

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

На правах рукописи

Насыров Николай Наильевич

**ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ОРОШАЕМЫМ ЗЕМЛЕДЕЛИЕМ РАЙОННОГО УРОВНЯ ДЛЯ
УСЛОВИЙ СУХОСТЕПНОГО ЗАВОЛЖЬЯ**

Специальность: 06.01.02. «Мелиорация рекультивация и охрана земель»

диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
доцент **В.В. Корсак**

Саратов-2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА И ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ИССЛЕДОВАНИЙ	10
1.1. Автоматизированные системы управления.....	10
1.1.1. Автоматизированные системы управления государственного уровня....	10
1.1.2. Автоматизированные системы управления в орошаемом земледелии....	12
1.2. Геоинформационные системы	18
1.2.1. Геоинформационные системы мониторинга земель сельскохозяйственного назначения	18
1.2.2. Геоинформационные системы мониторинга орошаемых земель.....	20
1.3. Заключение	24
Глава 2. ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ИНФОРМАТИЗАЦИИ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	27
2.1. Общее описание объекта информатизации	27
2.1.1. Обоснование выбора типичного района.....	27
2.1.2. Сельскохозяйственные угодья Ершовского района Саратовской области	31
2.1.3. Орошение земель в Ершовском районе Саратовской области	33
2.2. Природные условия	35
2.2.1. Климат.....	35
2.2.2. Рельеф.....	38
2.2.3. Гидрология и гидрография	41
2.2.4. Растительность	44
2.2.5. Почвы и почвообразующие породы.....	47
2.3. Методика проведения исследования.....	56
2.3.1. Методика создания цифровой карты орошаемых земель и использования ГИС технологий при сборе и обработке данных.....	56

2.3.2 Методика создания базы данных геоинформационной системы управления орошаемым земледелием	60
2.3.3 Методика разработки программного обеспечения геоинформационной системы управления орошаемым земледелием	62
Глава 3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЕРШОВСКОГО РАЙОНА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	
	65
3.1. Тенденции изменений агроклиматических ресурсов орошаемого земледелия Ершовского района Саратовской области.....	65
3.2. Районирование агроклиматических ресурсов орошаемого земледелия Ершовского района Саратовской области с применением геоинформационных технологий	70
Глава 4. ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫМИ ЗЕМЛЯМИ	
	80
4.1. Теоретические основы разработки программно-информационного обеспечения	80
4.2. Программные средства создания геоинформационной системы управления орошаемыми землями Ершовского района Саратовской области.....	89
4.3. Состав и структура программно-информационного обеспечения системы управления орошаемыми землями	95
4.4. Модели прогнозирования геоинформационной системы управления орошаемыми землями.....	103
Глава 5. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫМ ЗЕМЛЕДЕЛИЕМ	
	111
5.1. Расчет затрат на разработку программно-информационных средств	111
5.1.1. Расчет трудовых затрат	111
5.1.2. Смета затрат на разработку программного обеспечения.....	113
5.1.3. Расчет затрат на создание цифровых карт	116

5.2. Расчет показателей экономической эффективности использования геоинформационной системы управления орошаемым земледелием.....	117
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	119
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ	120
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	121
ПРИЛОЖЕНИЯ	140
Приложение 1. Расчет коэффициента регрессии для суммы активных температур репрезентативного Ершовского района Саратовской области.....	140
Приложение 2. Расчет коэффициента регрессии для суммы осадков репрезентативного Ершовского района Саратовской области	142
Приложение 3. Расчет влагообеспеченности вегетационного периода для репрезентативного Ершовского района Саратовской области	144
Приложение 4. Расчет коэффициента регрессии влагообеспеченности вегетационного периода (ГТК) для репрезентативного Ершовского района Саратовской области.....	146

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Одним из важнейших природных ресурсов Российской Федерации является ее земельный фонд, составляющий 1,7 млрд. га. Повышение качества управления этим ценным ресурсом в целях обеспечения экономического процветания нашей страны и ее продовольственной безопасности – актуальнейшая задача всех сельскохозяйственных наук, но, прежде всего – мелиорации. Это связано как со значительными финансовыми затратами, так и с масштабным воздействием мелиоративного земледелия на компоненты окружающей природной среды, почему и управлять им необходимо с учетом природных условий конкретного региона, свойств оросительной системы, поливного массива и даже отдельного поля. То, что сложные климатические условия ведения сельского хозяйства обуславливают настоятельную необходимость в мелиорации земель в России в целом, в Среднем и Нижнем Поволжье в частности, российские ученые доказали еще в конце 19 – начале 20 веков (И.А. Стебут, Н.И. Вавилов и другие [19], [20], [134]). Однако, широкомасштабная ирригация в Поволжье была развернута только в 1960-1980 гг.. При этом прирост поливных площадей, например, в Саратовской области составлял 15% ежегодного прироста против 2% в мире. К 90-м годам прошлого века достигнув максимума, площадь орошения значительно сократилась, и, несмотря на то, что продуктивность орошаемого гектара в 3-4 раза превышает продуктивность богарного, к прежним значениям не вернулась в более благополучные и стабильные 2000 годы. Площадь реально поливаемых сельскохозяйственных угодий снижалась в среднем по России на 53,9 тыс. га в год, хотя на балансе площадь орошаемых земель в этот период оставалась неизменной [63]. Например, в Саратовской области с середины девяностых годов по настоящее время на балансе числится 257 тысяч гектар поливных угодий [123].

Сегодня все большее внимания начинают уделять развитию мелиорации земель, в том числе восстановлению оросительных систем как на уровне органов управления субъектов Российской Федерации, так и на уровне Правительства страны в целом [36]. Подпрограммой «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Саратовской области на 2014-2020 гг.» предусмотрен ввод

мелиоративных земель площадью 16,9 тыс. га на 2014 г., а так же проведение восстановления орошаемых земель на площади не менее 14,0 тыс. га ежегодно. В Ершовском районе Саратовской области запланирован ввод 7618 га орошаемых участков, причем в 2013 г. здесь поливалось всего 1733 га.

Важно повысить научную обоснованность принимаемых решений в мелиоративной отрасли, чтобы не повторить ошибок прошлого века при строительстве ирригационных систем. В связи с этим повышение качества управления оросительными системами, с целью предотвращения негативных последствий орошения является актуальной задачей мелиоративной науки и практики. Средством, позволяющим кардинально повысить качество и обоснованность принимаемых управленческих решений, является современные информационные технологии позволяющие интегрировать и анализировать большие массивы геопроостранственных данных о состоянии и изменении основных компонентов орошаемого агроландшафта.

Степень разработанности темы. Анализ литературных источников показывает, что, несмотря на низкую степень формализованности научных знаний в области управления орошаемым земледелием, что отмечает, например J.W. Jones [163] и Н.А. Пронько с соавторами [118], в настоящее время создано большое количество компьютерных информационных технологий, нацеленных на автоматизацию управления отдельными элементами системы эксплуатации поливных сельскохозяйственных угодий, в том числе программные средства по управлению водоподачей (В.П. Остапчик и др. [84]; И.П. Кружилин и др. [65]; В.В. Корсак [60]; И.Ф. Юрченко [156]; И.В. Ольгаренко [82]), внесением удобрений (Ш.И. Литвак [68, 69]; Н.А. Пронько с соавт. [91, 94, 113, 117]), технической эксплуатацией оросительных систем (Д.А. Рогачев, [132]). Выработаны и основные концептуальные подходы к разработке компьютерных информационных систем для мелиоративной отрасли (Н.А. Пронько с соавт. [95, 111, 115, 123]; И.Ф. Юрченко [154, 155]), на основе которых создаются комплексные, в том числе геоинформационные, системы мониторинга мелиорированных сельскохозяйственных угодий и системы поддержки принятия решений по управлению их эксплуатацией на

различных уровнях: федеральном (Д.П. Гостищев и др. [29]), региональном – областном (О.Ю. Холуденева [143, 144]), локальном – отдельное орошаемое хозяйство (Т.В. Корнева [50], Н.А. Пронько с соавт. [98, 99, 100, 104]). То, что в данной иерархии уровней пропущен административный район, управление орошаемым земледелием которого имеет свои специфические информационные особенности и потребности определило направление диссертационных исследований.

Цель исследований. Повышение эффективности управления и использования мелиорированных земель за счет разработки и внедрения геоинформационной системы управления орошаемым земледелием районного уровня для условий сухостепного Заволжья.

Задачи исследования:

1. Проанализировать состояние научных исследований и практические разработки в области создания и использования информационных систем управления сельскохозяйственным производством.

2. Изучить современное состояние и особенности эксплуатации орошаемых земель Ершовского района Саратовской области.

3. Разработать методику геоинформационного районирования агроклиматических ресурсов орошаемого земледелия на региональном и районном уровне.

4. Определить структуру и разработать цифровую карту орошаемых земель типичного для условий сухостепного Заволжья Ершовского района Саратовской области, атрибутивную базу данных по состоянию орошаемых земель района, а так же базу данных и знаний по оценке и прогнозированию состояния орошаемых земель.

5. Разработать и апробировать программно-информационные средства геоинформационной системы управления орошаемым земледелием Ершовского района Саратовской области.

6. Определить экономическую эффективность использования геоинформационной системы управления орошаемым земледелием Ершовского района Саратовской области.

Научная новизна. Разработана методика районирования агромелиоративных показателей методами интерполяции данных при помощи алгебры растров. Теоретически обоснован районный уровень разработки и эксплуатации геоинформационной системы управления орошаемыми землями. Впервые для условий сухостепного Заволжья разработана геоинформационная система управления мелиоративным комплексом на районном уровне (административный район области). Разработана методика применения фрактального анализа при прогнозировании цен на продукцию растениеводства.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая ценность данного исследования заключается в обосновании районного уровня создания геоинформационной системы управления орошаемом земледелием на основе методов теории информации. Практическая значимость диссертационной работы состоит в том, что применение созданной системы управления и входящих в нее компьютерных средств по оценке и прогнозированию состояния орошаемых земель на районном уровне (административный район области) обеспечивает повышение обоснованности и качество принимаемых технологических решений в мелиоративном комплексе района; эффективность и экологическую безопасность земель в хозяйствах за счет предотвращения негативных воздействий на орошаемые земли, роста рентабельности возделывания полевых культур, снижение трудозатрат на сбор обработку и представление геопространственных данных до 60%.

Методология и методы исследования. Исследования проводились с учетом научных и практических разработок российских и зарубежных ученых и основывались на экспериментальных и теоретических методах: полевые обследования, системный анализ, геоинформационный анализ, математическая статистика, фрактальный анализ.

Положения, выносимые на защиту.

1. Методика геоинформационного районирования агромелиоративных показателей методами прямой интерполяции данных, а так же при помощи алгебры растров.

2. Алгоритмы и программно-информационные средства геоинформационной системы управления орошаемым земледелием на уровне административного района.

3. Геоинформационное районирование агроклиматических ресурсов орошаемого земледелия Ершовского района Саратовской области.

Достоверность результатов исследований подтверждается корректностью использованных методик создания программных продуктов, баз данных и цифровых карт, применением общепринятых и современных методов математического и геоинформационного анализа, результатами производственной проверки.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были представлены на международной научно-практической конференции «Вавиловские чтения – 2010» (Саратов, 2010); на IV Всероссийской научно-практической конференции «Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы» (Саратов, 2010); на V Всероссийской научно-практической конференции «Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы» (Саратов, 2011); на международной научно-практической конференции «Вавиловские чтения – 2012» (Саратов, 2012); на конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова» в 2011-2013 гг.

Реализация результатов исследований. Геоинформационная система управления орошаемым земледелием в 2014 г. внедрена в управлении сельского хозяйства Ершовского района Саратовской области для информационного обслуживания 11 хозяйств района с общей площадью 1733 га земель существующего орошения и 14 хозяйств с 7618 га земель планируемого орошения. Она обеспечила повышение экономической эффективности решений по управлению мелиорированными землями района, а так же снижение трудовых затрат на сбор и обработку информации на 60%.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ, из них 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Глава 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА И ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Автоматизированные системы управления

Согласно определению под автоматизированной системой управления понимается комплекс организационных, аппаратных, программных и информационных средств, который предназначен для управления различными процессами в рамках отдельного производства, предприятия или отрасли. Принципы их разработки, а также родственных им систем поддержки принятия решений, то есть компьютерных систем анализа информации о предметной деятельности для помощи лицам, принимающим решение с учетом большого объема исходных данных, были сформулированы в трудах основоположников такой науки, как кибернетика. У. Эшби (1947) [159], Н. Винера (1948) [22] и других [11], [149], [160], [27], [9]. Сам термин «КИБЕРНЕТИКА» возник достаточно давно, он восходит к греческому слову, обозначающему «кормчий», но только в середине XX века эта отрасль человеческих знаний превратилась в подлинно научную дисциплину, изучающую законы управления в природных и техногенных объектах, а также социальных и хозяйственных системах. Интересно отметить, что хотя на первых этапах своего становления кибернетика испытала жесткую критику со стороны представителей социалистических стран и движений, видевших в ней своего конкурента («буржуазная шаманствующая лженаука» – Краткий философский словарь, 1954 [64]), самые масштабные кибернетические проекты были осуществлены или в странах социалистического блока, или под руководством ученых с левыми убеждениями.

1.1.1. Автоматизированные системы управления государственного уровня

Появление и массовое распространение электронных вычислительных машин, а также внедрение методов кибернетики в управление предприятиями и различными отраслями хозяйственной деятельности во второй половине XX века привело к многочисленным попыткам осуществления идеи замены государства, прежде всего разветвленного аппарата чиновников, на всеобъемлющую компью-

терную систему управления экономикой, ее отдельными отраслями, предприятиями и производствами.

Лидерами в этом направлении были Советский Союз и Чили, где в период правления президента Сальвадора Альенде с помощью западных интеллектуалов левых убеждений (Стаффорд Бир) внедрялась общегосударственная автоматизированная система Киберсин.

Первым, кто поставил вопрос о необходимости управления экономикой в масштабах всего Советского Союза на основе повсеместного применения ЭВМ перед высшим руководством Советского Союза и научной общественностью был А.И. Китов в 1959 г.. Реальной разработкой общегосударственной автоматизированной системы управления (ОГАС) руководил Виктор Михайлович Глушков [27]. Эскизный проект ОГАС был разработан в середине 1964 г. Согласно ему предполагалось, что вся производственная, статистическая и отчетная информация прямо с предприятий, оборудованных автоматизированной системой управления (АСУП), будет поступать в региональные управляющие системы (РАСУ), а затем в отраслевые (ОАСУ). В сеть предполагалось объединить несколько сотен мощных вычислительных центров в крупных промышленных городах, экономических и административных центрах. Из этих вычислительных центров предварительно обработанная информация должна была поступать в единый общегосударственный центр. Контроль исполнения и постоянная корректировка управленческих решений осуществлялись с помощью механизмов обратной связи, что позволяло системе работать при постоянно изменяющихся условиях производства иметь возможность самостоятельной корректировки решений в простых и стандартных ситуациях.

На практике внедрение ОГАС привело бы к постепенному переходу рычагов управления от чисто бюрократического аппарата к более продвинутым органам. Благодаря автоматизированной системе руководители всех уровней имели бы возможность всегда получать свежие, точные и своевременные данные, а на их основе принимать более обоснованные, а, следовательно, качественные решения. Использование предлагаемой системы упрощало управление, а также позволяло,

особенно на верхнем общегосударственном уровне значительно сократить количество чиновников, прежде всего, технических работников. Однако, руководство СССР сочло, что внедрение ОГАС требует слишком много средств, а повысить качество управления и планирования в экономике можно некоторым усилением рыночных методов, поэтому в 1965 г. проект был отклонен.

Через несколько лет (в 1970–1973 гг.) в Чили под руководством Стаффорда Бира [83], [160], британского ученого в области исследования операций, был реализован проект компьютерного централизованного управления плановой экономикой, который назывался Киберсин.

