг	10 авг	22,1	13,2	42	53,2	0,32	1,58	0,044	0,98	2843	132	1,28	28	283	10
11 авг	20 авг	20,6	12,9	44	52,7	0,32	1,52	0,023	0,57	3096	129	1,23	25	253	10
21 авг	31 авг	19,0	12,2	45	51,5	0,33	1,52	0,023	0,68	3343	122	1,18	22	247	11
1 сен	10 сен	16,7	10,1	46	41,9	0,35	1,54	0,042	0,77	3531	101	1,13	19	188	10
11 сен	20 сен	13,8	7,6	48	36,3	0,37	1,58	0,044	0,86	3679	76	1,08	15	148	10
21 сен	30 сен	11,0	5,0	50	28,7	0,40	1,58	0,044	0,99	3791	50	1,02	11	112	10
1 окт	10 окт	8,3	3,6	54	18,8	0,41	1,52	0,023	0,52	3871	36	0,96	8	80	10
11.окт	20.окт	6,0	2,8	62	15,4	0,42	1,52	0,023	0,54	3926	28	0,92	5	55	10

**ПРИЛОЖЕНИЕ И**

Приложение И, таблица 1.

Таблица 1 – Испаряемость, по методу Будыко – Зубенок, мм

Период	Годы		
	2007	2008	2009
21.04 – 30.04	32,82	37,19	38,75
01.05 – 10.05	36,73	45,76	43,68
11.05 – 20.05	51,59	49,57	50,03
21.05 – 31.05	67,82	49,18	52,44
01.06 – 10.06	54,38	45,85	56,89
11.06 – 20.06	59,07	59,21	57,70
21.06 – 30.06	50,24	49,57	57,32
01.07 – 10.07	54,38	47,91	58,26
11.07 – 20.07	54,03	59,07	62,79
21.07 – 31.07	62,34	62,07	83,72
01.08 – 10.08	64,78	46,23	53,23
11.08 – 20.08	66,06	63,42	58,70
21.08 – 31.08	58,30	51,50	49,97
01.09 – 10.09	37,74	29,21	34,54
11.09 – 20.09	25,70	20,15	24,67
21.09 – 30.09	33,09	30,44	25,27
01.10 – 10.10	29,49	26,54	18,87
11.10 – 21.10	16,66	11,47	18,46

**ПРИЛОЖЕНИЕ К**

Приложение К, таблица 1.

Таблица 1 – Результаты статистической обработки урожайности люцерны по годам исследований

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{\phi}$	$F_{0,5}$
Общая	113,07	11	–	–	–
Повторений	1,12	3	–	–	–
Вариантов	111,00	2	55,50	352,39	5,14
Остаток (ошибки)	0,95	6	–	–	–

$$S_x = 0,281 \text{ т}$$

$$S_d = 0,397 \text{ т}$$

$$HCP_{0,5} = 0,88 \text{ т}$$



**ПРИЛОЖЕНИЕ Л**

Приложение Л, таблица 1.

Таблица 1 – Результаты фактического, расчетного суммарного водопотребления (мм) по методу А. М. Алпатьева и по программе «ПРНОСК» 2007 г.

Период	Фактическое значение	метод А. М. Алпатьева	Программа «ПРНОСК»
	2007 год		
21.04 – 30.04	11,78	12,4	7,32
01.05 – 10.05	15,8	17,6	10,9
11.05 – 20.05	28,1	19,2	12,4
21.05 – 31.05	54,3	63,1	33,1
01.06 – 10.06	67,1	71,3	71,3
11.06 – 20.06	22,5	43,2	33,6
21.06 – 30.06	31,8	34,2	28,9
01.07 – 10.07	33,1	32,6	32,6
11.07 – 20.07	37,3	28,6	49,3
21.07 – 31.07	44,2	53,2	52,3
01.08 – 10.08	18,2	44,1	34,1
11.08 – 20.08	24	25,6	24,9
21.08 – 31.08	25,2	27,3	27,3
01.09 – 10.09	28,6	30,2	30,2
11.09 – 20.09	39	32,1	34,3
21.09 – 30.09	18,4	20,1	18,4
01.10 – 10.10	7,8	10,6	14,3
11.10 – 21.10	7,5	15,6	18,6

Приложение Л, таблица 2.

Таблица 2 – Результаты фактического, расчетного суммарного водопотребления (мм) по методу А. М. Алпатьева и по программе «ПРНОСК» 2008 г

Период	Фактическое значение	метод А. М. Алпатьева	Программа «ПРНОСК»
	2008 год		
21.04 – 30.04	11,2	14,3	13,2
01.05 – 10.05	11,8	15,4	13,9
11.05 – 20.05	27,3	28,6	31,2
21.05 – 31.05	35,9	44,3	42,3
01.06 – 10.06	38,7	31,3	32,3
11.06 – 20.06	21,6	32,1	30,5
21.06 – 30.06	33,7	34,1	34,1
01.07 – 10.07	36	40,1	39,6
11.07 – 20.07	37,8	39,4	38,4
21.07 – 31.07	39	42,2	41,2
01.08 – 10.08	29,7	38,6	37,6
11.08 – 20.08	31,3	33,6	32,6
21.08 – 31.08	33,8	36,6	35,6
01.09 – 10.09	37	43,6	38,1
11.09 – 20.09	28,9	34,2	31,6
21.09 – 30.09	19,1	28,6	21,6
01.10 – 10.10	9,9	4,3	11,9
11.10 – 21.10	9,3	8,3	10,1

Приложение Л, таблица 3.

Таблица 3 – Результаты фактического, расчетного суммарного водопотребления (мм) по методу А. М. Алпатьева и по программе «ПРНОСК» 2009 г

Период	Фактическое значение	метод А. М. Алпатьева	Программа «ПРНОСК»
	2009 год		
21.04 – 30.04	11,2	14,3	13,2
01.05 – 10.05	11,8	15,4	13,9
11.05 – 20.05	27,3	28,6	31,2
21.05 – 31.05	35,9	44,3	42,3
01.06 – 10.06	38,7	31,3	32,3
11.06 – 20.06	21,6	32,1	30,5
21.06 – 30.06	33,7	34,1	34,1
01.07 – 10.07	36	40,1	39,6
11.07 – 20.07	37,8	39,4	38,4
21.07 – 31.07	39	42,2	41,2
01.08 – 10.08	29,7	38,6	37,6
11.08 – 20.08	31,3	33,6	32,6
21.08 – 31.08	33,8	36,6	35,6
01.09 – 10.09	37	43,6	38,1
11.09 – 20.09	28,9	34,2	31,6
21.09 – 30.09	19,1	28,6	21,6
01.10 – 10.10	9,9	4,3	11,9
11.10 – 21.10	9,3	8,3	10,1