Управляющая программа (главная процедура) созданной системы получила название Киберстридер (Cyberstrider). Она была написана чилийскими программистами совместно с британскими учеными, последователями С. Бира. С помощью телексов более полутысячи предприятий было соединено в сеть Кибернет (Cybernet). Вся производственная информация в режиме реального времени поступала в офис управления президентского дворца «Ла Монеда», находившегося в городе Сантьяго – столице Чили. В компьютерной системе Киберсин предусматривалось 4 уровня мониторинга (фирма, отрасль, сектор экономики, вся страна). Она обладала обратной связью, основанной на алгедоническом подходе [151]. Если проблема не разрешалась за определённый интервал времени на низшем уровне, автоматически происходил подъем поиска ее решения на уровень принятия решения более высокого ранга (эскалация), вплоть до общегосударственного. Во время всеобщей забастовки 1972 г., снабжение столицы продовольствием было организовано правительством Чили с помощью системы Киберсин, что позволило обойти 50 тысяч бастующих водителей грузовиков. После переворота генерала Пиночета в 1973 г. новое правительство сочло автоматизированную систему управления социалистической, центр управления Киберсина был ликвидирован.

1.1.2. Автоматизированные системы управления в орошаемом земледелии

Созданием автоматизированных систем управления (АСУ) для агропромышленного комплекса и его подразделений в нашей стране занимались еще во

времена Советского Союза [75], [39], [84]. В то время АСУ в АПК разрабатывались как человеко-машинные системы. В них большинство рутинных процессов по сбору, передаче и дальнейшей статистической обработке данных, а так же подготовке различных вариантов решений проводились на компьютерах, однако окончательное решение принимал человек.

Одним из примеров таких систем является автоматизированный банк данных гидромелиоративных наблюдений (АБД «Химанализы»), разработанный О.Ю. Холуденевой с соавторами, предназначенный для организации ввода, предварительной обработки и хранения этой информации в виде широко распространенных во всем мире реляционных файлов баз данных, а также получения отчетных документов - рисунок 1.1. Внедрение АБД «Химанализы» в Саратовской гидромелиоративной партии при ФГУ «Управление Саратовмелиоводхоз» позволило снизить трудозатраты на обработку данных анализов химического состава грунтовых вод и водных вытяжек почв и составление выходных отчетных документов на 75% [112], [143].

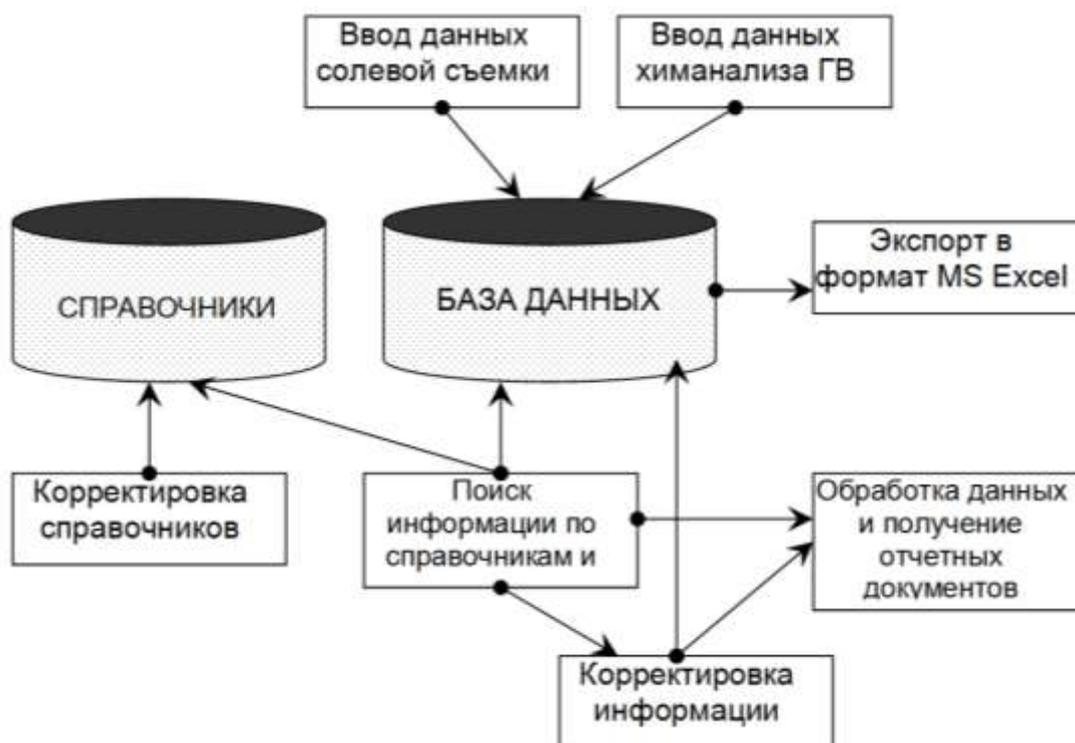


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема работы АБД «ХИМАНАЛИЗЫ»

Нельзя не отметить, что особую роль в процессе автоматизированного управления при оптимальном уровне автоматизации отводится решению, которое

принимает человек-специалист в данной отрасли, от этого напрямую зависит эффективность меры или дальнейшего действия. Как отмечает в своих работах профессор Н.А. Пронько [91], [95], автоматизированные технологии управления в сельском хозяйстве в связи со спецификой предметной области должны по уровню автоматизации разрабатываться как информационно-советующие системы (ИСС), а также широко использовать для выработки рекомендаций эвристические методы, основываясь при этом на мировом опыте [163].

Например, экспертная система по контролю эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель, разработанная В.В. Корсаком и О.Ю. Холуденевой [54], основывается на методах искусственного интеллекта. В системе интегрированы алгоритмические программы математических вычислений и программы обработки данных, а также высококачественные знания специалистов - экспертов. Экспертная оценка эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель, по мнению разработчиков, должна удовлетворять общеметодологическим требованиям комплексности и системности, а компьютерная программа, одновременно с оценкой, должна выявить пути исправления выявленных нарушений экологического равновесия и ухудшения плодородия почв, а также порекомендовать способы предотвращения этих нарушений в будущем. Предложенная система включает в себя три подсистемы "ТЕХНИК", "СПЕЦИАЛИСТ" и "РУКОВОДИТЕЛЬ", они различаются, прежде всего, различным уровнем доступа к знаниям комплекса и базам данных (рис. 1.2).

Пронько Н.А., Корсак В.В. Холуденева О.Ю., Корнева Т.В. [102] отмечают недостатки ранее разработанных автоматизированных технологий (ИСС ОПО [84] и АСУ РПО [65]) управления по выращиванию сельскохозяйственных культур на орошаемых землях, так же выявили их отсутствие или неактуальность применения для орошаемого земледелия Поволжья. Разработанные ими ИСС по применению сидератов, управлению плодородием орошаемых почв и их водным режимом за счет их автономности позволяют использовать их как по отдельности, так и совместно, в составе единой управляющей или консультационной системы [103].

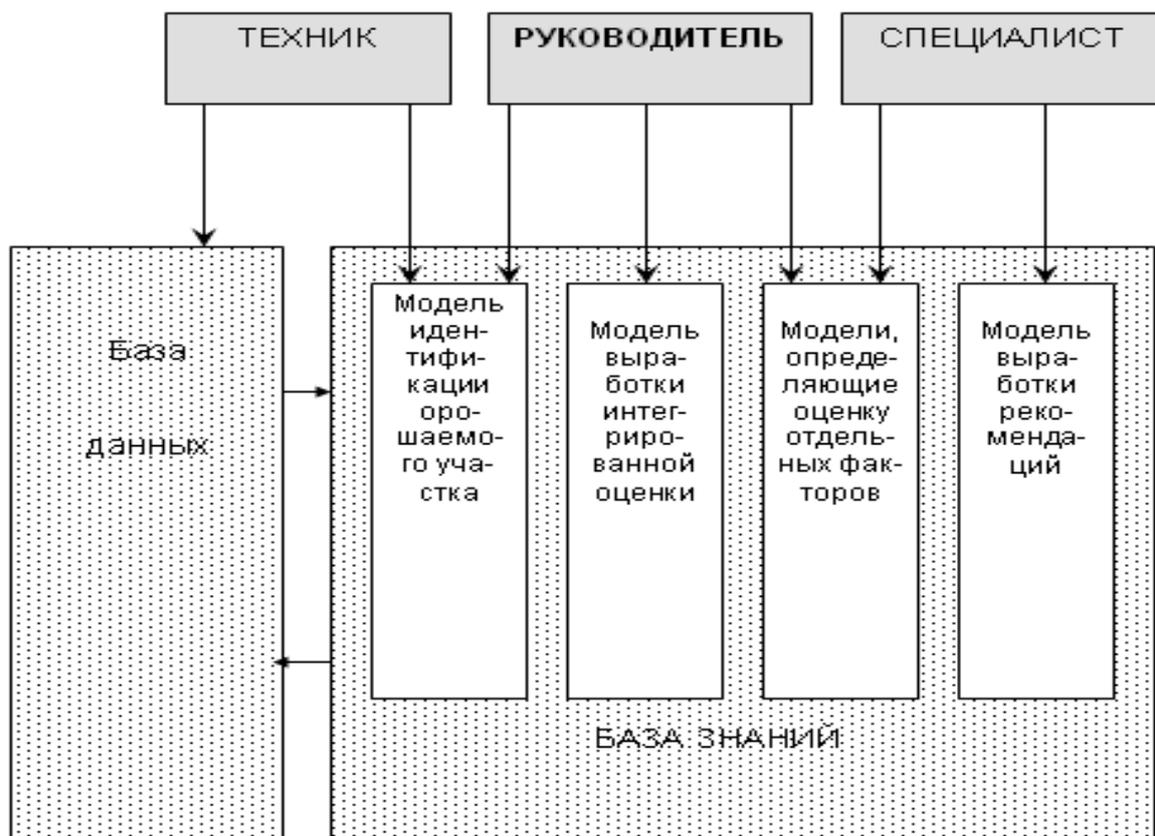


Рисунок 1.2 – Обобщенная схема функционирования экспертной системы контроля эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель

С помощью информационно-советующей системы «Режимы орошения» [77, 108] осуществляется расчет водопотребления орошаемых культур и оросительных норм для них, а также проектирование режимов орошения, дифференцированных по предполивному порогу влажности почвы и расчетной глубине увлажняемого слоя, при использовании которых снижается риск подъема уровня грунтовых вод и вторичного засоления почвы за счет минимизации потерь поливной воды на инфильтрацию в нижние горизонты.

ИСС УПОП (информационно-советующая система «Управление плодородием орошаемых почв») предназначена для проектирования рационального состава и параметров технологического процесса внесения органических и минеральных удобрений при выращивании 18 орошаемых культур, возделываемых в сухостепном Поволжье. С ее помощью для каждого конкретного поля, исходя из содержания органического вещества почвы, ее обеспеченности основными элемен-

тами питания с учетом биологических особенностей культурных растений, определяются виды, дозы, сроки и технические средства внесения органических и минеральных удобрений, обеспечивающие как получение планируемой урожайности, так и сохранение потенциального и эффективного плодородия почвы. ИСС УПОП представляет собой экспертную систему, базы знаний которой являются процедурными, то есть представляющими собой наборы правил типа «если условие { } то {действие}», реализованными в виде реляционных таблиц формата dBase IV [91], [94], [113], [116], [117].

ИСС «Сидерация» предназначена для автоматизированного подбора однолетних и многолетних сидеральных культур для конкретных условий отдельного орошаемого поля, возделывание которых способствует улучшению их агрохимического (за счет повышения содержания гумуса) и агрофизического (разуплотнение почв, восстановление их структуры, прежде всего содержания агрономически ценных агрегатов) состояния, а также повышению продуктивности поливных севооборотов [97], [103].

Также в последнее время, активно разрабатываются и применяются системы поддержки принятия решений для специалистов мелиоративных систем. И.В. Ольгаренко предлагает использовать информационные технологии при планировании водопользования в хозяйствах. Им разработана методология планирования водопользования в орошаемых хозяйствах различных форм собственности с использованием информационных технологий, обеспечивающая рациональное использование интегральных ресурсов, повышение оперативности и качества принимаемых решений. Основу алгоритмического обеспечения информационной технологии планирования водопользования в орошаемых хозяйствах составляют алгоритм формирования структуры посевных площадей и алгоритм формирования и расчёта календарного плана полива сельскохозяйственных культур [82].

Кроме планирования создаются системы принятия решений непосредственно по технической эксплуатации гидромелиоративных систем.

И.Ф. Юрченко определены принципы разработки подобных систем [156], из которых она выделяет четыре основных:

1. Принцип иерархической декомпозиции и связанный с ним принцип стратификации.
2. Принцип комплексности, концептуального единства, целевой структуризации, ориентации на конечного пользователя и полноты системы.
3. Принцип целевой структуризации систем.
4. Принцип «полной системы».

Кроме этого, И.Ф. Юрченко вычленяет в системах поддержки принятия решений три организационных уровня управления: стратегический, тактический и оперативный, каждому из которых соответствует свой перечень задач. Чтобы повысить эффективность управления эксплуатацией гидромелиоративных систем, обеспечивающих экологическую устойчивость и продуктивность мелиорируемых земель, во Всероссийском НИИ гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ) разработана компьютерная информационная технология, реализованная в виде СППР «РЕМЭКС». Специализированная прикладная программа СППР использует средства пакета Microsoft Office 97 Pro, операционной системы Windows 98 и геоинформационной системы Mapinfo. Семантическая база данных построена на основе СУБД Microsoft ACCESS, для поиска оптимальных решений привлекаются вычислительные возможности процессора электронных таблиц Microsoft EXCEL. Анализ и отображение пространственных данных осуществляется на базе ГИС-технологий в среде ГИС Mapinfo [155].

Д.А. Рогачевым [132] разработана информационная технология поддержки принятия решений при планировании технической эксплуатации гидромелиоративных систем, созданная в виде системы поддержки принятия решения (СППР). Основными компонентами системы являются база данных, база моделей и программная подсистема, включающая систему управления базой данных (СУБД), систему управления базой моделей (СУБМ) и систему управления интерфейсом между пользователем и компьютером. Особенно хотелось отметить, что данная СППР может интегрироваться с автоматизированной учетно-управленческой системой такой как «1С-Предприятие» получившей в последние двадцать лет широкое распространение в России. Архитектура СППР включает

три основные подсистемы: обработки информации; анализа; выработки решений. Ее внедрение и использование в практике мелиоративной отрасли обеспечивает повышение уровня автоматизации на 12...15% и качества информационного обеспечения технического состояния гидромелиоративной системы – на 10...12%; снижение интеллектуальной нагрузки для лиц принимающих управленческие решения (ЛПР) при анализе многовариантных ситуаций на 7...9%.

1.2. Геоинформационные системы

Геоинформационная система (ГИС) – автоматизированная информационная система для обработки пространственно-временных данных, основой интеграции которых служит географическая информация. Появление и развитие геоинформационных технологий является закономерным этапом развития, как информационных технологий, так и информатики в целом с одной стороны, с другой стороны – это важная веха в развитии всех разделов географии и других наук о Земле.

1.2.1. Геоинформационные системы мониторинга земель сельскохозяйственного назначения

В последние годы в Российской Федерации широко развернуты работы по созданию системы государственного геоинформационного мониторинга земель, в том числе сельскохозяйственного назначения, прежде всего по созданию информационных ресурсов в указанной сфере. По состоянию на 2014 г.:

- представили информацию о наличии органов, наделенных полномочиями по осуществлению мониторинга земель сельскохозяйственного назначения: 20 субъектов Федерации
- приняли региональные программы и нормативные правовые акты в области мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и использования земель сельскохозяйственного назначения: 16 субъектов Федерации
- созданы информационные ресурсы в области мониторинга земель сельскохозяйственного назначения: в 4 субъектах Федерации

Особенно стоит отметить успехи в этом направлении Краснодарского края. Созданная там геоаналитическая информационная система (ГАС) «АгроУправление» предназначена для использования государственных информационных ресурсов о сельскохозяйственных землях с применением геоинформационных, космических и WEB-технологий. Внедрение данной системы решило сразу ряд задач: ведение централизованного учета сельскохозяйственных земель, их инвентаризация, мониторинг состояния и использования, надзор за их использованием, подготовка аналитической информации; внесение сведений в информационную систему по управлению сельскохозяйственными земельными ресурсами; использование данных дистанционного зондирования Земли для мониторинга состояния посевов; учет земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения и земель иных категорий; подготовка информации с агрегацией на различных уровнях, включая уровень субъекта Российской Федерации; обеспечение доступа к информации, предоставляемой на основе государственных информационных ресурсов о сельскохозяйственных землях на основе использования геопортала ГАС «АгроУправление» в авторизированном доступе. По сути, эта система демонстрирует комплексный подход к мониторингу земель сельскохозяйственного назначения. Важным преимуществом такого подхода является возможность создания единого интернет-ресурса и обеспечения доступа к геопространственным данным заинтересованным лицам. В качестве примера можно сослаться на «Единый центр дистанционного спутникового мониторинга Краснодарского края». Данный сайт включает реестр сельскохозяйственных угодий, разнообразные по тематике почвенные карты края, цифровые карты мониторинга пожаров за прошлые сутки, реестр рыбопромысловых участков, инвестиционные проекты в области сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности, информацию по финансированию и субсидированию [26].

Аналогичная работа была проведена в Тамбовской области при участии компаний ООО «ЦентрПрограммСистем» и ИТЦ «СКАНЭКС» [26]. При помощи спутниковых данных были построены точные карты с информацией о каждом землепользователе, хранящиеся в системе «АгроУправление». Данная система по-

зволяет проводить мониторинг угодий, отслеживать уровень развития посевов по накоплению биомассы, а так же оказывать консультационные услуги сельскохозяйственным предприятиям, что обуславливает качественное управление землями сельскохозяйственного назначения и способствует повышению экономической эффективности региона. Подобным образом был создан геоинформационный портал Республики Бурятия [70], в котором информация о землях сельскохозяйственного назначения занесена слоями в функциональную подсистему «Электронный атлас земель сельскохозяйственного назначения» (ФП АЗСН). Эта подсистема предназначена для мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель предоставленных для ведения сельского хозяйства. С помощью данной функциональной подсистемы проводится сбор, предварительный анализ и обработка данных полевых агрохимических обследований, которые проводят станции агрохимической службы (агрохимические станции) Минсельхоза России.

Важно отметить, что сбор информации о землях сельскохозяйственного назначения во всех описанных системах проводится в основном в разрезе федерального, регионального, муниципального уровней и, значительно реже, отдельных сельскохозяйственных предприятий, а тем более полей севооборотов.

1.2.2. Геоинформационные системы мониторинга орошаемых земель

Применение геоинформационных технологий открывает широкие возможности при разработке систем управления орошаемым земледелием. ГИС позволяют структурировать информацию географического (пространственного) положения объектов – источников данных, что имеет особое значение для управления состоянием окружающей природной среды.

На сегодняшний день одной из актуальных задач аграрной науки является повышение качества и научной обоснованности управления орошаемым земледелием, в том числе с помощью разработки и использования современных программно-информационных средств поддержки принятия решения. Основная их задача это предоставлять всем лицам, принимающим решения по управлению мелиоративным комплексом подробную, полную, своевременную и качественную

информацию в удобном для человеческого восприятия виде, обеспечивать ее математическую и эвристическую обработку. При этом очень важно связать разнородные по происхождению, но пространственно взаимосвязанные информационные потоки.

С конца прошлого века в Российской Федерации начались работы по созданию автоматизированных систем управления поливным земледелием на базе геоинформационных технологий.

Так, с 1999 г. под руководством ЦНТИ «Мелиоводинформ» (Н.И. Тупикин, В.В. Метелкин) проводилась разработка системы геоинформационной поддержки управленческих решений в области мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения (ГИСМЕЛИО). Специалистами ЦНТИ была предложена трехуровневая схема ГИСМЕЛИО: «федеральный уровень (Департамент мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ); региональный уровень (республиканские, краевые, областные управления мелиорации и водного хозяйства); локальный уровень (управления мелиоративных (оросительных) систем)». Для разработки и внедрения пилотных проектов ГИСМЕЛИО регионального уровня были выбраны Волгоградская, Ростовская и Саратовская области. В качестве программного средства создания ГИСМЕЛИО – пакеты GeoDraw for Windows и ГеоГраф, разработанные Центром геоинформационных исследований Института географии Российской Академии Наук (ЦГИ ИГ РАН). Примерная конфигурация и структура ГИСМЕЛИО приведена на рисунке 1.3 [29].

В 2002-2006 гг. Н.А Пронько и В.В. Корсак с соавторами [116] разработали концепцию разработки систем мониторинга орошаемых сельскохозяйственных угодий, основанную на принципах комплексности, локальности, геопространственности, иерархичности, темпоральности, сопряженности, непрерывности, единства целей и задач исследований, системности, достоверности и оперативности. В концепции подчеркнуто, что важнейшей особенностью данных мониторинга мелиорируемых сельскохозяйственных угодий является их пространственная и временная привязанность. Информация о состоянии отдельных компонентов полив-

ных агроландшафтов, характеризуя постоянно изменяющиеся в пространстве и времени непрерывные параметры, фактически (с точки зрения географии и геоинформатики) образуется в некоторых отдельных точечных объектах. Эта информация одновременно и непрерывна, и дискретна, поэтому необходим достоверный, точный и математически обоснованный инструмент перехода к реальным непрерывным характеристикам от дискретных данных. Такой механизм и представляют мониторингу геоинформационные технологии.



Рисунок 1.3 – Примерная конфигурация и структура ГИСМЕЛИО

Основываясь на приведенной концепции в 2006–2009 гг. были созданы системы локального геоинформационного мониторинга орошаемых земель ЗАО «Агрофирма «Волга» Марковского района и опытно-производственного хозяйства Волжского НИИ гидротехники и мелиорации Энгельсского района Саратовской области [123]. Для этих хозяйств было разработано информационное обеспечение локального геоинформационного мониторинга, включающее в себя цифровые карты и атрибутивные базы данных. Перечень слоев цифровой карты ГИС-мониторинга приводится в таблице 1.1. В атрибутивную базу данных геоинформационного мониторинга орошаемых земель входят внутренние, связанные со слоями, и внешние реляционные файлы, предназначенные для хранения переменной (результаты наблюдений) и постоянной (справочной) информации.

Таблица 1.1 - Слои цифровой карты комплексного локального геоинформационного мониторинга поливных земель

№	Имя файла	Формат	Содержание
1	cen_rai	Shape	Центры административных районов
2	raion	Shape	Границы административных районов
3	gr_zem	Shape	Границы земель сельскохозяйственных предприятий
4	dorogi	Shape	Дороги
5	np	Shape	Населенные пункты
6	polja_1	Shape	Орошаемые поля
7	truboprovod	Coverage	Трубопроводы
8	gidrant	Shape	Гидранты
9	kanal	Coverage	Каналы
10	nasos_st	Shape	Насосные станции
11	lesopol	Shape	Полезащитные лесные полосы
12	reka_1	Shape	Реки
13	lake	Coverage	Пруды и озера
14	geologiy	Coverage	Геологическая карта
15	szw	Shape	Почвенная карта
16	owrag	Coverage	овраги
17	relef_1	Shape	Горизонтالي
18	relef_tin	TIN	Цифровая модель рельефа
19	razrez	Shape	Точки отбора проб
20	ckwagini	Shape	Скважины наблюдений за грунтовыми водами

Внедрение разработанного геоинформационного мониторинга за счет повышения качества управления эффективным плодородием поливных земель обеспечило суммарный ежегодный экономический эффект 193 тыс. руб. в опытно-производственном хозяйстве Волжского НИИ гидротехники и мелиорации и 2 млн. руб. в ЗАО «Агрофирма «Волга» [106], [121].

В 2011 г. Н.А Пронько, А.С. Фалькович и В.В. Корсак [119], [126] и [140] предложили основанную на геоинформационных технологиях и методах математического моделирования методологию создания системы мониторинга солевого режима земель аридной и семиаридной зоны, как выведенных из орошения, так и орошаемых и потенциально орошаемых (с учетом возможной аридизации климата Поволжья). По мнению авторов, этот мониторинг должен обязательно включаться в управляющую подсистему природно-техногенного комплекса «орошаемый агроландшафт». В структуре мониторинга солевого режима представленной на рисунке 1.4 выделяются 3 группы элементов:

1. Источники информации;

2. Информационная база (цифровая карта, базы знаний и данных, руководства пользователя);

3. Блок анализа или поддержки принятия решений (компьютерные реализации математических моделей влагосолепереноса, экспертные системы, средства визуализации данных и геоинформационного анализа).



Рисунок 1.4 – Структура мониторинга солевого режима земель

Для обеспечения адекватности, достоверности и эффективности предлагаемой системы мониторинга, авторы считают необходимым разрабатывать ее как объектно-ориентированную геоинформационную модель солевого режима земель сельскохозяйственного назначения засушливого Поволжья. При этом следует опираться на методы объектно-ориентированного программирования и теории моделей.

1.3. Заключение

Проведенный анализ федерального, регионального и локального опыта проведения мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, в том числе орошаемых, показывает, что сегодня нет единообразного подхода к созданию ин-

формационных ресурсов о состоянии и использовании мелиорируемых сельскохозяйственных угодий.

Ввиду того, что масштаб геоинформационного охвата данных подобных систем в федеральном или региональном уровне очень большой они не позволяют полноценно обеспечивать экологическую безопасность и повысить плодородие почв орошаемых агроландшафтов, в связи с тем, что не могут учитывать особенности природных условий отдельных поливных массивов и полей. Системы локального мониторинга и, связанные с ними геоинформационные системы поддержки принятия решений, разработанные для отдельно взятых хозяйств и направленные как раз на решение задач сохранения плодородия почв и охраны окружающей среды, естественно при обеспечении экономической эффективности орошаемого земледелия, не могут обеспечить стопроцентного охвата всех мелиорируемых сельскохозяйственных угодий, так как в настоящих социально-экономических условиях очень мало хозяйств с большим количеством поливных участков, в основном хозяйства эксплуатируют 1–2, максимум до 10 орошаемых полей. Для них разработка отдельных систем мониторинга мало эффективна.

Создание систем локального мониторинга на уровне управлений оросительных систем, также не решает всех задач по сохранению природно-ресурсного потенциала поливных агроландшафтов в связи с направленностью субъекта мониторинга, то есть управляющего органа или лица, использующего информацию мониторинга для выбора управленческих решений, на достижение оптимального управления водными ресурсами.

Однако, проведенный анализ показал также, что использование информационных технологий для создания автоматизированных систем поддержки принятия решений (автоматизированных систем управления) в том числе с использованием ГИС-технологий, позволяет значительно повысить качество принимаемых решений при использовании мелиорируемых земель и мелиоративных систем, а также снижает негативное влияние ирригации на орошаемые земли.

Таким образом, в общей иерархии субъектов геоинформационного мониторинга и, соответственно, геоинформационных автоматизированных систем

управления, включающей отдельные орошаемые хозяйства, управления оросительных систем, региональные и федеральные органы управления мелиоративными комплексами в настоящее время отсутствует необходимый для сохранения продуктивности поливных агроландшафтов субрегиональный уровень – управления сельского хозяйства административного района, где, как правило, прослеживаются значительные изменчивости агроклиматических, почвенных, материально-технических и прочих показателей по всей территории.

Именно для этого уровня современные геоинформационные средства и системы управления базами данных, позволяют разработать систему поддержки принятия решений по управлению мелиоративным комплексом в целом по административному району, отдельному хозяйству, поливному массиву и конкретному орошаемому полю, а также повысить качество использования агро-мелиоративных, финансовых, трудовых ресурсов в сельском хозяйстве, сократив при этом трудовые и материальные затраты на управление.

Глава 2. ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ИНФОРМАТИЗАЦИИ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Общее описание объекта информатизации

В качестве объекта исследований рассматривались орошаемые земли Ершовского района Саратовской области.

Ершовский район расположен в центральной части Саратовского Заволжья. Протяженность его с севера на юг 100 км, с запада на восток от 35 до 65 км. На севере район граничит с Балаковским и Краснопартизанским районами, на востоке с Дергачевским, на юге с Краснокутским и Новоузенским, на западе с Марксовским и Федоровским.

Включая Ершовское городское поселение, в район входит 15 муниципальных образований Антоновское, Декабристское, Краснянское, Кушумское, Марьевское, Миусское, Моховское, Новокраснянское, Новорепинское, Новосельское, Орловгайское, Перекапновское, Рефлекторское, Чапаевское.

Райцентр г. Ершов расположен в 200 км на восток-юго-восток от областного центра г. Саратова, транспортная связь с которым осуществляется по железной дороге (железнодорожная станция Ершов) и по грейдерной дороге с твердым покрытием. Основной вид транспорта в районе автомобильный, районный центр связан с хозяйствами грейдерными дорогами с твердым покрытием и без твердого покрытия.

Численность населения района 41 613 человек, в том числе в городе Ершов 21 447 человек – рисунок 2.1.

2.1.1 Обоснование выбора типичного района

В качестве репрезентативного или типичного для орошаемых условий Саратовского Заволжья был выбран Ершовский район, расположенный в центральной части исследуемого региона и, согласно микроразделению Саратовской области, относящийся к центральной левобережной микроразделению – рисунок 2.2.

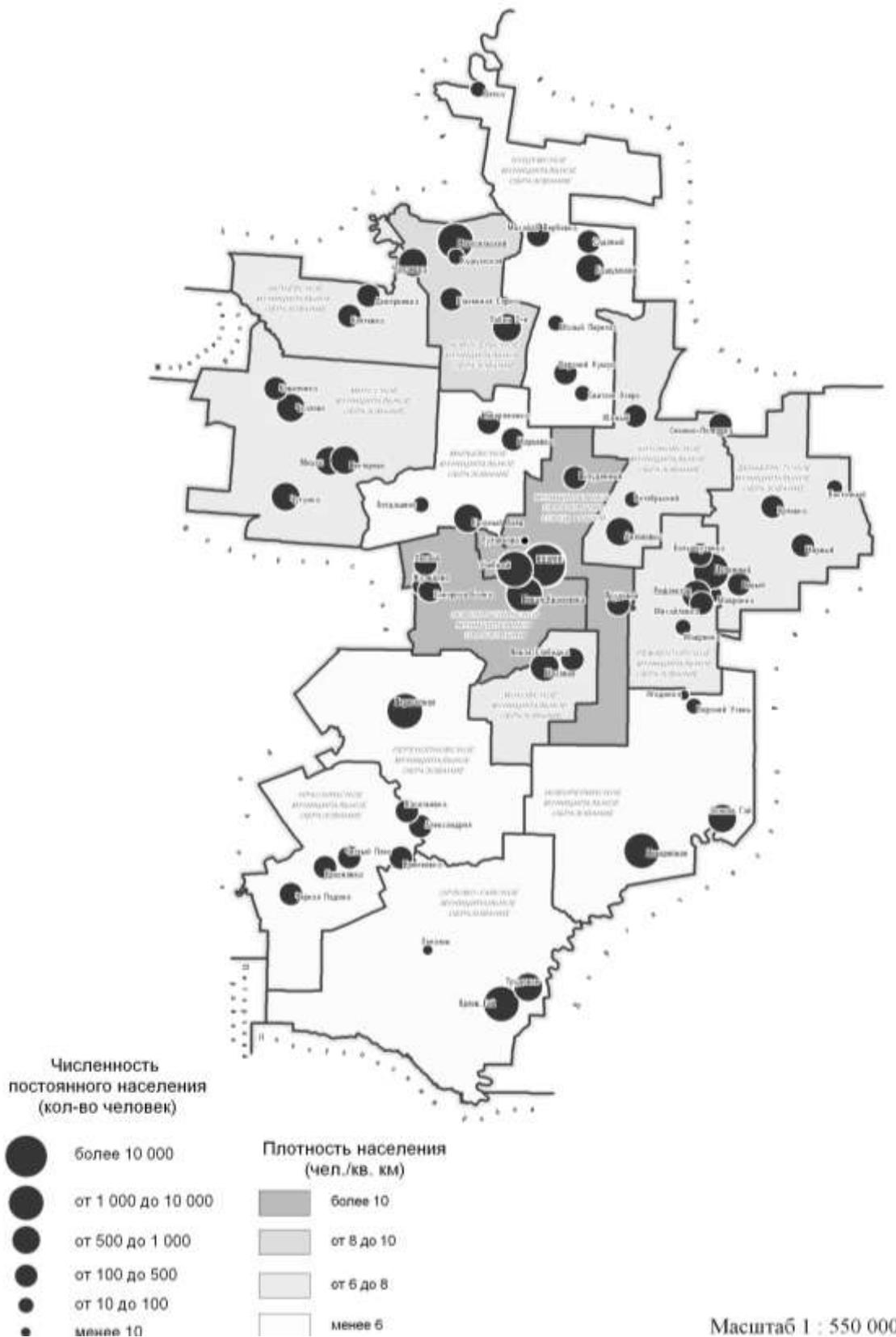


Рисунок 2.1 – Плотность населения Ершовского района Саратовской области по данным на 2013 г.