**ПРИЛОЖЕНИЕ М**

## Приложение М

### Исходный текст программы

```

Public Class etc
    Public a(300, 17) : Public d(300, 1) As Date
    Public b(12, 3) : Public geoP = 2 ' координата должно быть значения 1, 2, 3
    Public perVegH = 2 : Public perVegN
    Dim gamma, tau, sigma, hsl, Wnv, B3, rho
    Public Wpol, Wnah, WB3, mras, npol, Mpol, SumE, Wcp, per, kvr, xper, sravnim, lastSrv,
    QBox1

    Public datTim1 As Date = #4/21/2007# : Public datTim2 As Date = #10/20/2007#

    Dim aaa, bbb, Y1, Y2 As Integer
    Dim Graph1 As Graphics
    Dim Pen1 As New Pen(Color.Gray, 1)
    Dim Pen2 As New Pen(Color.Red, 2)
    Dim Pen3 As New Pen(Color.Green, 2)
    Dim Pen4 As New Pen(Color.Blue, 1)
    Dim brush1 As New SolidBrush(Color.Black)
    Dim font1 As New Font("Arial", 10)
    Dim X, Y As Single
    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
        pdateBeg1.Value = datTim1 : pdateEnd1.Value = datTim2
        'Form2.geoPs.SelectedIndex

        '+ст04 a(i,01) - среднесуточная температура - данные с метеостанции
        '-ст05 a(i,02) - поправка на длину дня
        ' ст06 a(i,03) - среднесуточная температура с поправкой
        ' ст07 a(i,04) - сумма среднесуточных температур с поправкой
        '+ст08 a(i,05) - относительная влажность - данные с метеостанции
        '-ст09 a(i,06) - количество дней в месяце
        ' ст10 a(i,07) - испаряемость
        '-ст11 a(i,08) - бетта
        '=ст12 a(i,09) - у - гамма
        ' ст13 a(i,10) - влагозапасы
        ' ст14 a(i,11) - начальные влагозапасы WH
        ' ст15 a(i,12) - конечные влагозапасы WK
        '=ст16 a(i,13) - An
        '=ст17 a(i,14) - ko
        ' ст18 a(i,15) - водопотребление E
        '+ст19 a(i,16) - осадки
        ' ст20 a(i,17) - поливная норма
        per = 183 : gamma = 1.58 : tau = 1 : sigma = 0.7 : hsl = 0.8 : Wnv = 20.1 : B3 = 0.48
    : rho = 1.27
        kvr = 100 * hsl * Wnv * rho / 10 : Wpol = Math.Round(kvr * sigma) : Wnah =
    Math.Round(kvr * tau)
        mras = Math.Round(kvr * (tau - sigma) / 5) * 5 : WB3 = Math.Round(0.48 * Wnah) :
    RhoIn.Text = rho : perIn.Text = per
        gammaIn.Text = gamma : TauIn.Text = tau : SigmaIn.Text = sigma : hIn.Text = hsl :
    B3In.Text = B3
        WpolIn.Text = Wpol : WnahIn.Text = Wnah : mIn.Text = mras : WB3In.Text = WB3 :
    WnvIn.Text = Wnv

        geoP = 2

        a(1, 1) = 8.9 : a(2, 1) = 7.6 : a(3, 1) = 7.6 : a(4, 1) = 6.1 : a(5, 1) = 7.6 : a(6,
    1) = 9.4 : a(7, 1) = 11.5 : a(8, 1) = 14.8 : a(9, 1) = 12.7 : a(10, 1) = 6.2 : a(11, 1) = 7.7
    : a(12, 1) = 7.9 : a(13, 1) = 7.9 : a(14, 1) = 8.3 : a(15, 1) = 7.3 : a(16, 1) = 7.1 : a(17,
    1) = 9.1 : a(18, 1) = 12.6 : a(19, 1) = 14.5 : a(20, 1) = 13.7 : a(21, 1) = 12.7 : a(22, 1) =
    16.3 : a(23, 1) = 16.4 : a(24, 1) = 15.1 : a(25, 1) = 14.1 : a(26, 1) = 16.2 : a(27, 1) = 22.1

```

: a(28, 1) = 20.7 : a(29, 1) = 21.5 : a(30, 1) = 22.6 : a(31, 1) = 24.6 : a(32, 1) = 25.3 :  
 a(33, 1) = 26.2 : a(34, 1) = 25.9 : a(35, 1) = 22.8 : a(36, 1) = 21.9 : a(37, 1) = 24.1 :  
 a(38, 1) = 26.1 : a(39, 1) = 27.6 : a(40, 1) = 28.1 : a(41, 1) = 27.9 : a(42, 1) = 28.6 :  
 a(43, 1) = 17.4 : a(44, 1) = 15.1 : a(45, 1) = 16.4 : a(46, 1) = 17.4 : a(47, 1) = 13.8 :  
 a(48, 1) = 15.5 : a(49, 1) = 16.6 : a(50, 1) = 15.8 : a(51, 1) = 15.2 : a(52, 1) = 16.4 :  
 a(53, 1) = 14.9 : a(54, 1) = 18.3 : a(55, 1) = 22.1 : a(56, 1) = 22.8 : a(57, 1) = 23.9 :  
 a(58, 1) = 25.1 : a(59, 1) = 26.1 : a(60, 1) = 28.5 : a(61, 1) = 23.9 : a(62, 1) = 22.7 :  
 a(63, 1) = 17.1 : a(64, 1) = 17.6 : a(65, 1) = 17.7 : a(66, 1) = 17.9 : a(67, 1) = 19.5 :  
 a(68, 1) = 21.2 : a(69, 1) = 24.3 : a(70, 1) = 23.1 : a(71, 1) = 25.2 : a(72, 1) = 23.2 :  
 a(73, 1) = 21.8 : a(74, 1) = 23.1 : a(75, 1) = 20.6 : a(76, 1) = 21.9 : a(77, 1) = 27.1 :  
 a(78, 1) = 29.2 : a(79, 1) = 20.5 : a(80, 1) = 17.9 : a(81, 1) = 19.2 : a(82, 1) = 20.8 :  
 a(83, 1) = 23.2 : a(84, 1) = 25.2 : a(85, 1) = 26.6 : a(86, 1) = 25.2 : a(87, 1) = 22.9 :  
 a(88, 1) = 22.3 : a(89, 1) = 20.9 : a(90, 1) = 23.1 : a(91, 1) = 25.2 : a(92, 1) = 22.2 :  
 a(93, 1) = 22.1 : a(94, 1) = 20.1 : a(95, 1) = 20.5 : a(96, 1) = 21.9 : a(97, 1) = 23.8 :  
 a(98, 1) = 20.8 : a(99, 1) = 22.5 : a(100, 1) = 23.3 : a(101, 1) = 24.1 : a(102, 1) = 25.7 :  
 a(103, 1) = 27.1 : a(104, 1) = 28.2 : a(105, 1) = 29.5 : a(106, 1) = 28.8 : a(107, 1) = 27.2 :  
 a(108, 1) = 28.4 : a(109, 1) = 29.6 : a(110, 1) = 27.5 : a(111, 1) = 19.9 : a(112, 1) = 20.4 :  
 a(113, 1) = 23.9 : a(114, 1) = 25.1 : a(115, 1) = 27.2 : a(116, 1) = 27.3 : a(117, 1) = 26.4 :  
 a(118, 1) = 26.4 : a(119, 1) = 27.4 : a(120, 1) = 27.6 : a(121, 1) = 28.5 : a(122, 1) = 29.1 :  
 a(123, 1) = 28.9 : a(124, 1) = 28.3 : a(125, 1) = 28.8 : a(126, 1) = 27.5 : a(127, 1) = 27.4 :  
 a(128, 1) = 24.6 : a(129, 1) = 25.8 : a(130, 1) = 25.4 : a(131, 1) = 22.5 : a(132, 1) = 18.1 :  
 a(133, 1) = 15.1 : a(134, 1) = 16.7 : a(135, 1) = 18.1 : a(136, 1) = 19.3 : a(137, 1) = 19.1 :  
 a(138, 1) = 20.1 : a(139, 1) = 20.5 : a(140, 1) = 19.4 : a(141, 1) = 23.1 : a(142, 1) = 19.3 :  
 a(143, 1) = 16.3 : a(144, 1) = 14.2 : a(145, 1) = 12.1 : a(146, 1) = 12.7 : a(147, 1) = 14.1 :  
 a(148, 1) = 11.9 : a(149, 1) = 13.3 : a(150, 1) = 11.6 : a(151, 1) = 10.2 : a(152, 1) = 13.4 :  
 a(153, 1) = 14.1 : a(154, 1) = 15.5 : a(155, 1) = 15.7 : a(156, 1) = 16.8 : a(157, 1) = 15.8 :  
 a(158, 1) = 14.7 : a(159, 1) = 15.5 : a(160, 1) = 16.5 : a(161, 1) = 15.8 : a(162, 1) = 14.2 :  
 a(163, 1) = 14.9 : a(164, 1) = 12.9 : a(165, 1) = 10.5 : a(166, 1) = 10.4 : a(167, 1) = 10.4 :  
 a(168, 1) = 10.1 : a(169, 1) = 10.8 : a(170, 1) = 12.9 : a(171, 1) = 12.7 : a(172, 1) = 11.2 :  
 a(173, 1) = 10.5 : a(174, 1) = 8.9 : a(175, 1) = 7.2 : a(176, 1) = 5.2 : a(177, 1) = 12.3 :  
 a(178, 1) = 11.7 : a(179, 1) = 6.2 : a(180, 1) = 4.2 : a(181, 1) = 4.7 : a(182, 1) = 9.1 :  
 a(183, 1) = 8.6