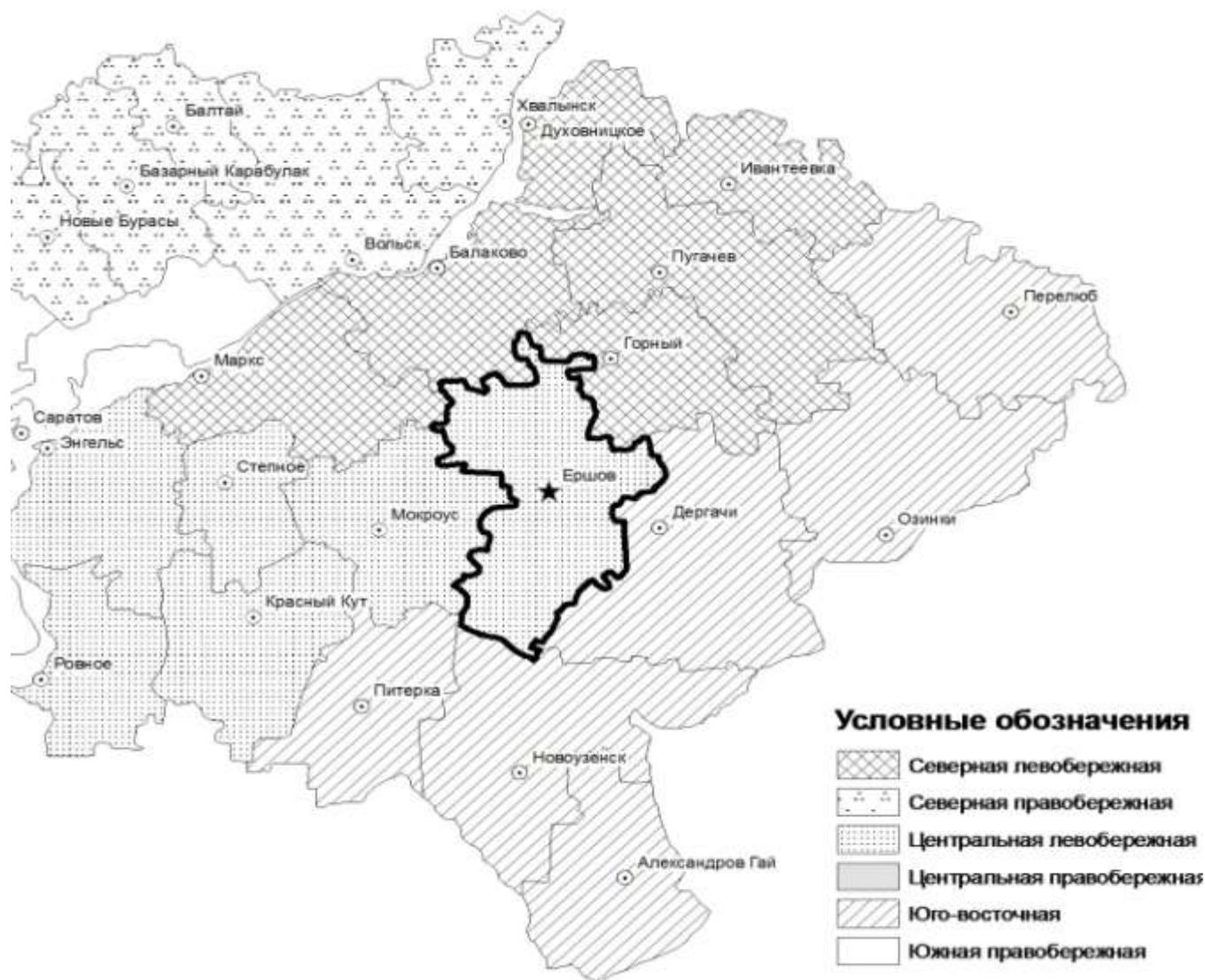


Рисунок 2.2 – Ершовский район и микрозональное деление Саратовского Заволжья

Типичность района определялась по таким показателям, как:

- основные орошаемые почвенные разности,
- рельеф,
- площади и направление использования поливных сельскохозяйственных угодий,
- мелиоративное состояние орошаемых земель,
- техника полива,
- климат.

Большая доля поливных земель района расположена на типичных для Сухостепного Заволжья темно-каштановых почвах, и составляет 210,5 тыс. га или 49,9% от общей площади земель района.

Климат района типичен для сухостепного Заволжья. За счет того что район расположен в центральной микроне, он обладает более благоприятными показателями чем в юго-восточных районах области и, вместе с этим, более засушлив в сравнении с районами расположенными вблизи р. Волга.

Рельеф типичен для левобережного Заволжья ввиду расположения района на Сыртовой равнине, вполне пригодной для возделывания больших площадей сельскохозяйственных культур.

Площадь орошаемых угодий района составляет среднее значение по сравнению с другими районами левобережной части Саратовской области и, одновременно с этим, она самая большая среди всех не приволжских районов области – таблица 2.1

Таблица 2.1 - Площади и состояние орошаемых земель по районам Саратовской области

Район	Площадь орошаемых земель на балансе, га	Мелиоративное состояние					
		хорошее		удовлетворительное		Не удовлетворительное	
		га	%	га	%	га	%
Ершовский	20819	18129	87,1	1717	8,2	1437	6,9
Марковский	45200	36466	80,7	7555	16,7	1179	2,6
Энгельский	38148	34774	91,2	2369	6,2	1040	2,7
Балаковский	29107	24046	82,6	2508	8,6	2618	9
Духовницкий	19311	17432	90,3	454	2,4	381	2
Краснокутский	13547	8600	63,5	2672	19,7	2275	16,8
Ровенский	13409	10101	75,3	1781	13,3	1482	11,1
Советский	13018	11774	90,4	686	5,3	558	4,3
Краснопартизанский	10630	8160	76,8	4723	44,4	2455	23,1
Новоузенский	9758	790	8,1	4696	48,1	4342	44,5
Пугачевский	5530	3782	68,4	1229	22,2	408	7,4
Федоровский	4858	3991	82,2	604	12,4	263	5,4
Питерский	4482	2458	54,8	1578	35,2	0	0
Дергачевский	4055	1685	41,6	547	13,5	1823	45
Алгайский	2677	67	2,5	0	0	2554	95,4
Воскресенский	1786	1422	79,6	253	14,2	111	6,2
Ивантеевский	1266	578	45,7	377	29,8	311	24,6
Перелюбский	942	535	56,8	242	25,7	0	0
Озинский	875	175	20	253	28,9	0	0
Романовский	442	442	100	0	0	0	0

Согласно приведенным данным таблицы 2.1, мелиоративное состояние орошаемых угодий в большей степени оценивается как хорошее - 87,1% но также как и в соседних районах, на ряду с угодьями, в удовлетворительном состоянии присутствует небольшая доля, 6,9% - в неудовлетворительном. Как правило, это сильно засоленные земли или земли в комплексе с солонцами.

По направлению использования поливных сельскохозяйственных угодий в районе развито возделывание зерновых культур, кормовых и овощных.

Техника полива преимущественно дождевание, с использованием дождевальных машин «Волжанка» и «Фрегат», но в последнее время появились и активно внедряются в овощных севооборотах современные системы капельного орошения.

2.1.2 Сельскохозяйственные угодья Ершовского района Саратовской области

В Ершовском районе имеется:

- 62 крестьянско-фермерских хозяйства (КФХ),
- 16 сельскохозяйственных предприятий (СХП) в том числе опытная станция орошаемого земледелия НИИСХ Юго-востока,
- 1 подсобное хозяйство,
- 3 сельскохозяйственных потребительских кооператива (СПК).

Общая площадь района 4,3 тыс. кв.км. Около 75% земельного фонда района составляют сельскохозяйственные угодья – таблица 2.2, рисунок 2.3. Большая доля в них пашни 300 тыс. га (75,7%), что является одним из показателей высокой интенсификации земледелия района. Следует отметить, что в пашню вовлечены почвы с различным уровнем плодородия.

Таблица 2.2 - Распределение площадей земельных угодий по видам

Вид угодий	Площадь, тыс. га	Доля земельного фонда, %
Пашня	300,00	75%
Пастбища	83,00	
Сенокосы заливные	0,230	
Сенокосы суходольные	0,780	
Прочие земли	47,4	25%

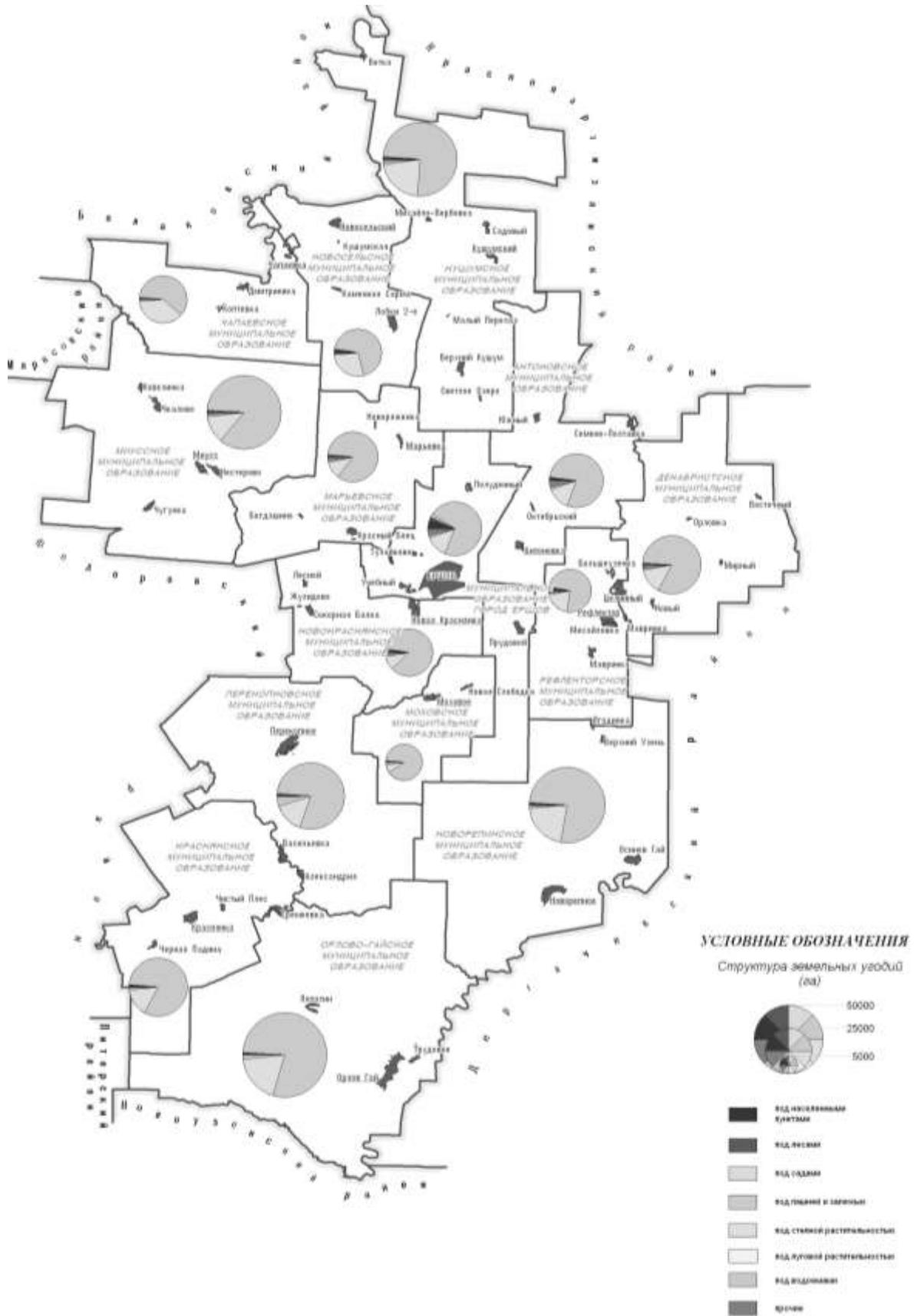


Рисунок 2.3 – Структура распределения земельных угодий Ершовского района Саратовской области

Под пастбищами занято 83 тыс. га, или 18% от площади земель района. Это главным образом участки, расположенные по балкам и прибалочным склонам, на солонцовых комплексах, использование их в пашне или невозможно, или нецелесообразно.

Сенокосы занимают 1023 га, что составляет 0,25% от общей площади земель района, из них 235 га - заливных, расположенных в поймах рек и 788 га – суходольных.

Район зернового направления с развитым животноводством, ведущая отрасль в хозяйствах района растениеводство, в отрасли животноводства развито мясное скотоводство, овцеводство, птицеводство, производство молока.

2.1.3 Орошение земель в Ершовском районе Саратовской области

В 1932 г. вблизи города Ершов был создан опорный пункт (в последствии его преобразуют в опытную станцию орошаемого земледелия 1967 г.) с целью разработки режимов орошения сельскохозяйственных культур и агротехнических приемов. Инициатором создания стал академик Н.М. Тулайков. После проведения исследований, стало ясно, что в районах недостаточного увлажнения (сухих степей с характерным для сыртового Заволжья континентально-засушливым климатом) в засушливые годы эффективность орошения выше, а урожайность повышается в 5 раз и более за счет применения поливов.

Все это послужило обоснованием для принятия важного решения (май 1966 г.) о расширении орошаемых земель в Поволжье. Был запущен в эксплуатацию Саратовский оросительно-обводнительный канал, и введены новые орошаемые площади (37 тыс. га в Ершовском районе на конец восьмидесятых годов двадцатого века) с дождевальными машинами типа «Фрегат» и «Волжанка».

На 2013 г. в районе осталось 20,8 тыс. га орошаемых земель на балансе, из них реально эксплуатируется 1733 га – таблица 2.3.

Таблица 2.3 - Хозяйства Ершовского района Саратовской области, проводившие поливы в 2013 г.

№	Наименование хозяйства	Площадь под орошением, га
1	Колхоз им. 18 Партсъезда	329
2	ОАО МТС «Ершовская»	619
3	ИП глава КФХ Гришанов А.Е.	5
4	ИП глава КФХ Ким В.Г.	70
5	ИП глава КФХ Ли А.А.	65
6	ИП глава КФХ Ли А.А.	150
7	ИП глава КФХ Ким Д.А.	360
8	ИП глава КФХ Когай В.В.	60
9	ИП глава КФХ Осин	40
10	СПК Невский	5
11	СПК Овощи круглый год	30
	Итого:	1733

Ершовский район Саратовской области активно задействован в региональной программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Саратовской области на 2014-2020 гг.». Планируемые площади по введению, восстановлению и реконструкции орошаемых участков приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Планируемые площади по введению, восстановлению и реконструкции орошаемых участков по Ершовскому району Саратовской области до 2020 г.