a(1, 2) = 1.1 : a(2, 2) = 1.1 : a(3, 2) = 1.1 : a(4, 2) = 1.1 : a(5, 2) = 1.1 : a(6,  
 2) = 1.1 : a(7, 2) = 1.1 : a(8, 2) = 1.1 : a(9, 2) = 1.1 : a(10, 2) = 1.1 : a(11, 2) = 1.1 :  
 a(12, 2) = 1.1 : a(13, 2) = 1.1 : a(14, 2) = 1.1 : a(15, 2) = 1.1 : a(16, 2) = 1.1 : a(17, 2)  
 = 1.1 : a(18, 2) = 1.1 : a(19, 2) = 1.1 : a(20, 2) = 1.1 : a(21, 2) = 1.1 : a(22, 2) = 1.1 :  
 a(23, 2) = 1.1 : a(24, 2) = 1.1 : a(25, 2) = 1.1 : a(26, 2) = 1.1 : a(27, 2) = 1.1 : a(28, 2)  
 = 1.1 : a(29, 2) = 1.1 : a(30, 2) = 1.1 : a(31, 2) = 1.1 : a(32, 2) = 1.1 : a(33, 2) = 1.1 :  
 a(34, 2) = 1.1 : a(35, 2) = 1.1 : a(36, 2) = 1.1 : a(37, 2) = 1.1 : a(38, 2) = 1.1 : a(39, 2)  
 = 1.1 : a(40, 2) = 1.1 : a(41, 2) = 1.1 : a(42, 2) = 1.1 : a(43, 2) = 1.1 : a(44, 2) = 1.1 :  
 a(45, 2) = 1.1 : a(46, 2) = 1.1 : a(47, 2) = 1.1 : a(48, 2) = 1.1 : a(49, 2) = 1.1 : a(50, 2)  
 = 1.1 : a(51, 2) = 1.1 : a(52, 2) = 1.1 : a(53, 2) = 1.1 : a(54, 2) = 1.1 : a(55, 2) = 1.1 :  
 a(56, 2) = 1.1 : a(57, 2) = 1.1 : a(58, 2) = 1.1 : a(59, 2) = 1.1 : a(60, 2) = 1.1 : a(61, 2)  
 = 1.1 : a(62, 2) = 1.1 : a(63, 2) = 1.1 : a(64, 2) = 1.1 : a(65, 2) = 1.1 : a(66, 2) = 1.1 :  
 a(67, 2) = 1.1 : a(68, 2) = 1.1 : a(69, 2) = 1.1 : a(70, 2) = 1.1 : a(71, 2) = 1.1 : a(72, 2)  
 = 1.1 : a(73, 2) = 1.1 : a(74, 2) = 1.1 : a(75, 2) = 1.1 : a(76, 2) = 1.1 : a(77, 2) = 1.1 :  
 a(78, 2) = 1.1 : a(79, 2) = 1.1 : a(80, 2) = 1.1 : a(81, 2) = 1.1 : a(82, 2) = 1.1 : a(83, 2)  
 = 1.1 : a(84, 2) = 1.1 : a(85, 2) = 1.1 : a(86, 2) = 1.1 : a(87, 2) = 1.1 : a(88, 2) = 1.1 :  
 a(89, 2) = 1.1 : a(90, 2) = 1.1 : a(91, 2) = 1.1 : a(92, 2) = 1.1 : a(93, 2) = 1.1 : a(94, 2)  
 = 1.1 : a(95, 2) = 1.1 : a(96, 2) = 1.1 : a(97, 2) = 1.1 : a(98, 2) = 1.1 : a(99, 2) = 1.1 :  
 a(100, 2) = 1.1 : a(101, 2) = 1.1 : a(102, 2) = 1.1 : a(103, 2) = 1.1 : a(104, 2) = 1.1 :  
 a(105, 2) = 1.1 : a(106, 2) = 1.1 : a(107, 2) = 1.1 : a(108, 2) = 1.1 : a(109, 2) = 1.1 :  
 a(110, 2) = 1.1 : a(111, 2) = 1.1 : a(112, 2) = 1.1 : a(113, 2) = 1.1 : a(114, 2) = 1.1 :  
 a(115, 2) = 1.1 : a(116, 2) = 1.1 : a(117, 2) = 1.1 : a(118, 2) = 1.1 : a(119, 2) = 1.1 :  
 a(120, 2) = 1.1 : a(121, 2) = 1.1 : a(122, 2) = 1.1 : a(123, 2) = 1.1 : a(124, 2) = 1.1 :  
 a(125, 2) = 1.1 : a(126, 2) = 1.1 : a(127, 2) = 1.1 : a(128, 2) = 1.1 : a(129, 2) = 1.1 :  
 a(130, 2) = 1.1 : a(131, 2) = 1.1 : a(132, 2) = 1.1 : a(133, 2) = 1.1 : a(134, 2) = 1.2 :  
 a(135, 2) = 1.2 : a(136, 2) = 1.2 : a(137, 2) = 1.2 : a(138, 2) = 1.2 : a(139, 2) = 1.2 :  
 a(140, 2) = 1.2 : a(141, 2) = 1.2 : a(142, 2) = 1.2 : a(143, 2) = 1.2 : a(144, 2) = 1.2 :  
 a(145, 2) = 1.2 : a(146, 2) = 1.2 : a(147, 2) = 1.2 : a(148, 2) = 1.2 : a(149, 2) = 1.2 :  
 a(150, 2) = 1.2 : a(151, 2) = 1.2 : a(152, 2) = 1.2 : a(153, 2) = 1.2 : a(154, 2) = 1.2 :  
 a(155, 2) = 1.2 : a(156, 2) = 1.2 : a(157, 2) = 1.2 : a(158, 2) = 1.2 : a(159, 2) = 1.2 :  
 a(160, 2) = 1.2 : a(161, 2) = 1.2 : a(162, 2) = 1.2 : a(163, 2) = 1.2 : a(164, 2) = 0.86 :  
 a(165, 2) = 0.86 : a(166, 2) = 0.86 : a(167, 2) = 0.86 : a(168, 2) = 0.86 : a(169, 2) = 0.86 :

$a(170, 2) = 0.86 : a(171, 2) = 0.86 : a(172, 2) = 0.86 : a(173, 2) = 0.86 : a(174, 2) = 0.86 :$   
 $a(175, 2) = 0.86 : a(176, 2) = 0.86 : a(177, 2) = 0.86 : a(178, 2) = 0.86 : a(179, 2) = 0.86 :$   
 $a(180, 2) = 0.86 : a(181, 2) = 0.86 : a(182, 2) = 0.86 : a(183, 2) = 0.86$