Наименование хозяйства	№ насосной станции	Площадь восстановления, га	Рекомендация
ОАО «МТС «Ершовская»	32	300	реконструкция
	32	400	восстановление
	33	398	реконструкция
	46	960	восстановление
	47	550	восстановление
ЗАО «Декабрист»	38	700	восстановление
	37		реконструкция
	38		реконструкция
	39	700	восстановление

Продолжение таблицы 2.4

Наименование хозяйства	№ насосной станции	Площадь восстановления, га	Рекомендация
СПК им. Энгельса	31	800	восстановление
К-з «Моховской»		600	введение
ГНУ Ершовская ОСОЗ	ОПС	410	реконструкция
К-з «Марьевка»	СНП	60	реконструкция
СПК «Овощи круглый год»	СНП	20	введение
ИП глава КФХ Гришанов А.Е.	СНП	100	введение
ИП глава КФХ Ким Д.А.	18,18А	600	введение
ИП глава КФХ Ким В.Г.	СНП	500	введение
ИП глава КФХ Ли В.А.	17	100	введение
	СНП	200	введение
ИП глава КФХ Когай В.В.	СНП	200	введение
ИП глава КФХ Осин О.В.	СНП	10	введение
КФХ «Водолей»	СНП	10	введение
Итого по хозяйствам:		7618	

Важно сейчас не повторить ошибок прошлого века при строительстве, восстановлении и реконструкции ирригационных систем, а так же значительно повысить научную обоснованность принимаемых решений в мелиоративной отрасли.

2.2 Природные условия

2.2.1. Климат

Климат Ершовского района Саратовской области отличается резкой континентальностью, возрастающей с севера на юг. Высокая континентальность проявляется в значительных колебаниях температуры дня и ночи, зимы и лета, в быстром переходе от зимы к лету при кратком весеннем периоде – рисунок 2.4. Весна характерна как интенсивным таянием снегов, так и типичным для весны возвратом холодов.

Характерными чертами климата является неустойчивость и дефицит осадков, большая сухость воздуха и почвы, интенсивность испарений и обилие солнечной радиации в течение всего вегетативного периода – таблица 2.4.

Средняя годовая температура воздуха составляет 4,8°C. Самый холодный месяц - январь, со средними месячными температурами минус 13,2°C, самый теп-

лый месяц - июль, со средними температурами 22,5°С.

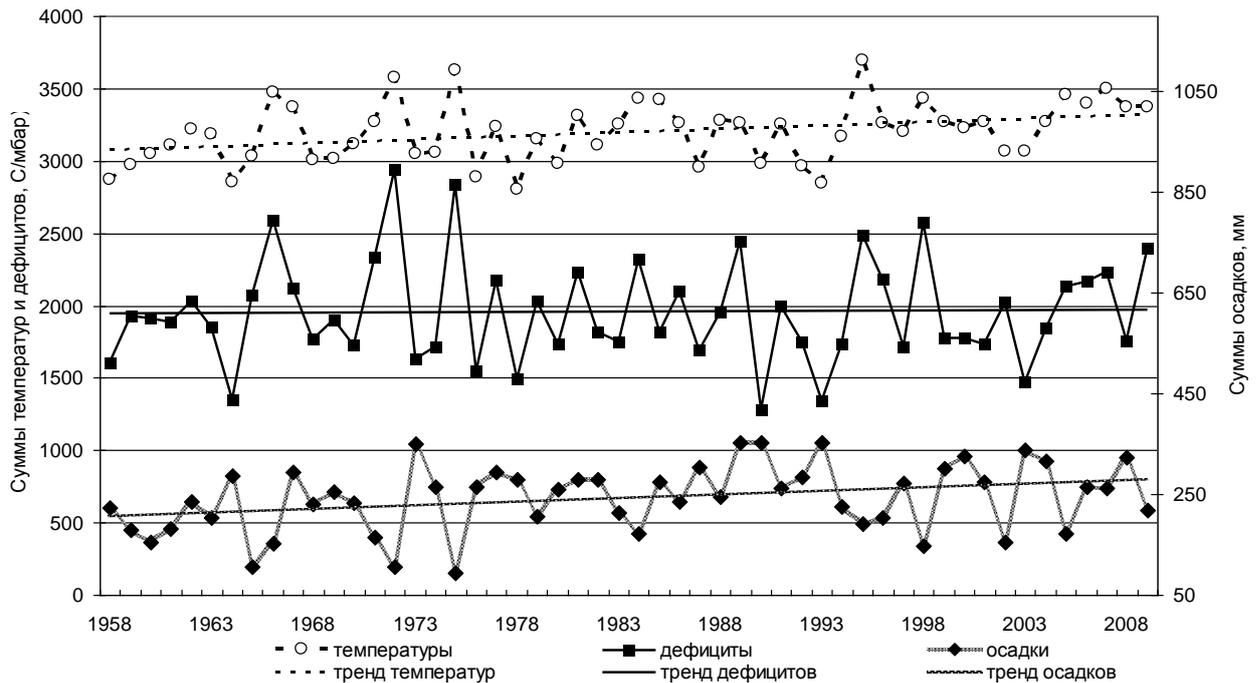


Рисунок 2.4 – Суммы среднесуточных температур и дефицитов влажности воздуха, а также осадков теплого времени года по метеостанции Ершов за 1958–2012 гг.

Таблица 2.4 - Климатические показатели теплого периода года (апрель-октябрь) по метеостанции Ершов за 1958-2012 гг.

Показатель	Значение		
	минимальное	максимальное	среднее
Сумма среднесуточных температур, °С	2804	3692	3197
Сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мбар	1284	2935	1955
Сумма осадков, мм	94	353,4	242

Абсолютный максимум достигает 42°С, абсолютный минимум минус 41°С. Переход средней суточной температуры через 0°С обычно наблюдается весной 1-5 апреля, осенью 5-7 ноября. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 140-160 дней, вегетационного периода, с температурой воздуха выше 10°С, 153-162 дня. Последние весенние заморозки заканчиваются в конце апреля - начале мая, а первые осенние заморозки начинаются в конце сентября.

В течение года осадки распределяются неравномерно. Норма годовой суммы осадков составляет 398 мм. Основное их количество (60-70%) приходится на теплый период (март-октябрь). Несмотря на то, что летние осадки превышают

зимние, на сток реки они не оказывают влияния, так как, все они расходуются на испарение, которое значительно выше осадков. Месячный максимум осадков наблюдается в декабре, минимум - в апреле.

Испарения наибольших значений достигают в летние месяцы. С понижением температуры и дефицита влажности воздуха испарение уменьшается. Суммы годового испарения с открытой водной поверхности составляют 850 мм. Внутригодовое распределение величины испарений различной обеспеченности приведено в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - Испарение с открытой водной поверхности для лет различной обеспеченности по данным за 1958-2012 гг., мм

Обеспеченность	Месяц								Год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
15%	59	138	197	206	188	118	59	80	985
25%	56	131	187	196	177	112	56	19	934
50%	51	119	170	178	162	102	51	17	850

Из общего годового количества осадков в твердом виде выпадает в среднем 36%. Средняя дата появления снежного покрова приходится на первую декаду ноября. Устойчивый снежный покров образуется через 28-30 дней после выпадения первого снега. Средняя высота снежного покрова на защищенных от ветра местах 50-70 см, на открытых местах 25-30 см. Максимальная высота снежного покрова обычно наблюдается в третьей декаде февраля - первой второй декаде марта.

Движение воздушных масс определяется по сезонам года ветрами следующих направлений:

весной - восточными и северо-восточными;

летом - северными и северо-западными;

осенью - восточными и юго-восточными.

Среднегодовая скорость ветра составляет 4,8 м/с. Максимальная скорость ветра 4% обеспеченности изменяется от 26,4 м/с до 32,6 м/с. Средняя из максимальных за многолетний период - 22,0-25,3 м/с.

2.2.2 Рельеф

Согласно геоморфологическому районированию Саратовской области Ершовский район Саратовской области расположен на Нижней южной Сыртовой равнине. Сыртовая равнина здесь имеет выровненную поверхность, слаборасчлененную сетью речных долин, оврагов и балок.

Южная Сыртовая равнина на территории района пересекается речными долинами на ряд крупных водоразделов, имеющих направление с севера на юг, параллельно течению Волги, Большого и Малого Узень и частично с юга на север, параллельно течению левых притоков Большого Иргиза.

Северная часть района располагается на водоразделе Большой Иргиз-Кушум, центральная - на Узень-Иргизском водоразделе, южная - на водоразделе Большой и Малый Узени. Эти водоразделы (сырты) придают поверхности северной части района полого-волнистый вид. Высота местности на большей части территории колеблется в пределах 80-90 м, наиболее высокие отметки (до 115 м) наблюдаются на обширном Узень-Иргизском плато.

Реки, овраги и балки представляют систему, разделяющую главные водоразделы на небольшие - II и III порядка. Центральные водоразделы расчленены здесь в меньшей степени.

Водоразделы II порядка направлены по разному, даже по широте. Широтное направление водоразделов обладают покатыми южными склонами и пологими северными, а сам водораздел обычно ближе к южному склону. Водоразделы меридионального направления не находят явного различия в крутизне восточных и западных склонов.

Основные водоразделы имеют однотипное строение. Водораздел рек Большой Иргиз – Большой Кушум – Большой Узень имеет широкое равнинное, местами слабоволнистое, плато и длинные пологие склоны, которые балками и оврагами расчленяются на ряд второстепенных водоразделов с узкими равнинными и слабоволнистыми плато. Склоны их длинные, слабологие или пологие с уклоном 1-3°, рассечены потяжинами и ложбинами. Нижняя часть склонов силь-

нее рассечена промоинами, в средней части склоны иногда приобретают покатость (перегибы с уклоном 3-5°).

Сыртовая часть от долины реки Большой Иргиз отделяется пологим склоном северной и северо-западной экспозиций.

Водораздел рек Еруслан и Малый Узень представлен склоном юго-восточной экспозиции к реке Малый Узень, который балками рассекается на второстепенные водоразделы. Водоразделы эти имеют однообразное строение, плато водоразделов представлено и неширокими слабоволнистыми равнинами извилистой формы. Склоны большей частью длинные пологие, в средней части покатые. Склоны южной экспозиции более короткие в верхней части они пологие, в средней - покатые и слабопокатые, рассеченные потяжинами, лощинами и промоинами, нижние части склонов - пологие, слабо рассеченные потяжинами, постепенно переходящие в надпойменную террасу реки Малый Узень.

Южная половина района располагается на водоразделе рек Большой и Малый Узень, имеющем юго-западное направление. Плато водораздела представляет собой довольно широкую равнину (0,5-2 км), постепенно сливающуюся с плато межбалочных водоразделов. Склоны основного водораздела восточной, юго-восточной, западной и северо-западной экспозиций овражно-балочной сетью расчленяются на многочисленные второстепенные водоразделы (увалы), имеющие однотипное строение, аналогичное вышеописанным.

Склоны основного водораздела постепенно, а местами коротким уступом переходят в надпойменные террасы рек Большой и Малый Узень.

Территория на восток от Большого Узеня располагается на водоразделе рек Большой Узень - Алтата, имеющем строение, аналогичное вышеописанным.

Микрорельеф в районе на водоразделах представляет небольшие разной формы маловыраженные повышения и понижения, а на склонах - массой лощин и потяжин.

Долины рек протекающие в районе сами по себе хорошо разработанные. Большой Иргиз – долина представляет две надпойменные террасы и одну пойменную террасу. Ширина надпойменной террасы до 8 км - плоская широкая рав-

нина с понижениями, микрорельеф в виде блюдец и лощин. С увеличением понижения терраса рассекается множеством глубоких оврагов. Первая надпойменная плавно переходит во вторую террасу, ее ширина 2 км, имеет более выраженный наклон к реке, за счет балок сыртовых склонов на террасе распространены широкие понижения по сути являющимися их продолжениями.

Большой Иргиз так же представлен Пойменной террасой и надпойменной разделенные четким уступом. В ширину разнится от 300 м. до 1 км. Поверхность поймы слабоволнистая с массой мелких понижений.

Аналогичное строение имеют долины рек Большой и Малый Узень. Первая надпойменная терраса развита хорошо, но неравномерно по сторонам русла, так как русло реки прижимается то к правому, то к левому водоразделу. В прирусловой части эта терраса чаще круто обрывается непосредственно к руслу реки, а с противоположной стороны прерывистым уступом переходит во вторую террасу. Поверхность ее ровная, но эта равнина имеет ясно выраженный микрорельеф, состоящий из невысоких увальчиков (по-видимому, старые гривы), блюден, падин и бугорков, вторая терраса не везде прослеживается так ясно, как первая, она часто теряется в склонах сыртов.

Пойменная терраса рек Большой и Малый Узень развита незначительно в излучинах реки, ширина ее 200-300 м. Поверхность ее слабоволнистая с заметно выраженными элементами микрорельефа - блюдцеобразными понижениями.

Долина реки Миусс также хорошо развита, имеет такое же строение, что и долины вышеописанных рек.

Овражно-балочной сетью территория района рассечена слабо.

Вершины балок в виде веера с расходящимися потяжинами, трансформирующимися в плоские широкие понижения большой протяженности. Тальвег водотока формируется от пологих понижений, далее на склоне переходит в лощины большой глубины с размывами по дну, а затем в балки. Балки, зачастую, мелкие, широким и покатым днищем, скаты и днища хорошо задернованы.

Овраги плохо задернованы обладают покатым, иногда крутым местами голыми скатами, днища их размывы донными водотоками.

Расчлененность территории района, преобладание склонов как элементов рельефа, обусловили значительное развитие водной эрозии, преимущественно слабой степени.

Рельеф местности оказал влияние на формирование почвенного покрова района: на широких плато водоразделов сформировались черноземы южные и темно-каштановые и каштановые среднетощные почвы на более узкие плато и верхних слабопологих частях склонов - маломощные, на пологих слабоволнистых склонах - слабо смытые разновидности, на выпуклых покатых частях склонов - среднесмытые разновидности. На первой надпойменной террасе рек образовались террасовые почвы, наличие здесь ясно выраженного микрорельефа обусловило значительную комплексность почвенного покрова (с образованием солонцов и лугово-каштановых почв). В пойме сформировались пойменные луговые дерновые почвы.

Механизированная обработка почвы и посевов возможна повсеместно на всей территории района, за незначительным исключением некоторых участков вдоль оврагов, рассеченных промоинами и отвертками оврагов.

2.2.3 Гидрология и гидрография

Гидрография района представляет сеть сильно связанную с рельефом местности.

За счет речной и овражно-балочной сети, небольшого уклона обеспечивается сток и дренаж территории района.

В Ершовском районе Саратовской области выделяются бассейны Волгоградского водохранилища и рек Малый и Большой Узень – рисунок 2.5. Гидрографическая сеть на территории района представлена реками Большой и Малый Узень, Миусс, Большой Кушум, Большой Иргиз, Алтата а так же овражно-балочная система, впадающих в них.

Большой Узень протекает на востоке района в юго-западном направлении, протяженность ее на территории района около 100 км. Малый Узень течет параллельно Большому Узеню в юго-западной части территории района. Реки имеют

слабоизвилистые русла, обрывистые берега. Ширина реки Большой Узень 30-50 м, реки Малый Узень несколько меньше, глубина от одного до трех метров.

Как такового течения рек не было до момента пуска Саратовского оросительного обводнительного канала, летом время вода оставалась только в плесах. С момента пуска канала и теперь в обе реки подается вода из Волги, за счет этого они стали полноводны. Река Малый Узень не обладает притоками, а в Большой Узень впадает река Алтата с левой стороны, на территорию района Алтата заходит только устьем. Минерализация воды в реках слабая, пригодна для орошения, водопоя скота и прочих нужд.