$a(1, 5) = 68 : a(2, 5) = 72 : a(3, 5) = 61 : a(4, 5) = 76 : a(5, 5) = 66 : a(6, 5) =$   
 $57 : a(7, 5) = 50 : a(8, 5) = 42 : a(9, 5) = 61 : a(10, 5) = 74 : a(11, 5) = 57 : a(12, 5) =$   
 $56 : a(13, 5) = 50 : a(14, 5) = 63 : a(15, 5) = 74 : a(16, 5) = 70 : a(17, 5) = 52 : a(18, 5)$   
 $= 45 : a(19, 5) = 62 : a(20, 5) = 74 : a(21, 5) = 70 : a(22, 5) = 64 : a(23, 5) = 65 : a(24,$   
 $5) = 71 : a(25, 5) = 41 : a(26, 5) = 48 : a(27, 5) = 50 : a(28, 5) = 39 : a(29, 5) = 42 :$   
 $a(30, 5) = 48 : a(31, 5) = 47 : a(32, 5) = 45 : a(33, 5) = 50 : a(34, 5) = 41 : a(35, 5) = 47$   
 $: a(36, 5) = 47 : a(37, 5) = 49 : a(38, 5) = 40 : a(39, 5) = 36 : a(40, 5) = 36 : a(41, 5) =$   
 $43 : a(42, 5) = 47 : a(43, 5) = 58 : a(44, 5) = 42 : a(45, 5) = 35 : a(46, 5) = 54 : a(47, 5)$   
 $= 47 : a(48, 5) = 47 : a(49, 5) = 62 : a(50, 5) = 58 : a(51, 5) = 53 : a(52, 5) = 61 : a(53,$   
 $5) = 50 : a(54, 5) = 56 : a(55, 5) = 57 : a(56, 5) = 62 : a(57, 5) = 64 : a(58, 5) = 59 :$   
 $a(59, 5) = 56 : a(60, 5) = 35 : a(61, 5) = 55 : a(62, 5) = 64 : a(63, 5) = 61 : a(64, 5) = 62$   
 $: a(65, 5) = 75 : a(66, 5) = 83 : a(67, 5) = 64 : a(68, 5) = 64 : a(69, 5) = 63 : a(70, 5) =$   
 $78 : a(71, 5) = 61 : a(72, 5) = 74 : a(73, 5) = 69 : a(74, 5) = 59 : a(75, 5) = 64 : a(76, 5)$   
 $= 66 : a(77, 5) = 55 : a(78, 5) = 46 : a(79, 5) = 80 : a(80, 5) = 79 : a(81, 5) = 74 : a(82,$   
 $5) = 67 : a(83, 5) = 67 : a(84, 5) = 62 : a(85, 5) = 65 : a(86, 5) = 69 : a(87, 5) = 79 :$   
 $a(88, 5) = 69 : a(89, 5) = 65 : a(90, 5) = 62 : a(91, 5) = 60 : a(92, 5) = 56 : a(93, 5) = 57$   
 $: a(94, 5) = 47 : a(95, 5) = 55 : a(96, 5) = 49 : a(97, 5) = 46 : a(98, 5) = 79 : a(99, 5) =$   
 $67 : a(100, 5) = 67 : a(101, 5) = 66 : a(102, 5) = 65 : a(103, 5) = 56 : a(104, 5) = 48 :$   
 $a(105, 5) = 38 : a(106, 5) = 34 : a(107, 5) = 43 : a(108, 5) = 44 : a(109, 5) = 46 : a(110, 5)$   
 $= 47 : a(111, 5) = 48 : a(112, 5) = 49 : a(113, 5) = 56 : a(114, 5) = 60 : a(115, 5) = 44 :$   
 $a(116, 5) = 38 : a(117, 5) = 35 : a(118, 5) = 42 : a(119, 5) = 44 : a(120, 5) = 45 : a(121, 5)$   
 $= 44 : a(122, 5) = 41 : a(123, 5) = 39 : a(124, 5) = 47 : a(125, 5) = 45 : a(126, 5) = 49 :$   
 $a(127, 5) = 53 : a(128, 5) = 57 : a(129, 5) = 62 : a(130, 5) = 56 : a(131, 5) = 69 : a(132, 5)$   
 $= 49 : a(133, 5) = 74 : a(134, 5) = 67 : a(135, 5) = 68 : a(136, 5) = 69 : a(137, 5) = 82 :$   
 $a(138, 5) = 81 : a(139, 5) = 66 : a(140, 5) = 62 : a(141, 5) = 43 : a(142, 5) = 75 : a(143, 5)$   
 $= 75 : a(144, 5) = 77 : a(145, 5) = 68 : a(146, 5) = 68 : a(147, 5) = 64 : a(148, 5) = 87 :$   
 $a(149, 5) = 70 : a(150, 5) = 81 : a(151, 5) = 83 : a(152, 5) = 75 : a(153, 5) = 78 : a(154, 5)$   
 $= 73 : a(155, 5) = 75 : a(156, 5) = 66 : a(157, 5) = 69 : a(158, 5) = 71 : a(159, 5) = 68 :$   
 $a(160, 5) = 70 : a(161, 5) = 66 : a(162, 5) = 71 : a(163, 5) = 75 : a(164, 5) = 68 : a(165, 5)$   
 $= 69 : a(166, 5) = 50 : a(167, 5) = 47 : a(168, 5) = 44 : a(169, 5) = 39 : a(170, 5) = 38 :$   
 $a(171, 5) = 44 : a(172, 5) = 80 : a(173, 5) = 73 : a(174, 5) = 64 : a(175, 5) = 70 : a(176, 5)$   
 $= 72 : a(177, 5) = 79 : a(178, 5) = 83 : a(179, 5) = 70 : a(180, 5) = 75 : a(181, 5) = 75 :$   
 $a(182, 5) = 70 : a(183, 5) = 72$

$a(1, 6) = 30 : a(2, 6) = 30 : a(3, 6) = 30 : a(4, 6) = 30 : a(5, 6) = 30 : a(6, 6) =$   
 $30 : a(7, 6) = 30 : a(8, 6) = 30 : a(9, 6) = 30 : a(10, 6) = 30 : a(11, 6) = 31 : a(12, 6) =$   
 $31 : a(13, 6) = 31 : a(14, 6) = 31 : a(15, 6) = 31 : a(16, 6) = 31 : a(17, 6) = 31 : a(18, 6)$   
 $= 31 : a(19, 6) = 31 : a(20, 6) = 31 : a(21, 6) = 31 : a(22, 6) = 31 : a(23, 6) = 31 : a(24,$   
 $6) = 31 : a(25, 6) = 31 : a(26, 6) = 31 : a(27, 6) = 31 : a(28, 6) = 31 : a(29, 6) = 31 :$   
 $a(30, 6) = 31 : a(31, 6) = 31 : a(32, 6) = 31 : a(33, 6) = 31 : a(34, 6) = 31 : a(35, 6) = 31$   
 $: a(36, 6) = 31 : a(37, 6) = 31 : a(38, 6) = 31 : a(39, 6) = 31 : a(40, 6) = 31 : a(41, 6) =$   
 $31 : a(42, 6) = 30 : a(43, 6) = 30 : a(44, 6) = 30 : a(45, 6) = 30 : a(46, 6) = 30 : a(47, 6)$   
 $= 30 : a(48, 6) = 30 : a(49, 6) = 30 : a(50, 6) = 30 : a(51, 6) = 30 : a(52, 6) = 30 : a(53,$   
 $6) = 30 : a(54, 6) = 30 : a(55, 6) = 30 : a(56, 6) = 30 : a(57, 6) = 30 : a(58, 6) = 30 :$   
 $a(59, 6) = 30 : a(60, 6) = 30 : a(61, 6) = 30 : a(62, 6) = 30 : a(63, 6) = 30 : a(64, 6) = 30$   
 $: a(65, 6) = 30 : a(66, 6) = 30 : a(67, 6) = 30 : a(68, 6) = 30 : a(69, 6) = 30 : a(70, 6) =$   
 $30 : a(71, 6) = 30 : a(72, 6) = 31 : a(73, 6) = 31 : a(74, 6) = 31 : a(75, 6) = 31 : a(76, 6)$   
 $= 31 : a(77, 6) = 31 : a(78, 6) = 31 : a(79, 6) = 31 : a(80, 6) = 31 : a(81, 6) = 31 : a(82,$   
 $6) = 31 : a(83, 6) = 31 : a(84, 6) = 31 : a(85, 6) = 31 : a(86, 6) = 31 : a(87, 6) = 31 :$   
 $a(88, 6) = 31 : a(89, 6) = 31 : a(90, 6) = 31 : a(91, 6) = 31 : a(92, 6) = 31 : a(93, 6) = 31$   
 $: a(94, 6) = 31 : a(95, 6) = 31 : a(96, 6) = 31 : a(97, 6) = 31 : a(98, 6) = 31 : a(99, 6) =$   
 $31 : a(100, 6) = 31 : a(101, 6) = 31 : a(102, 6) = 31 : a(103, 6) = 31 : a(104, 6) = 31 :$   
 $a(105, 6) = 31 : a(106, 6) = 31 : a(107, 6) = 31 : a(108, 6) = 31 : a(109, 6) = 31 : a(110, 6)$   
 $= 31 : a(111, 6) = 31 : a(112, 6) = 31 : a(113, 6) = 31 : a(114, 6) = 31 : a(115, 6) = 31 :$   
 $a(116, 6) = 31 : a(117, 6) = 31 : a(118, 6) = 31 : a(119, 6) = 31 : a(120, 6) = 31 : a(121, 6)$   
 $= 31 : a(122, 6) = 31 : a(123, 6) = 31 : a(124, 6) = 31 : a(125, 6) = 31 : a(126, 6) = 31 :$   
 $a(127, 6) = 31 : a(128, 6) = 31 : a(129, 6) = 31 : a(130, 6) = 31 : a(131, 6) = 31 : a(132, 6)$   
 $= 31 : a(133, 6) = 31 : a(134, 6) = 31 : a(135, 6) = 31 : a(136, 6) = 31 : a(137, 6) = 31 :$   
 $a(138, 6) = 31 : a(139, 6) = 31 : a(140, 6) = 31 : a(141, 6) = 31 : a(142, 6) = 31 : a(143, 6)$   
 $= 31 : a(144, 6) = 30 : a(145, 6) = 30 : a(146, 6) = 30 : a(147, 6) = 30 : a(148, 6) = 30 :$   
 $a(149, 6) = 30 : a(150, 6) = 30 : a(151, 6) = 30 : a(152, 6) = 30 : a(153, 6) = 30 : a(154, 6)$   
 $= 30 : a(155, 6) = 30 : a(156, 6) = 30 : a(157, 6) = 30 : a(158, 6) = 30 : a(159, 6) = 30 :$





```

= 0 : a(115, 16) = 0 : a(116, 16) = 1.6 : a(117, 16) = 0 : a(118, 16) = 0 : a(119, 16) = 0 :
a(120, 16) = 0 : a(121, 16) = 0 : a(122, 16) = 0 : a(123, 16) = 0 : a(124, 16) = 0 : a(125,
16) = 0 : a(126, 16) = 15.8 : a(127, 16) = 3.4 : a(128, 16) = 0 : a(129, 16) = 0 : a(130, 16)
= 1.2 : a(131, 16) = 0 : a(132, 16) = 0 : a(133, 16) = 0 : a(134, 16) = 0 : a(135, 16) = 0 :
a(136, 16) = 0 : a(137, 16) = 1.2 : a(138, 16) = 3.7 : a(139, 16) = 0.3 : a(140, 16) = 0 :
a(141, 16) = 2.4 : a(142, 16) = 0 : a(143, 16) = 0 : a(144, 16) = 2.9 : a(145, 16) = 0.3 :
a(146, 16) = 0 : a(147, 16) = 2.2 : a(148, 16) = 1.3 : a(149, 16) = 0 : a(150, 16) = 0 :
a(151, 16) = 0 : a(152, 16) = 0 : a(153, 16) = 0 : a(154, 16) = 0 : a(155, 16) = 0 : a(156,
16) = 0 : a(157, 16) = 0 : a(158, 16) = 0 : a(159, 16) = 0 : a(160, 16) = 0 : a(161, 16) = 0 :
a(162, 16) = 0 : a(163, 16) = 0 : a(164, 16) = 1.8 : a(165, 16) = 0 : a(166, 16) = 0 : a(167,
16) = 4.6 : a(168, 16) = 0 : a(169, 16) = 0 : a(170, 16) = 2.1 : a(171, 16) = 6.5 : a(172, 16)
= 0 : a(173, 16) = 14.2 : a(174, 16) = 4.9 : a(175, 16) = 0 : a(176, 16) = 0 : a(177, 16) =
1.8 : a(178, 16) = 0.4 : a(179, 16) = 1.3 : a(180, 16) = 0 : a(181, 16) = 0 : a(182, 16) = 0 :
a(183, 16) = 0
For i = 1 To per
  a(i, 3) = a(i, 1) * a(i, 2) : a(i, 4) = a(i - 1, 4) + a(i, 3) : a(i, 9) = 1.58 :
a(i, 14) = 0.85
  a(i, 7) = 0.018 * ((25 + a(i, 3)) ^ 2) * (100 - a(i, 5)) / (a(i, 6) * 10)
  Select Case a(i, 4)
    Case 1 To 100 : a(i, 13) = 0.96 : Case 101 To 200 : a(i, 13) = 0.83
    Case 201 To 300 : a(i, 13) = 0.64 : Case 301 To 400 : a(i, 13) = 0.67
    Case 401 To 500 : a(i, 13) = 0.75 : Case 501 To 600 : a(i, 13) = 0.78
    Case 601 To 700 : a(i, 13) = 0.95 : Case 701 To 800 : a(i, 13) = 0.99
    Case 801 To 900 : a(i, 13) = 0.95 : Case 901 To 1000 : a(i, 13) = 0.76
    Case 1001 To 1100 : a(i, 13) = 0.8 : Case 1101 To 1200 : a(i, 13) = 0.84
    Case 1201 To 1300 : a(i, 13) = 0.99 : Case 1301 To 1400 : a(i, 13) = 1.01
    Case 1401 To 1500 : a(i, 13) = 1.06 : Case 1501 To 1600 : a(i, 13) = 0.84
    Case 1601 To 1700 : a(i, 13) = 0.86 : Case 1701 To 1800 : a(i, 13) = 0.85
    Case 1801 To 1900 : a(i, 13) = 0.89 : Case 1901 To 2000 : a(i, 13) = 0.93
    Case 2001 To 2100 : a(i, 13) = 0.92 : Case 2101 To 2200 : a(i, 13) = 0.94
    Case 2201 To 2300 : a(i, 13) = 0.94 : Case 2301 To 2400 : a(i, 13) = 0.76
    Case 2401 To 2500 : a(i, 13) = 0.82 : Case 2501 To 2600 : a(i, 13) = 0.86
    Case 2601 To 2700 : a(i, 13) = 0.9 : Case 2701 To 2800 : a(i, 13) = 0.84
    Case 2801 To 2900 : a(i, 13) = 0.87 : Case 2901 To 3000 : a(i, 13) = 0.98
    Case 3001 To 3100 : a(i, 13) = 0.98 : Case 3101 To 3200 : a(i, 13) = 0.97
    Case 3201 To 3300 : a(i, 13) = 1.06 : Case 3301 To 3400 : a(i, 13) = 0.97
    Case 3401 To 3500 : a(i, 13) = 1.03 : Case 3501 To 3600 : a(i, 13) = 0.9
    Case 3601 To 3700 : a(i, 13) = 0.56 : Case 3701 To 3800 : a(i, 13) = 0.55
    'Case Else : MsgBox("Сумма температур меньше 0 или больше 4500")
  End Select
Next
a(1, 11) = Wnah : SumE = 0 : a(1, 10) = (a(1, 11) - WB3) / ((Wnah - WB3) * 100)
a(1, 15) = a(1, 13) * a(1, 14) * a(1, 7) / (1 + 10 ^ ((a(1, 9) - a(1, 8) * a(1, 10))))
a(1, 12) = a(1, 11) - a(1, 15) + a(1, 16) : npol = 0 : a(1, 17) = 0
For i = 2 To per
  a(i, 11) = a((i - 1), 12) : a(i, 10) = (a(i, 11) - WB3) / (Wnah - WB3) * 100
  a(i, 15) = a(i, 13) * a(i, 14) * a(i, 7) / (1 + 10 ^ ((a(i, 9) - a(i, 8) * a(i,
10))))
  If a(i, 11) > Wpol Then
    a(i, 17) = 0
  Else
    a(i, 17) = mras : npol = npol + 1
  End If
  a(i, 12) = a(i, 11) - a(i, 15) + a(i, 16) + a(i, 17) : SumE = SumE + a(i, 15)
Next
Mpol = mras * npol : Wcp = SumE / per : SumEIn.Text = SumE : WcpIn.Text = Wcp :
nIn.Text = npol : MpolIn.Text = Mpol