Рисунок 2.5 – Деление Ершовского района Саратовской области на речные бассейны

Река Иргиз протекает по северной границе территории района, протяженность ее незначительная. Русло ее извилистое, глубокое, с крутыми, местами обрывистыми берегами. Река имеет постоянное течение. Долина реки хорошо раз-

работана, пойма периодически краткочесная, срок стояния полых вод до 7 дней. Вода в реке пресная, пригодная для хозяйственных нужд.

Приток реки Большой Иргиз – Большой Кушум - служит северо-западной границей района, затем поворачивает на восток-юго-восток. Ее русло глубоко врежется в породу широкой равнины, которая незаметно сливается с пологими склонами водоразделов. В отличие от других рек района река Большой Кушум не имеет ясно очерченных элементов форм долины. Постоянного течения река не имеет, в летнее время мелеет, местами пересыхает, вода остается только в плесах. Река Миусс - приток Большого Кушума - обладает извилистым руслом с обрывистыми, и реже обнаженными берегами, прерывистый водоток. Вода в реке минерализована.

За счет наличия в районе оврагов, балок, лощин, промоины в весенний период обеспечивают пропуск значительного количества талых вод, летом и осенью они безводны, зачастую балки обустроены под пруды, которые, как и реки, важны в качестве источников воды в хозяйствах района. Прудовая вода применяется практически в любых нуждах: для водопоя скота, для ирригации малых участков, для рыбозаведения. Что бы улучшить обеспечение водой хозяйств района особенно отдаленных необходимо строить новые пруды, поддерживать состояние имеющихся, обеспечивать меры борьбы с их заиливанием.

Как и ряд левобережных районов Саратовской области, Ершовский район относится к зоне рискованного земледелия. В засушливые годы валовое производство зерна и кормов часто падает в 4-5 раз по сравнению с благоприятными. В сухостепной зоне, только при поливе возможно возделывание целого ряда культур, что послужило широкому развитию орошения в районе.

Среднегодовой объем стока реки Большой Узень при 50%-й обеспеченности составляет 352 млн. куб.м. Для орошаемого земледелия хозяйственных нужд центральной и западной части района этого не достаточно.

Важнейшим источником воды для нужд орошения Ершовского района стал Саратовский оросительно-обводнительный канал, вода в который поступает из реки Волга.

Глубина залегания грунтовых вод тесно связана с геоморфологическими элементами рельефа. На возвышенных плато грунтовые воды залегают на глубине 15-25 м и ниже, на склонах - 10-15 м. На надпойменных террасах рек глубина залегания грунтовых вод колеблется от 4 до 10 м, на пойменной террасе и по днищам балок и оврагов - 3-5 м.

Глубина залегания грунтовых вод и их состав солей влияют на формирование почвенного покрова. В местах водоразделов, где грунтовые воды залегают глубже, на почвообразование влияния от них нет. Надпойменные террасы обладают грунтовыми водами с разной степенью минерализации, это повлияло на формирование солонцов и солонцеватых почв. Повышение уровня грунтовых вод в разных понижениях на террасах рек, обусловило появление лугово-болотных и иловато-болотных почв.

2.2.4 Растительность

Согласно геоботаническому делению области Ершовский район Саратовской области располагается в степной зоне, в подзоне типчаково-ковыльно-ромашниковых южных сухих степей.

Для целинного растительного покрова характерно господство в травостое узколистных древовидных злаков (ковыль, типчак, мятлик луковичный), не дающих большой растительной массы. Травянистая растительность естественная для района сохранилась на пологих и покатых нижних частях склонов вдоль оврагов и балок, на надпойменных и пойменных террасах, по балкам.

В зависимости от рельефа местности меняется и характер растительности так же он зависит и от условий увлажнения. В связи с этим на территории района можно выделить следующие типы кормовых угодий:

- 1.суходольные пастбища,
- 2.суходольные сенокосы,
- 3.пойменные сенокосы.

В основном пастбища сформированы на пологих и покатых, зачастую нижних, частях склонов на темно-каштановых и каштановых слабо- и среднесмы-

тых почвах Увлажнение здесь недостаточное поэтому и покров развивается с преобладающими группировками полынно-типчаковых, типчаково-ковыльно-полынных, типчаково-полынных. На половине северной части района на темно-каштановых почвах в растительном покрове в основном преобладают злаки до 70%: ковыль, типчак, встречается житняк, реже - тонконог, острец. Разнотравье довольно скудное по видовому составу, а так же и по количеству растений: синеголовник, ромашник, прутняк, в понижениях – шалфей, тысячелистник, подмаренник. До 10-20% травостоя составляют полыни (полынок, полынь белая, местами черная полынь). Травостой не образует сплошной дернины: проективное покрытие составляет 50-60%, иногда до 70%. Продуктивность таких пастбищ 5-6 ц/га зеленой массы.

В южной половине района на каштановых смытых почвах пастбища представлены типчаково-полынной группировкой. 50-60% травостоя здесь занимают полыни (полынок, белая и черная полыни). Из злаков преобладает типчак, встречаются ковыль, острец, житняк; из разнотравья - тысячелистник, ромашник, эбелек. Проективное покрытие - 30-50%, урожайность 2-4 ц/га зеленой массы.

Из-за чрезмерного выпаса скота на некоторых участках растительность сильно сбита. Представлена полынно-ромашниковой группировкой (ромашник, полынь черная, полынок, эбелек, рогоголовник). Проективное покрытие на таких участках не более 20%, средняя высота травостоя 8 см, урожайность 1-1,5 ц/га.

На надпойменных террасах развит микрорельеф, растительность пастбищ здесь представлена комплексными группировками. На темнокаштановых террасовых почвах господствуют полынно-типчаковая группировка (типчак - 50%, полынок - 30%, разнотравье - лапчатка, тысячелистник, чабрец - 20%), проективное покрытие - 50-60%, высота травостоя 15-20 см, продуктивность пастбищ - 4-5 ц/га. На каштановых террасовых, в большей части солонцеватых почвах пастбища представлены злаково-полынной группировкой. Ведущие представители полыней - полынок, полынь белая, злаков - типчак, острец, житняк, мятлик луковичный, разнотравья - лапчатка, тысячелистник, смолевка. Проективное покрытие - 30-40%, урожайность 3-5 ц/га зеленой массы.

Там где солонцовые пятна, растительный покров сильно изрежен, произрастают виды, способные к произрастанию на засоленных почвах - полынь черная, полынок, кермек, канфоросма. Проективное покрытие - 20-30%, урожайность 0,5-1,0 ц/га зеленой массы.

В микропонижениях на надпойменных террасах на лугово-каштановых почвах растительный покров гораздо обильнее. Преобладает полынно-разнотравно-злаковая группировка, где преобладают злаки (житняк, острец, ковыль, мятлик), более разнообразно разнотравье (тысячелистник, дымянка, лапчатка), встречаются бобовые (люцерна желтая, лядвенец рогатый). Участие кермека, рогача, полынка незначительно. Проективное покрытие травостоя в понижениях 60-70%, урожайность - 7-8 ц/га зеленой массы.

В условиях дополнительного увлажнения по днищам балок растительность пастбищ представлена злаково-разнотравной группировкой, где распространены мятлик луговой, острец, пырей, более богатое разнотравье: тысячелистник, синеголовник, шалфей, пижма, чабрец, кульбаба с примесью бобовых (донник, люцерна). Проективное покрытие 60-70%, урожайность зеленой массы 7-8 ц/га.

В травостое 60% составляют злаки (овсяница луговая, костер безостый, пырей ползучий, лисохвост луговой 30% - разнотравье, которое очень разнообразно: синеголовник, кровохлебка, василистник, козлородник, льнянка, скабиоза желтая, подмаренник, зопник, цикорий; участие бобовых не превышает 10% (люцерна желтая, чина луговая). Встречается сорняк сенокосов - щавель конский. Урожайность заливных сенокосов -10-15 ц/га сухой массы.

Если оценивать поля хозяйств района на засоренность, то она колеблется от сильной до слабой. В основном сорные травы представлены многолетниками. Самые опасные из них корнеотпрысковые: молокан татарский, осот полевой, вьюнок полевой, молочай лозный, осот желтый, пырей ползучи. Из многолетников распространены раннеяровые (овсюг, дикая редька) и позднеяровые (мышей, лебеда, щирица, гречишка вьюнковая).

В районе отсутствуют лесные массивы. Деревья произрастают в местах устройства лесополос защищающие поля от ветров, состоят они из вяза мелколистного, акации, лоха, клена татарского, терна, смородины, а также насаждениями из ветлы, тополя, дуба по балкам и оврагам.

2.2.5. Почвы и почвообразующие породы

Почвенный покров тесно связан с геологией района и характером почвообразующих пород. Практически весь район покрыт четвертичными отложениями - сырцовыми глинами и тяжелыми суглинками и их делювием.

Сырцовые отложения подстилаются кварцевыми песками и темноцветными глинами акчагыла. Сырцовые отложения и их делювий, складывают водораздельные пространства района. Долины рек покрыты осадками хвалынской трансгрессии - в верхних горизонтах глинистыми и суглинистыми, к низу – песчаными, а также песчанно-глинистым нерасчлененным комплексом каспийских осадков.

Район представлен – рисунок 2.6 следующими почвообразующими породами:

- 1.сырцовые глины и тяжелые суглинки,
- 2.делювиальные глины и тяжелые суглинки,
- 3.делювиальные средние и легкие суглинки,
4. пески и супеси,
- 5.элювий известняка,
- 6.аллювиально делювиальные тяжелые и средние суглинки.
- 7.аллювиальные тяжелые и средние, суглинки.

Водораздельные плато слагаются сырцовыми отложениями. По цвету они коричневато-желтые, плотное сложение, во влажном состоянии - бесструктурны, при высыхании распадаются на плоско-комковатые отдельности. В данных породах содержатся значительное количество карбонатов кальция представленного крупными пятнами и нередко конкреций, в них также отмечается наличие гипса, и легкорастворимых солей.

менее 0,001 мм) от 26,4 до 33,7% в тяжелых суглинках и 35,6-41,5% - в сыртовых глинах. Высокое содержание "тонкой" илистой фракции обуславливает высокую связность, пластичность и набухаемость описываемых пород, высокую водоудерживающую способность и низкую водопроницаемость.

Сыртовые отложения характеризуются засоленностью. Верхние слои этой породы (100-150 см) характеризуются содовым засолением слабой, средней и сильной степени (содержание карбонат ионов 0,002-0,016%). С глубины 150-160 см в породе в значительных количествах содержатся хлориды (0,027-0,064%) и сульфаты (0,376-0,897%).

При низком уровне грунтовых вод засоленность породы на такой глубине не оказала влияние на формирование почв – на них сформировались темнокаштановые и каштановые почвы несолонцеватые и не засоленные.

На нешироких плато водоразделов и их склонах сыртовые отложения перекрыты делювиальными отложениями, которые отличаются от вышеописанных более светлой окраской, меньшим уплотнением, в остальном они близки к сыртовым отложениям.

По механическому составу делювиальные отложения, преимущественно тяжелосуглинистые, но встречаются глинистые, а редко - средне- и легкосуглинистые. Средние и легкие суглинки имеют еще более рыхлое сложение, бесструктурные.

Наиболее распространенные делювиальные тяжелые суглинки содержат от 49,6 до 59,6% частиц физической глины, делювиальные глины - 60,5-73,0%. В механическом составе делювиальных средних суглинков количество глинистых частиц составляет 40,5%, в легких суглинках - 20-30%. Соотношение механических фракций и обусловленные им водно-физические свойства делювиальных глин и тяжелых суглинков аналогичны гартовым отложениям, в средних и особенно легких суглинках преобладают более крупные частицы (мелкий песок, крупная пыль), поэтому эти породы более рыхлые, обладают меньшей водоудерживающей способностью, но большей водопроницаемостью.

Делювиальные отложения тяжелого механического состава еще более засолены, чем сырцовые отложения. Глубина и тип засоления неодинаковы. В северной части района, где осадков выпадает больше, промытость больше, засоление породы отмечается на глубине 140-150, 170-180 см, редко с 120-130 см. Засоление преимущественно хлоридно-сульфатное ($Cl - 0,02-0,07\%$ $SO_4^{II} - 0,20-1,07\%$), хлоридное ($Cl - 0,228\%$), редко содовое. Степень засоления преимущественно сильная. На этих породах сформировались темнокаштановые слабосмытые и среднесмытые почвы. В южной половине района, где сформировались каштановые смытые почвы, делювиальные отложения с глубины 120-130 см характеризуются преимущественно содовым засолением ($CO_3 - 0,010-0,017\%$).

По нижним частям склонов, а также в микропонижениях на водоразделах породы засолены с глубины 80-80 см, засоление преимущественно хлоридно-сульфатное ($Cl - 0,2\%$, $SO_4^{II} - 0,8-1,1\%$), степень - сильная. На них сформировались солонцеватые и солончаковатые разновидности почв и солонцы каштановые.

Делювиальные средние и легкие суглинки промыты от вредных воднорастворимых солей. На них сформировались среднесуглинистые и легкосуглинистые разновидности темно-каштановых почв.

Акчагыльские пески и супеси в качестве почвообразующих пород выклиниваются в нижней части пологого слабоволнистого склона на территории колхоза Имени XVIII Партсъезда и занимают очень небольшую площадь. Они имеют светло-желтую окраску, бесструктурные, рыхлые, содержат менее 10% частиц физической глины. На них сформировались темнокаштановые слабосмытые супесчаные почвы.

Выклинивание глинистого щебенчато-каменистого элювия известняка приурочено к увалистым повышениям на надпойменной террасе реки Кушум и склонах водоразделов (колхоз Имени XVIII Партсъезда). Распространение его незначительное. На элювии известняка сформировались темнокаштановые неполноразвитые почвы.

Надпойменные террасы речных долин слагаются древними аллювиально-делювиальными отложениями. Аллювиально-делювиальные отложения отлича-

ются от делювиальных более рыхлой слаженностью и по цвету светлее. Они характеризуются равномерной темно-желтой окраской, средним уплотнением, бесструктурностью.

По механическому составу они тяжело- и средне суглинистые. Тяжелые суглинки содержат глинистых частиц 47,1-59,6%, из них на долю илистой фракции приходится 27,3-37,2%; в средних суглинках физической глины содержится 41,5-45,0%, илистой фракции – 21,9-26,7%, поэтому средние суглинки менее плотные, более водопроницаемые.

Аллювиально-делювиальные отложения на различной глубине и в разной степени засолены. Засоление хлоридно-сульфатное, реже - сульфатно-хлоридно-сульфатное, реже - сульфатно-хлоридное, еще реже – содовое. Степень засоления в большинстве своем сильная (плотный остаток 0,8-2,3%, Cl - 0,1-0,3%, SO₄¹¹ - 0,5-1,0%), реже средняя (плотный остаток -0,4-0,6%). Максимум скопления солей наблюдается в пределах 1,5-метровой толщи. В зависимости от глубины скопления солей на аллювиально-делювиальных отложениях сформировались темно-каштановые и каштановые террасовые не солонцеватые и солонцеватые почвы и солонцы лугово-каштановые.

Современные аллювиальные отложения - самые молодые породы, составляют основу пойменных террас рек. Сформировались они под влиянием паводковых вод, поэтому характеризуются слоистым сложением, различным механическим составом. Механический состав их тяжелосуглинистый (глубина 80-90 и 110-120 см) и среднесуглинистый (глубина 70-80 см). Тяжелосуглинистый аллювий содержит 51,8-55,4% частиц физической глины, иловатых частиц содержится 27,1-29,5%. Значительный процент составляет фракция крупной пыли (0,05-0,01 мм), количество ее 39,2-42,3%,

Аллювиальные отложения также характеризуются различным засолением. На глубине 70-80 см встречается сильное содовое засоление (CO₃- 0,007%), ниже по профилю (100-110 см) -среднее хлоридно-сульфатное с участием соды (плотный остаток 0,458%, CO₃ - 0,002%, Cl- 0,038%, SO₄¹¹ - 0,2%) или сульфатное (плотный остаток 1,282%, SO₄¹¹ - 0,696%). На этих породах сформировались пой-

менные луговые дерновые, в том числе солонцеватые и солончаковые глинистые, тяжело- и среднесуглинистые почвы.