```

End Sub

```

Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
    ' per = perIn.Text - нужно преобразовать тип данных
    Form2.Show()
End Sub

Private Sub CheckBox1_CheckedChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
CheckBox1.CheckedChanged
    If CheckBox1.Checked = True Then
        Button1.Enabled = True
    Else
        Button1.Enabled = False
    End If

End Sub

Private Sub pereras_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles pereras.Click
    PictureBox1.Refresh()
    Dim qwER, asDF As String
    qwER = "Программа не предназначена для расчета культур с периодом созревания меньше
30 и больше 250 дней"
    asDF = "Исходные данные не входят в интервал расчета программы"
    Select Case CInt(perIn.Text) 'ПРОВЕРКА НА ВВОД ПЕРИОДА СОЗРЕВАНИЯ
        Case 1 To 30
            MsgBox("Период не может быть меньше 30 дней" & Chr(13) & qwER, , asDF)
            PictureBox1.Enabled = False
            Return
        Case 31 To 249
        Case 250 To 365
            MsgBox("Период не может быть больше 250" & Chr(13) & qwER, , asDF)
            PictureBox1.Enabled = False
            Return
        Case Else
            MsgBox("Проверьте правильность ввода периода" & Chr(13) & qwER, , asDF)
            PictureBox1.Enabled = False
            Return
    End Select
    .....

    kvr = 100 * hsl * Wnv * rho / 10 : Wpol = Math.Round(kvr * sigma) : Wnah =
Math.Round(kvr * tau)
    mras = Math.Round(kvr * (tau - sigma) / 5) * 5 : WB3 = Math.Round(0.48 * Wnah) :
RhoIn.Text = rho : perIn.Text = per
    gammaIn.Text = gamma : TauIn.Text = tau : SigmaIn.Text = sigma : hIn.Text = hsl :
B3In.Text = B3
    WpolIn.Text = Wpol : WnahIn.Text = Wnah : mIn.Text = mras : WB3In.Text = WB3 :
WnvIn.Text = Wnv
    .....

    For i = 1 To per
        a(i, 3) = a(i, 1) * a(i, 2) : a(i, 4) = a(i - 1, 4) + a(i, 3) : a(i, 9) = 1.58 :
a(i, 14) = 0.85
        a(i, 7) = 0.018 * ((25 + a(i, 3)) ^ 2) * (100 - a(i, 5)) / (a(i, 6) * 10)
        Select Case a(i, 4)
            Case 1 To 100 : a(i, 13) = 0.96 : Case 101 To 200 : a(i, 13) = 0.83
            Case 201 To 300 : a(i, 13) = 0.64 : Case 301 To 400 : a(i, 13) = 0.67
            Case 401 To 500 : a(i, 13) = 0.75 : Case 501 To 600 : a(i, 13) = 0.78
            Case 601 To 700 : a(i, 13) = 0.95 : Case 701 To 800 : a(i, 13) = 0.99
            Case 801 To 900 : a(i, 13) = 0.95 : Case 901 To 1000 : a(i, 13) = 0.76
            Case 1001 To 1100 : a(i, 13) = 0.8 : Case 1101 To 1200 : a(i, 13) = 0.84
            Case 1201 To 1300 : a(i, 13) = 0.99 : Case 1301 To 1400 : a(i, 13) = 1.01
            Case 1401 To 1500 : a(i, 13) = 1.06 : Case 1501 To 1600 : a(i, 13) = 0.84
            Case 1601 To 1700 : a(i, 13) = 0.86 : Case 1701 To 1800 : a(i, 13) = 0.85
            Case 1801 To 1900 : a(i, 13) = 0.89 : Case 1901 To 2000 : a(i, 13) = 0.93
            Case 2001 To 2100 : a(i, 13) = 0.92 : Case 2101 To 2200 : a(i, 13) = 0.94

```

```

Case 2201 To 2300 : a(i, 13) = 0.94 : Case 2301 To 2400 : a(i, 13) = 0.76
Case 2401 To 2500 : a(i, 13) = 0.82 : Case 2501 To 2600 : a(i, 13) = 0.86
Case 2601 To 2700 : a(i, 13) = 0.9 : Case 2701 To 2800 : a(i, 13) = 0.84
Case 2801 To 2900 : a(i, 13) = 0.87 : Case 2901 To 3000 : a(i, 13) = 0.98
Case 3001 To 3100 : a(i, 13) = 0.98 : Case 3101 To 3200 : a(i, 13) = 0.97
Case 3201 To 3300 : a(i, 13) = 1.06 : Case 3301 To 3400 : a(i, 13) = 0.97
Case 3401 To 3500 : a(i, 13) = 1.03 : Case 3501 To 3600 : a(i, 13) = 0.9
Case 3601 To 3700 : a(i, 13) = 0.56 : Case 3701 To 3800 : a(i, 13) = 0.55
Case 3801 To 4500 : a(i, 13) = 0.55
'Case Else : MsgBox("Сумма температур меньше 0 или больше 4500")
End Select
Next
a(1, 11) = Wnah : SumE = 0 : a(1, 10) = (a(1, 11) - WB3) / ((Wnah - WB3) * 100)
a(1, 15) = a(1, 13) * a(1, 14) * a(1, 7) / (1 + 10 ^ ((a(1, 9) - a(1, 8) * a(1, 10))))
a(1, 12) = a(1, 11) - a(1, 15) + a(1, 16) : npol = 0 : a(1, 17) = 0
For i = 2 To per
a(i, 11) = a((i - 1), 12) : a(i, 10) = (a(i, 11) - WB3) / (Wnah - WB3) * 100
a(i, 15) = a(i, 13) * a(i, 14) * a(i, 7) / (1 + 10 ^ ((a(i, 9) - a(i, 8) * a(i,
10))))
If a(i, 11) > Wpol Then
a(i, 17) = 0
Else
a(i, 17) = mras : npol = npol + 1
End If
a(i, 12) = a(i, 11) - a(i, 15) + a(i, 16) + a(i, 17) : SumE = SumE + a(i, 15)
Next
Mpol = mras * npol : Wcp = SumE / per : SumEIn.Text = SumE : WcpIn.Text = Wcp :
nIn.Text = npol : MpolIn.Text = Mpol

.....
PictureBox1.Show()
Graph1 = Me.PictureBox1.CreateGraphics()
'Преобразование компьютерной системы координат в математическую
'Поворот оси Y и увеличение коэффициента
Graph1.ScaleTransform(3.5, -1)
'Сдвиг по осям X и Y
Graph1.TranslateTransform(0, -250)
aaa = Math.Round(Wnah) : bbb = Math.Round(Wpol)
Graph1.DrawLine(Pen2, 0, bbb, per, bbb) : Graph1.DrawLine(Pen3, 0, aaa, per, aaa)
Graph1.DrawRectangle(Pen1, 0, 0, per, 250)
'Делаем засечки по осям координат
'По оси X
For X = 0 To per Step 10
Graph1.DrawLine(Pen1, X, -3, X, 250)
Next X
'По оси Y
For Y = 0 To 250 Step 50
Graph1.DrawLine(Pen1, -3, Y, per, Y)
Next Y
'Рисуем график функции
For i = 2 To per
Y1 = Math.Round(a(i - 1, 11)) : Y2 = Math.Round(a(i, 11))
Graph1.DrawLine(Pen4, i - 1, Y1, i, Y2)
Next i

For i = 1 To per
xper = Math.Round(a(i, 10))
ComboBox1.Items.Add(i & " | " & xper & " | " & a(i, 17) & " | " & a(i, 11)) '
Заполняем комбобокс для проверки
Next