Засоленность почвообразующих пород на всей территории района обусловила образование большого количества солонцеватых и засоленных каштановых и темно-каштановых почв и солонцов.

Территория района расположена в засушливо-степной зоне. Основная часть территории Ершовского района Саратовской области относится к Восточному засушливому району, который характеризуется континентальным климатом, невысоким увлажнением, небогатой степной растительностью. Все это обусловило формирование почв каштанового типа. В центральной и северной части почвенного района, где увлажнение несколько больше, степная растительность гуще, сформировался подтип темно-каштановых почв, в южной - более засушливой - подтип каштановых почв - рисунок 2.7.

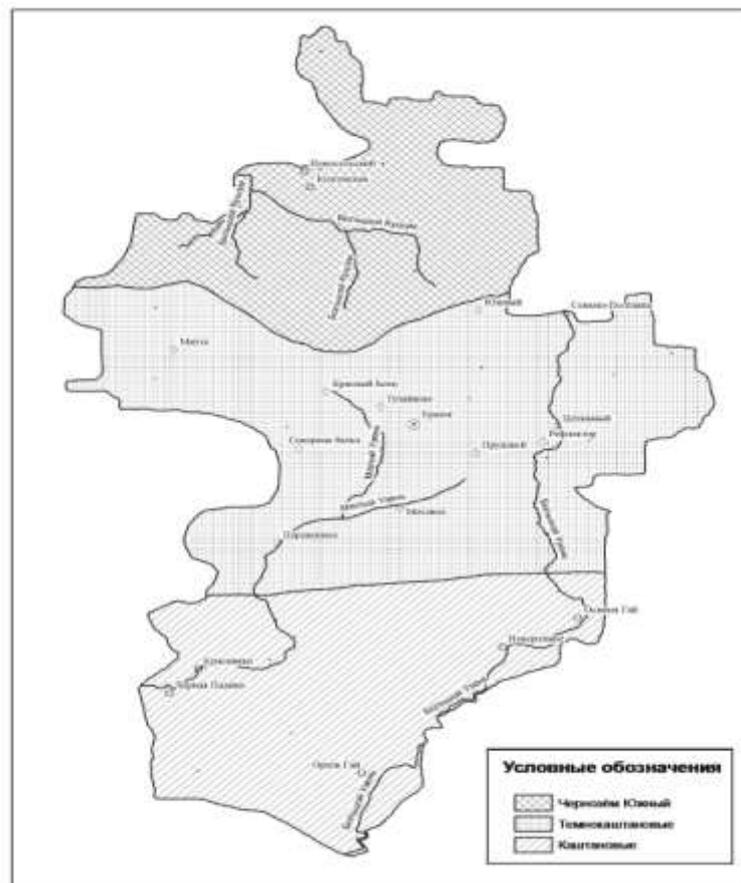


Рисунок 2.7 – Зональные типы почв Ершовского района Саратовской области

Северная оконечность территории района расположена в Северо-Восточном степном районе, где повышенное увлажнение способствовало формированию черноземов южных.

Основными особенностями почвенного покрова района являются: невысокая гумусированность почв, наличие засоленности и солонцеватости, значительная комплексность (чередование почв различных типов).

Геоинформационный анализ результатов почвенного обследования на территории района показал следующее:

- 2967 га от площади земель района, что составляет 0,7 % занимают черноземы южные, они сформировались на водоразделе рек Большой Кушум - Большой Иргиз;
- 210504 га или 49,9% от площади земель района занимают темно-каштановые почвы и их комплексы с солонцами;
- 210504 га, что составляет 49,9% от общей площади земель района занимают Темно-каштановые почвы это северная и центральная половина района. Имеют внекомплексное (175613 га) и комплексное (с солонцами 5-50% - 20437 га, свыше 50% - 14454 га) распространение;
- 176059 га, что составляет 41,8% от общей площади земель района занимают каштановые почвы;
- 6272 га, что составляет 1,5% от площади земель района занимают лугово-каштановые почвы, и в микропонижениях 271 га, или 0,06 % лугово-болотные;
- 2025 га, или 0,4 % от площади земель района занимают пойменные луговые дерновые почвы, пойменные террасы рек;
- 8804 га, или 2,1 % от общей площади района занимают Овражно-балочные комплексы по скатам и днищам балок и оврагам;
- Большое распространение на территории района получили солонцы, встречающиеся в комплексах с другими почвами. Общая площадь солонцовых комплексов 55081 га, что составляет 14,0% от общей площади земель района;

- 238025 га, что составляет 56,4% от площади земель района занимают эродированные почвы, образовались они за счет эрозионных процессов;

- По механическому составу почвы района однородны: глинистых и тяжелосуглинистых почв - 386879 га, или 91,8%, средне суглинистых - 1917 га или 0,5%, легкосуглинистых - 140 га, или 0,03%, супесчаных - 85 га, или 0,02% от общей площади земель района.

Основная зона орошаемых сельскохозяйственных угодий расположена в центральной части района. На данном участке преобладают темно-каштановый тип почв. Темно-каштановые почвы обеспечивают плавный переход от южных черноземов к каштановым почвам. В самой северной части территории района они по химическим, физико-химическим свойствам близки к черноземам южным, по мере же продвижения на юг в них появляется больше признаков каштановых почв.

Почвы каштанового типа формируются под несомкнутой мелкодерновинно-злаковой и полынно-злаковой растительностью, в условиях неустойчивого и недостаточного увлажнения атмосферными осадками. Это обуславливает меньше, чем в черноземах развитие биомассы, меньшее накопление гумуса, меньшую глубину промачивания почвы влагой и выщелачивания солевых продуктов почвообразования.

На территории района выделены следующие разновидности темно-каштановых почв – таблица 2.6, которые в основном обладают благоприятными для орошения водно-физическими свойствами – таблица 2.7.

Наибольшее содержание гумуса отмечается в горизонте А – от 2 до 4,5%, с глубиной его содержание постепенно снижается. Многочисленными почвенными обследованиями установлено (В.Ф. Узун и др., 1973), что мощность гумусового горизонта А составляет для темно-каштановых почв в среднем 25 см, глубина залегания горизонтов В и ВС – от 25 до 78 см, гумусированный слой А+В_г равен 43 см, материнская порода (горизонт С) начинается с 78 см. Темно-каштановые поч-

вы характеризуются высокими валовыми запасами элементов питания сельскохозяйственных культур – калия и фосфора – таблица 2.8.

Таблица 2.6 - Разновидности темно-каштановых почв Ершовского района Саратовской области

№	Разновидность	Площадь	
		га	%
1	Темно-каштановые маломощные	54966	26,1
2	Темно-каштановые среднемощные	2904	1,4
3	Темно-каштановые слабосмытые	100131	47,5
4	Темно-каштановые слабосмытые среднесуглинистые	365	0,17
5	Темно-каштановые слабосмытые легко суглинистые	140	0,06
6	Темно-каштановые слабосмытые супесчаные	85	0,04
7	Темно-каштановые среднесмытые	16903	8,0
8	Темно-каштановые террасовые среднемощные	451	0,21
9	Темно-каштановые террасовые маломощные	12197	5,8
10	Темно-каштановые террасовые солонцеватые	19935	9,4
11	Темно-каштановые неполноразвитые	300	0,07

Таблица 2.7 - Водно-физические свойства темно-каштановых почв Ершовского района Саратовской области

Горизонт	Глубина	Плотность		Максимальная гигроскопичность	Влажность завядания	Наименьшая влагоемкость	Полная влагоемкость
		сложения	твердой фазы				
		см	т/м ³				
A	0-25	1,14	2,64	11,1	16,7	32,7	52,1
B	25-43	1,32	2,64	11,4	17,1	30,3	41,5
BC	43-78	1,47	2,67	11,2	16,8	24,5	34,0
C	>78	1,59	2,68	11,4	17,1	20,9	29,0

Таблица 2.8 - Агрохимические свойства темно-каштановых почв Ершовского района Саратовской области

Показатель	Единица измерения	Генетический горизонт			
		A	B	BC	C
Глубина горизонта	см	0-25	25-43	43-78	>78
Гумус валовой	%	4,24	4,10	2,27	1,25
Азот общий	%	0,233	0,197	0,158	0,112
Фосфор (P ₂ O ₅) валовой	%	0,127	0,123	0,119	0,117
Калий (K ₂ O) валовой	%	1,18	1,26	1,31	1,41
Сумма поглощенных оснований:	мг-экв на 100 г почвы	25,5	26,8	-	-

2.3 Методика проведения исследования

2.3.1 Методика создания цифровой карты орошаемых земель и использования ГИС технологий при сборе и обработке данных

Важнейшими качествами данных, используемых в процессе принятия решения, являются их актуальность, полнота и объективность [128]. А агроклиматическое и агромелиоративное районирование состояния орошаемых земель, в свою очередь, предусматривает наблюдение за очень большим набором показателей. Например, распределение сумм активного тепла, осадков, дефицитов влажности воздуха, содержание гумуса, мощность гумусового горизонта, процент засоления земель от общей площади орошаемого массива, глубина и минерализация грунтовых вод, состав растворенных в них солей и другие. Наблюдения за этими показателями в динамике позволяют определить изменение состояния орошаемого участка, а так же прогнозировать [129] возможные изменения его в будущем, а на базе этой оценки и прогноза рекомендовать наиболее оптимальные мелиоративные, агротехнические и организационно-хозяйственные мероприятия. Но при этом приходится оперировать большими объемами информации и учитывать взаимовлияние одних показателей на другие. На современном этапе развития наук, задачи районирования более эффективно решать на основе создания цифровой карты.

При создании цифровых карт использовались следующими нормативами:
ГОСТ 68-3.1-98 Карты цифровые топографические. Общие требования.
РТМ 68-3.01-99 Порядок создания и контроля картографической продукции открытого пользования.
ОСТ 68-3.4-98 Карты цифровые топографические. Требования к качеству цифровых топографических карт.
ОСТ Р 50828-95. Геоинформационное картографирование. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования. 1996.

При этом соблюдались основные картографические требования по качеству разработки карт, в том числе:

Общие требования:

- точность векторизации, «гладкость» и метрическая информативность;
- однородность правил формирования модели цифровой карты;
- семантическая корректность информации;
- правильность системы идентификации объектов.

Специальные требования:

- корректность топологических отношений;
- точность формы объектов;
- учет взаиморасположения объектов.

Для ведения комплексных работ с территориально-привязанными материалами и устойчивого функционирования геоинформационных систем, использующих эту информацию, была организована цифровая картографическая основа в соответствии «общетеоретическим» критериями, и с точки зрения ее последующей интеграции в систему — ЕКО (Единая цифровая картографическая основа). ЕКО — это комплексная система цифровых картографических материалов, согласованных по содержанию, масштабам, территориальному охвату, формату, системе условных обозначений, классификаторам и идентификаторам.

Для соединения разнообразных картографических цифровых материалов в единую цифровую карты была установлена базовая карта со своей системой координат, соответствующей применяемым данным, а также определены необходимые функции преобразования для связи между ними.

Понятие базовой карты перешло в геоинформатику из обычной картографии, в которой существовали базовые карты, использовавшиеся для составления различных карт мелкого масштаба на основе интеграции информации более крупномасштабных карт [Мартыненко, 1995].

Переход из системы координат исходной карты в систему координат базовой карты проводился в 3 этапа:

1 этап — установление теоретической исходной системы координат. Эта задача решалась согласно Л. М. Бугаевскому, В. Я. Цветкову, 2000; В.Ф. Галазину, Б.Л. Каплан и др., 1998; Н.Л. Макаренко, Г.В. Демьянову и др., 2000 [16]. Теоретическая система координат карты — система координат, в которой

составлена карта – проекция с заданными параметрами, начало координат, масштаб и др. Российские топографические карты масштаба 1:1 000 000 и более составлены в основном в проекции Гаусса-Крюгера, которая определена в пределах специальных зон. Эта проекция была в основном использована нами при составлении цифровой карты.

2 этап – установление параметров преобразования и перевод карты в теоретическую систему координат. Для решения этой задачи применялись существующие на карте точки пространственной привязки к теоретической системе координат, например, опорные кресты планшетов, узлы километровой или картографической сетки, характерные пункты, в том числе перекрестки дорог, отмеченные скважины, гидранты, колодцы и др.

3 этап – исходная карта преобразуется в базовую систему координат, то есть в теоретическую систему координат, определенную для базовой карты. Если теоретическую систему координат для исходной карты невозможно определить, исходная карта преобразуется в базовую систему координат напрямую с использованием аффинного преобразования плоскости по опорным точкам.

Представление всех собранных данных в общей системе координат дает возможность приступить к созданию новой карты с согласованным содержанием на основе этих элементов данных.

Все операции по созданию цифровой карты, ее корректировке, проведению аппроксимаций и интерполяций данных, их геоинформационному анализу, проводились в среде компьютерной системы ArcGIS Desktop версии 9.3, разработанной фирмой ESRI (США) – Институтом Исследований Окружающей Среды (Environmental Systems Research Institute).

Векторизация проводилась по растровому изображению на экране дисплея (экранной подложке) [Корсак, 2003]. То есть перед цифрованием бумажный картографический материал на сканере преобразуется в графический файл в формате JPEG. Этот файл выводится на дисплей, а затем все значимые для целей конкретной ГИС географические объекты обводятся курсором мыши. В результате создаются векторные объекты цифровой карты – полигоны, точки и

линии. Данный способ векторизации является более удобным по сравнению с использованием дигитайзера, так как позволяет увеличить изображение и гораздо более точно отметить как местоположение объекта, так и его характерные точки.

Пространственная привязка растрового изображения проводилась с использованием специального модуля расширения приложения ArcMap – «Georeferencing». Этот модуль дает возможность установить связи (links) векторного слоя и растрового изображения, а затем провести его аффинное преобразование.

Любой существующий мониторинг основывается на результатах точечных наблюдений, при этом все фиксируемые показатели реально соответствуют объектам географически точечным: метеопунктам и метеостанциям, скважинам наблюдений за составом и уровнем грунтовых вод, почвенным шурфам и другие. Однако, эти точечные дискретные данные характеризуют некоторые непрерывные постоянно изменяющиеся в пространстве и времени параметры компонентов окружающей среды. Поэтому возникает настоятельная необходимость в интерполяции точечных данных, или, точнее построении цифровых моделей распределения значений показателей в пространстве по тем же данным точечных наблюдений.

Для этих целей был использован модуль расширения ArcGIS – Geostatistical Analyst, позволяющий проводить интерполяцию и аппроксимацию данных детерминистскими и геостатистическими методами – таблица 2.9 [58].

ОСТР 50828- 95; ОСТ 68-3.4-98, Burgess T.M. and W80; Leenaers.1990

Таблица 2.9 - Методы интерполяции, применяемые в Geostatistical Analyst

Метод	Преимущества и недостатки
Детерминистские методы	
Обратно взвешенных расстояний (IDW)	Нет оценки ошибки интерполяции. Возможно образование “глаза буйвола” (“bulls eyes”) вокруг опорных точек. Решения для меньшего числа параметров.
Глобального полинома	Нет оценки ошибки интерполяции; поверхность может излишне сглаживаться; краевые точки имеют большое влияние
Локальных полиномов	Более гибкий, чем метод глобального полинома, но требует принятия решений для большего количества параметров. Нет оценки ошибки интерполяции; не позволяют изучить автокорреляцию данных, что делает их менее гибкими и более автоматическими, чем методы кригинга
Радиальных базисных функций	Гибкий, возможен автоматический выбор некоторых параметров. Нет оценки ошибки интерполяции.