```

```

End Sub

Private Sub DrawLine(p1 As Integer, p2 As Integer)
    Throw New NotImplementedException
End Sub

Private Sub TauIn_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles TauIn.TextChanged
    'tau = CDb1(TauIn.Text)
    If Not IsNumeric(TauIn.Text) And TauIn.Text <> "" Then
        MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
        TauIn.Text = tau
    Else
        If TauIn.Text = "" Then
            MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
            TauIn.Text = tau
        Else
            tau = CDb1(TauIn.Text)
        End If
    End If
End Sub

Private Sub SigmaIn_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
SigmaIn.TextChanged
    'sigma = CDb1(SigmaIn.Text)
    If Not IsNumeric(SigmaIn.Text) And SigmaIn.Text <> "" Then
        MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
        SigmaIn.Text = sigma
    Else
        If SigmaIn.Text = "" Then
            MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
            SigmaIn.Text = sigma
        Else
            sigma = CDb1(SigmaIn.Text)
        End If
    End If
End Sub

Private Sub gammaIn_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
gammaIn.TextChanged
    'gamma = CDb1(gammaIn.Text)
    If Not IsNumeric(gammaIn.Text) And gammaIn.Text <> "" Then
        MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
        gammaIn.Text = gamma
    Else
        If RhoIn.Text = "" Then
            MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
            gammaIn.Text = gamma
        Else
            gamma = CDb1(gammaIn.Text)
        End If
    End If
End Sub

Private Sub RhoIn_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles RhoIn.TextChanged
    'rho = CDb1(RhoIn.Text)
    If Not IsNumeric(RhoIn.Text) And RhoIn.Text <> "" Then
        MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
        RhoIn.Text = rho
    Else
        If RhoIn.Text = "" Then

```

```

        QBox1 = MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
        RhoIn.Text = rho
    Else
        rho = CDb1(RhoIn.Text)
    End If

End If
End Sub

Private Sub hIn_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles hIn.TextChanged
    'hs1 = CDb1(hIn.Text)
    If Not IsNumeric(hIn.Text) And hIn.Text <> "" Then
        QBox1 = MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
        hIn.Text = hs1
    Else
        If hIn.Text = "" Then
            QBox1 = MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
            hIn.Text = hs1
        Else
            hs1 = CDb1(hIn.Text)
        End If
    End If
End Sub

Private Sub B3In_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles B3In.TextChanged
    'B3 = CDb1(B3In.Text)
    If Not IsNumeric(B3In.Text) And B3In.Text <> "" Then
        QBox1 = MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
        B3In.Text = B3
    Else
        If WnvIn.Text = "" Then
            QBox1 = MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
            B3In.Text = B3
        Else
            B3 = CDb1(B3In.Text)
        End If
    End If
End Sub

Private Sub WnvIn_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles WnvIn.TextChanged
    'Wnv = CDb1(WnvIn.Text)
    If Not IsNumeric(WnvIn.Text) And WnvIn.Text <> "" Then
        QBox1 = MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
        WnvIn.Text = Wnv
    Else
        If WnvIn.Text = "" Then
            QBox1 = MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
            WnvIn.Text = Wnv
        Else
            Wnv = CDb1(WnvIn.Text)
        End If
    End If
End Sub

Private Sub perIn_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles perIn.TextChanged
    'per = CInt(perIn.Text)
    If Not IsNumeric(perIn.Text) And perIn.Text <> "" Then
        QBox1 = MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
        perIn.Text = per
    Else
        If perIn.Text = "" Then

```

```

        QBox1 = MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
        perIn.Text = per
    Else
        per = CInt(perIn.Text)
    End If

End If
End Sub

```

## Ввод дополнительных данных для расчета

```

Public Class Form2
    Private Sub Form2_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
        DateBeg.Value = etc.datTim1 : DateEnd.Value = etc.datTim2
        geoPs.SelectedIndex = etc.geoP
        geoPs.Show()
        perIn2.Text = etc.perIn.Text
        perIn2.Show() : geoPs.Show()

        For i = 1 To CInt(etc.per)
            'xper = Math.Round(etc.a(i, 10))
            dayPer.Items.Add(i & " | " & DateAdd(DateInterval.Day, i, etc.datTim1)) '
            Заполняем комбобокс для редактирования входных данных
        Next
        For i = 1 To CInt(TextBox2.Text)
            'xper = Math.Round(etc.a(i, 10))
            ComboBox3.Items.Add(i) ' Заполняем комбобокс периодами
        Next
    End Sub

    Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
        etc.perIn.Text = perIn2.Text
        etc.pdateBeg1.Value = DateBeg.Value
        etc.pdateEnd1.Value = DateEnd.Value

        Me.Close()
    End Sub

    Private Sub CheckBox1_CheckedChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
        CheckBox1.CheckedChanged
        If CheckBox1.Checked = True Then
            Button2.Enabled = True : Button4.Enabled = True
            perIn2.Enabled = False
            geoPs.Enabled = False
            DateBeg.Enabled = False
            DateEnd.Enabled = False
            ComboBox3.Enabled = False
            TextBox1.Enabled = False
            dayPer.Enabled = False
            tempSr.Enabled = False
            vlazhn.Enabled = False
            osadki.Enabled = False
            changeParamBut.Enabled = False
        Else
            Button2.Enabled = False : Button4.Enabled = False
            perIn2.Enabled = True
            geoPs.Enabled = True
            DateBeg.Enabled = True
            DateEnd.Enabled = True
            ComboBox3.Enabled = True
            TextBox1.Enabled = True
            dayPer.Enabled = True
            tempSr.Enabled = True
            vlazhn.Enabled = True
            osadki.Enabled = True
        End If
    End Sub
End Class

```

```

        changeParamBut.Enabled = True
    End If
End Sub
Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button2.Click
    ' удаление данных о температуре и
    Button2.Enabled = False
    CheckBox1.Checked = False
End Sub

Private Sub DateBeg_ValueChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
DateBeg.ValueChanged
    Dim a, b As Date
    a = DateBeg.Value.Date : b = DateEnd.Value.Date
    Dim w As Integer = DateDiff(DateInterval.Day, a, b)
    perIn2.Text = w : perIn2.Show() : etc.per = w

End Sub

Private Sub DateEnd_ValueChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
DateEnd.ValueChanged
    Dim a, b As Date
    a = DateBeg.Value.Date : b = DateEnd.Value.Date
    Dim w As Integer = DateDiff(DateInterval.Day, a, b)
    perIn2.Text = w : perIn2.Show() : etc.per = w
End Sub

Private Sub perIn2_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
perIn2.TextChanged
    Dim a, b As Date
    a = DateBeg.Value.Date : b = DateEnd.Value.Date
    Dim w As Integer = DateDiff(DateInterval.Day, a, b)
    w = CInt(perIn2.Text)
    b = DateAdd(DateInterval.Day, w, a)
    DateEnd.Value = b : etc.per = w

End Sub

Private Sub dayPer_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
dayPer.SelectedIndexChanged
    tempSr.Enabled = True
    vlazhn.Enabled = True
    osadki.Enabled = True
    tempSr.Text = etc.a(dayPer.SelectedIndex, 1) ' среднесуточная температура
    vlazhn.Text = etc.a(dayPer.SelectedIndex, 5) ' влажность
    osadki.Text = etc.a(dayPer.SelectedIndex, 16) 'осадки

End Sub

Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles changeParamBut.Click '
Вводим новый данные
    etc.a(dayPer.SelectedIndex, 1) = CDb1(tempSr.Text)
    etc.a(dayPer.SelectedIndex, 5) = CDb1(vlazhn.Text)
    etc.a(dayPer.SelectedIndex, 16) = CDb1(osadki.Text)

    For i = 0 To CInt(etc.per)
        'xper = Math.Round(etc.a(i, 10))
        dayPer.Items.Add(i & " | " & DateAdd(DateInterval.Day, i, etc.datTim1)) '
Заполняем комбобокс для проверки
    Next

    dayPer.Show()
End Sub

```



```
Private Sub geoPs_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
geoPs.SelectedIndexChanged

End Sub

Private Sub tempSr_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
tempSr.TextChanged
    changeParamBut.Enabled = True
    If Not IsNumeric(tempSr.Text) And tempSr.Text <> "" Then
        etc.QBox1 = MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
        tempSr.Text = ""
    End If
End Sub

Private Sub vlazhn_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
vlazhn.TextChanged
    changeParamBut.Enabled = True
    If Not IsNumeric(vlazhn.Text) And vlazhn.Text <> "" Then
        etc.QBox1 = MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
        vlazhn.Text = ""
    End If
End Sub

Private Sub osadki_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
osadki.TextChanged
    changeParamBut.Enabled = True
    If Not IsNumeric(osadki.Text) And osadki.Text <> "" Then
        etc.QBox1 = MsgBox("Необходимо ввести число!", vbOKOnly)
        osadki.Text = ""
    End If
End Sub

Private Sub ComboBox3_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
ComboBox3.SelectedIndexChanged

End Sub

End Class
```

**ПРИЛОЖЕНИЕ М**  
**СВИДЕТЕЛЬСТВО О ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ**  
**ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ И**  
**АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

**№ 2015661256**

**Программа расчета нормирования орошения  
сельскохозяйственных культур**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова» (RU)*

Авторы: *Панкова Татьяна Анатольевна (RU),  
Затинацкий Сергей Викторович (RU)*

Заявка № **2015618158**

Дата поступления **08 сентября 2015 г.**

Дата государственной регистрации  
в Реестре программ для ЭВМ **22 октября 2015 г.**

Заместитель руководителя Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий



Министерство сельского хозяйства и продовольствия  
Российской Федерации

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АРТЕЛЬ  
(колхоз)  
<<МИХАЙЛОВСКОЕ>>

413072,  
с.Михайловка,

Марковского района,  
Саратовской области.

Р/с N 40702810852050000029  
Саратовский РФ ОАО "Россельхозбанк"  
г.Саратов  
К/с N 30101810500000000843  
БИК № 046311843, ИНН № 6443014123  
ОКПО № 03682508, ОКОНХ № 21110

Тел.6-06-86, 6-04-94

23.10.2009 № 343  
№ \_\_\_\_\_

Справка

Выдана Васильченко Татьяне Анатольевне в том, что она действительно в 2007...2009 гг. проводила полевые опыты по люцерне на орошении в сельскохозяйственной артели (колхозе) «Михайловское» Марковского района Саратовской области.

Председатель СХА (колхоза)  
«Михайловское»



*Н.А.Косарев*

Н.А.Косарев

Министерство сельского хозяйства и продовольствия  
Российской Федерации

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АРТЕЛЬ  
(колхоз)  
<<МИХАЙЛОВСКОЕ>>

413072,  
с. Михайловка  
Марковского района  
Саратовской области

Р/с N 40702810852050000029  
Саратовский РФ ОАО "Россельхозбанк" г. Саратов  
К/с N 30101810500000000843  
БИК 046311843 ИНН 6443014123 КПП 644301001

k60686@yandex.ru.  
k3014123@mail.ru  
тел. факс. (84567) 6-06-86, бухг. 6-02-37

28.11.2012 № 356  
№ \_\_\_\_\_

**АКТ ВНЕДРЕНИЯ**

1. Наименование организации, где внедрено мероприятие: СХА (колхозе)  
«Михайловское» Марковского района Саратовской области.

2. Шифр работы, наименование мероприятия, по какому плану внедрялось: «Программа адаптивного нормирования орошения люцерны для условий Саратовского Заволжья»

3. Разработчики: Т. А. Панкова, С. В. Затицацкий

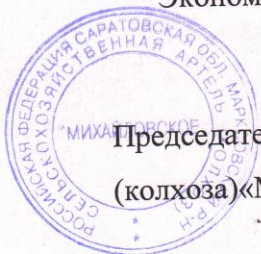
4. Календарные сроки внедрения: 2010 - 2012 гг.

5. Объемы внедрения: 650 га. Возделывание люцерны на зеленую массу

6. Краткая характеристика и новизна внедрения мероприятия, взамен чего внедряется:

Внедрение новой методики и программы нормирования режима орошения люцерны при планировании оросительных норм и поливов. Нормирование орошения люцерны по программе «ПРНОСК» обеспечивает повышение урожайности зеленой массы люцерны до 40 т/га, снижение энергетических затрат на получение 1 т продукции на 26 %

Экономический эффект составляет: 700 руб/га



Председатель СХА  
(колхоза) «Михайловское»

*Н.А. Косарев*

Н.А. Косарев

УТВЕРЖДАЮ:

генеральный директор

Акционерное общество  
«Племзавод «Трудовой»  
ИНН 6443006605 ОГРН 1026401773771  
413061, Саратовская область,  
Марксовский район, с. Павловка



ЗАО «Племзавод «Трудовой»»

А. С. Байзульдинов

«14» августа 2014 г.

## АКТ ВНЕДРЕНИЯ

1. Наименование организации, где внедрено мероприятие: ЗАО «Племзавод «Трудовой»» Марксовского района Саратовской области.

2. Шифр работы, наименование мероприятия, по какому плану внедрялось: «Адаптивное нормирование орошения люцерны для условий сухостепного Заволжья»

3. Разработчики: Т. А. Панкова, С. В. Затиначий

4. Календарные сроки внедрения: 2013 ...2014 гг.

5. Объемы внедрения: 1570 га. Возделывание люцерны на зеленую массу

6. Краткая характеристика и новизна внедрения мероприятия, взамен чего внедряется:

Внедрение модели и программы адаптивного нормирования орошения люцерны для оперативного и точного планирования оросительных норм и поливов. Нормирование по программе адаптивного нормирования орошения люцерны «ПРНОСК» обеспечивает повышение урожайности зеленой массы до 32-36 т/га, и снижение энергетических затрат на получение 1 т. на 20 %.

Экономический эффект составляет: 0,9 тыс.руб/га

Главный экономист \_\_\_\_\_

/И. А. Смятская/

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФГБУ «Управление  
«Саратовмелиоводхоз»»  

 \_\_\_\_\_ /Ю. А. Емельянов/  
 «15» \_\_\_\_\_ ноября 20 15 г.

## АКТ ВНЕДРЕНИЯ

1. Наименование организации, где внедрено мероприятие: Приволжский филиал ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз», г. Маркс, Саратовская область.

2. Шифр работы, наименование мероприятия, по какому плану внедрялось: «Адаптивное нормирование орошения люцерны для условий сухостепного Заволжья»

3. Разработчики: Т. А. Панкова, С. В. Затиначий

4. Календарные сроки внедрения: 2014–2015 гг.

5. Объемы внедрения: 3180 га. Возделывание люцерны на орошении

6. Краткая характеристика и новизна внедрения мероприятия, взамен чего внедряется:

Внедрение модели и программы адаптивного нормирования орошения люцерны для оперативного и точного планирования орошения и при составлении планов водопользования для орошаемых хозяйств. Нормирование с применением программы адаптивного нормирования орошения люцерны «ПРНОСК» обеспечивает повышение эффективности использования поливной воды на 26 % и снижение энергетических затрат на получение 1 т. зеленой массы люцерны на 18,7 %.

7. Фактический годовой эффект составляет: 1,15 тыс.руб/га