Продолжение таблицы 2.9

Метод	Преимущества и недостатки
Геостатистические методы	
Кригинг	Очень гибкий; позволяет оценить пространственную автокорреляцию; можно вычислить стандартные ошибки интерполяции, много параметров. Требует принятия многих решений методами преобразований, трендам, моделям, параметрам и областям соседства.
Кокригинг	

2.3.2 Методика создания базы данных геоинформационной системы управления орошаемым земледелием

Кроме цифровых карт в разрабатываемой геоинформационной автоматизированной системе управления применяется база данных основанная на реляционном концептуальном подходе.

Согласно определению, база данных - это упорядоченная совокупность данных, предназначенных для хранения, накопления и обработки с помощью ЭВМ. Для создания и ведения базы данных, то есть их обновления, корректировки, обеспечения к ним доступа по запросам, поиска информации и выдачи ее пользователю применяется набор программных и языковых средств, которые называются «система управления базами данных» (СУБД).

Архитектура базы данных, созданной с использованием системы управления базами данных включает в себя 3 уровня представления данных – внешний, концептуальный и внутренний – рисунок 2.8.

Внутренний уровень представляет собой формат фактического хранения данных. Внешний уровень формирует пользовательское представление данных, он является наиболее близким к пользователям, и отражает так, как они себе их представляют. Концептуальный уровень является уровнем разработчика различных приложений – процедур, запросов, экранных форма, отчетов – для внешних пользователей.

Большинство современных СУБД основываются на реляционной модели данных. Эта модель базируется на понятии отношения (relation). Отношение – это двумерная таблица, которая содержит данные и имеет строки (записи) и столбцы (колонки). Реляционная база – это база данных, в которой данные представляются в виде отношений, а операторы обработки информации, являются операторами,

основанными на реляционном исчислении и работающими с реляционной структурой.

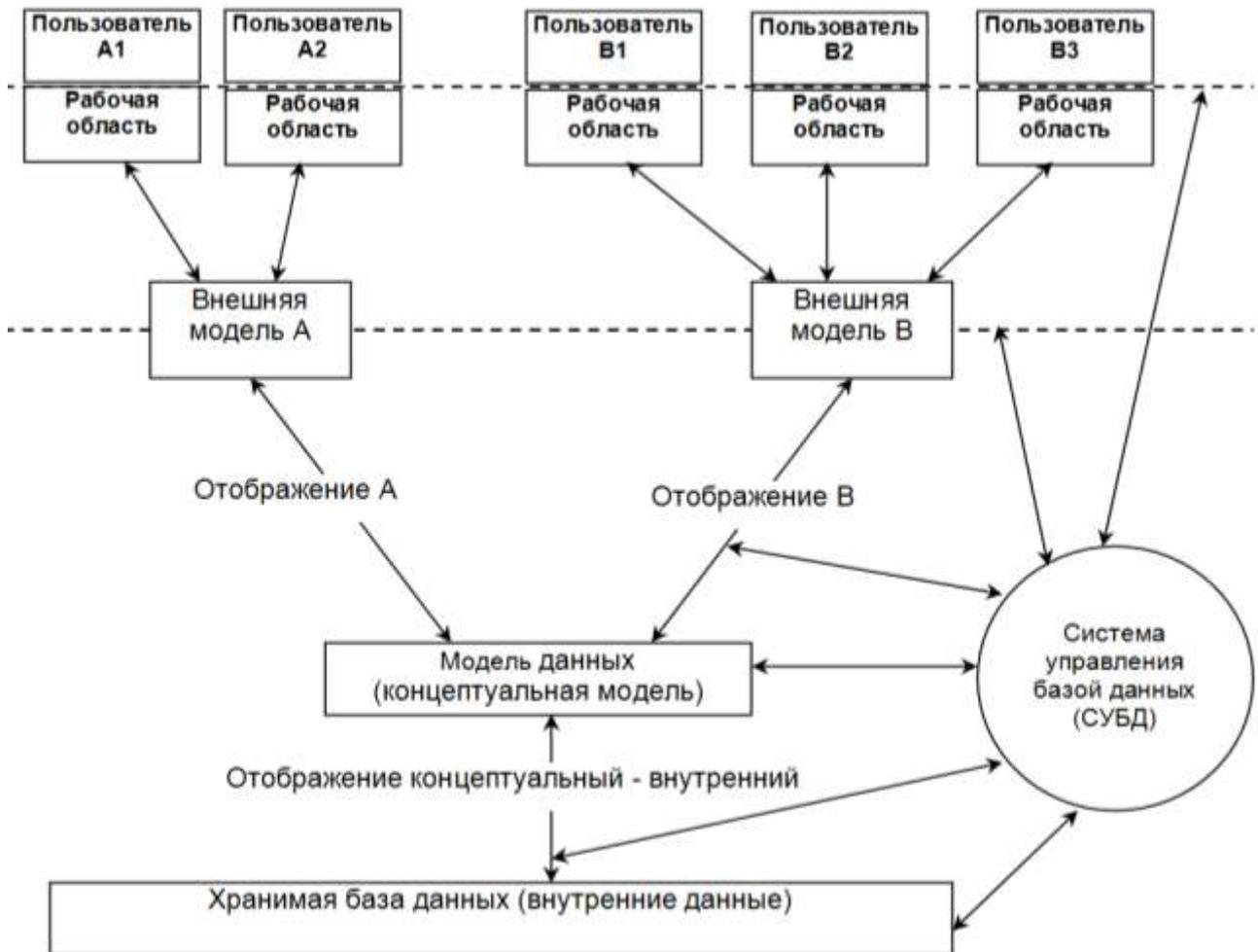


Рисунок 2.8 – Архитектура системы управления базами данных

При разработке структуры базы данных геоинформационной АСУ орошаемым земледелием применялись правила нормализации базы данных, то есть приведения ее к нормальным формам, которые необходимы как для повышения эффективности работы с данными, так и для обеспечения их целостности и непротиворечивости.

Согласно 1 нормальной форме каждое поле таблицы должно быть единым, неделимым, и не содержало повторяющихся групп. Поле таблицы не должно семантически делиться на более мелкие информационные единицы, а значения полей не должны повторяться от одного поля к другому. В процессе приведения реляционной таблицы к 1 нормальной форме обычно происходит ее разделение на

главную и подчиненную, которые находятся в отношении типа «многие-к-одному». 2 нормальная форма реляционной таблицы требует, чтобы все ее строки (записи) однозначно и избыточно определялись индексом или первичным ключом. Согласно 3 нормальной форме значение каждого поля, которое не входит в первичный ключ, должно быть независимым от других полей, также не входящих в этот первичный ключ.

Согласно [31] перечисленных нормальных форм достаточно для большей части практических приложений в области построения баз данных, а, так как в процессе нормализации увеличивается как число отдельных реляционных таблиц, так и, ссылок между ними, было решено не использовать 4 и 5 нормальные формы.

2.3.3 Методика разработки программного обеспечения геоинформационной системы управления орошаемым земледелием

При разработке программного обеспечения геоинформационной системы управления орошаемым земледелием использовались методы структурного, объектно-ориентированного и модульного программирования.

Модульное программирование основывается на понятии модуля, то есть взаимосвязанной совокупности элементов, оформленной в виде отдельного программного модуля. Основные характеристики модуля:

- состоит из спецификации, то есть правил использования модуля, и тела, определяющего способ реализации процесса обработки;
- имеет 1 вход и 1 выход – модуль получает 1 набор исходных данных, выполняет обработку и возвращает 1 набор выходных данных (принцип IPO – «вход–процесс–выход»);
- он функционально завершен, то есть выполняет список операций для реализации каждой функции в полном составе, достаточных для завершения начатой обработки;
- модуль логически независим, результат его работы определяется только исходными данными и не зависит от работы других модулей;

– минимальный обмен информацией между модулями.

В основе структурного программирования лежит представление программы в виде иерархической структуры блоков. Согласно методологии структурного программирования программа – это структура, построенная из 3 типовых конструкций [51]:

– последовательное исполнение – выполнение операторов в порядке, в котором они записаны в тексте программы;

– ветвление – выполнение одного из двух, трех или более операторов, в зависимости от выполнения некоторого условия;

– цикл — многократное исполнение одного или нескольких оператора до тех пор, пока выполняется условие продолжения цикла.

Неоднократно повторяющиеся фрагменты текста программы либо логически целостные вычислительные блоки должны быть оформлены в виде подпрограмм, то есть процедур и функций. Создание программы ведётся пошагово, сверху вниз. Сначала пишется текст главной процедуры (основной программы), в который вставляются вызовы подпрограмм вместо каждого логически связанного блока, а затем создаются эти подпрограммы, которые будут выполнять эти блоки.

Объектно-ориентированное программирование (ООП) – методология программирования, основанная на представлении программ в виде совокупностей объектов, каждый из которых является реализацией определенного класса или типа особого вида. Классы образуют иерархию на принципах «наследуемости». Объектно-ориентированная методология была создана для того, чтобы дисциплинировать процесс разработки крупных программных комплексов, снизить количество ошибок, и соответственно стоимость проектов. Базовыми принципами объектно-ориентированного программирования являются: инкапсуляция или пакетирование; наследование; полиморфизм; передача сообщений. Объектно-ориентированная методология нацелена на те же цели, что и структурное программирование, однако решает их с другой отправной точки, используя более современные программно-языковые средства, и, поэтому позволяет создавать зна-

чительно более сложные программные проекты, нежели методология структурного программирования.

Глава 3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЕРШОВСКОГО РАЙОНА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Широкая дискуссия, ведущаяся в настоящее время отечественными и зарубежными учеными в связи с глобальными изменениями климата, не привела еще к однозначному ответу на важнейшие для сельского хозяйства и природопользования в целом вопросы. Вкратце их можно сформулировать следующим образом: причины изменений, направление изменений и их значимость для природы и человека [12], [31], [35]. При этом причины изменений климата в нашей работе не рассматриваются, так как земледелие не является основным источником парниковых газов, хотя некоторые авторы [44] отмечают достаточно большую роль почв, почвенного воздуха и гумуса в общем круговороте углерода в биосфере.

Задачей исследования являлась оценка направленности и величины изменений климата с точки зрения практических интересов орошаемого земледелия в конкретном регионе – Саратовском Заволжье. Эти тенденции необходимо учитывать при корректировке технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Из всех отраслей экономики максимальные потери несёт сельское хозяйство, так как изменение температуры и осадков особенно в период вегетации непосредственно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур [96]. В данной главе приводятся результаты исследований применения средств математической статистики для оценки изменений агроклиматических параметров территории Ершовского района Саратовской области, а также использования геоинформационных технологий для выявления особенностей их пространственного распределения.

3.1. Тенденции изменений агроклиматических ресурсов орошаемого земледелия Ершовского района Саратовской области

В качестве основных параметров климата были выбраны среднесуточные декадные температуры и дефициты влажности воздуха, а также декадные суммы осадков за теплый период года (апрель-октябрь включительно). Использовались данные многолетних наблюдений, начиная с 1958 по 2012 год – таблица 3.1.

Проведенный анализ показал, что все параметры, особенно осадки и дефициты, характеризуются значительной изменчивостью.

Таблица 3.1 - Статистические характеристики климатических показателей теплого периода года (апрель-октябрь) метеостанции Ершов за 1958-2012 гг.

Показатель	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации	Коэффициент корреляции с годом наблюдений
Сумма среднесуточных температур, °С	209	0,065	0,33
Сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мбар	361	0,185	0,02
Сумма осадков, мм	66,7	0,275	0,35

Коэффициенты вариации для сумм температур равны 6,5%, дефицитов 18,5% и осадков 27,5%. При этом тенденции изменений, точнее увеличения, за период 1958-2012 гг. прослеживаются у сумм осадков и температур (коэффициенты корреляции с годами наблюдений соответственно 0,35 и 0,33), и отсутствуют у сумм дефицитов (коэффициент корреляции с годами наблюдений равен 0,02).

Проведённая статистическая обработка метеоданных показала, что стандартная ошибка Sr для сумм температур воздуха (1958-2012 гг.) составляет 0,131, для атмосферных осадков 0,132. Критерий существенности корреляции tr для сумм температур составляет 0,87, для сумм атмосферных осадков 0,82. Коэффициент регрессии b для сумм температур 4,78, для сумм атмосферных осадков 1,45. Ошибка коэффициента регрессии Sb для сумм температур 26,8, для сумм атмосферных осадков 8,6. Критерий существенности коэффициент регрессии tb для сумм температур 0,87, для сумм атмосферных осадков 0,16. Сравнив полученные величины критерий существенности корреляции tr с табличными значениями 5% уровня значимости ($t=2.01$) можно сказать, что связь существенна.

Эти закономерности наглядно подтверждаются при сравнении средних за 10-12 летние периоды значений показателей со среднемноголетними данными за весь доступный период наблюдений – рисунок 3.1.

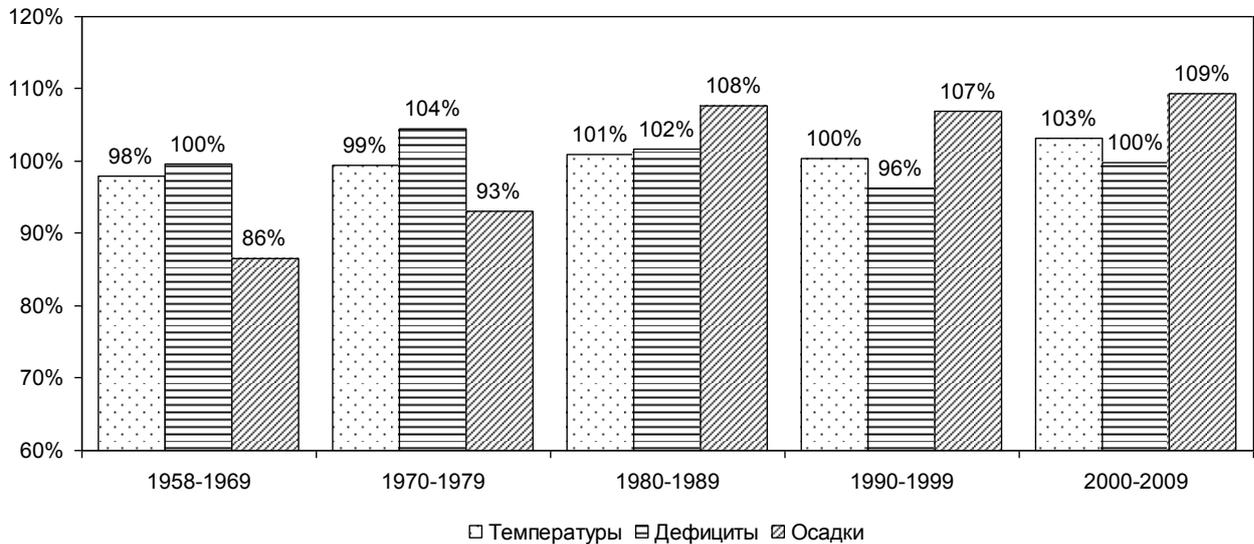


Рисунок 3.1 - Суммы среднесуточных температур, дефицитов влажности воздуха, осадков теплого времени года по десятилетиям в процентах от среднемноголетних за период 1958-2012 гг. по метеостанции Ершов

Можно отметить, что если суммы дефицитов влажности воздуха тенденций возрастания не обнаруживают, то суммы температур и, особенно, осадков явственно увеличиваются. Это подтверждается корреляцией между номером 10-12-летнего периода и значением показателя в процентах от среднемноголетнего за 1958-2012 гг. Коэффициент корреляции для сумм температур и осадков положителен и равен соответственно 0,93 и 0,92.

Однако, для проектирования таких важнейших элементов поливного земледелия как режимы орошения важны не только суммарные характеристики, но и сам ход изменения среднемноголетних значений климатических параметров по теплomu времени года. Для оценки значимости этих изменений были построены графики распределения среднемноголетних декадных среднесуточных температур, дефицитов влажности воздуха и осадков по теплomu периоду года за 1958-1978 и 1989-2012 гг. по изучаемой метеостанции - рисунок 3.2.

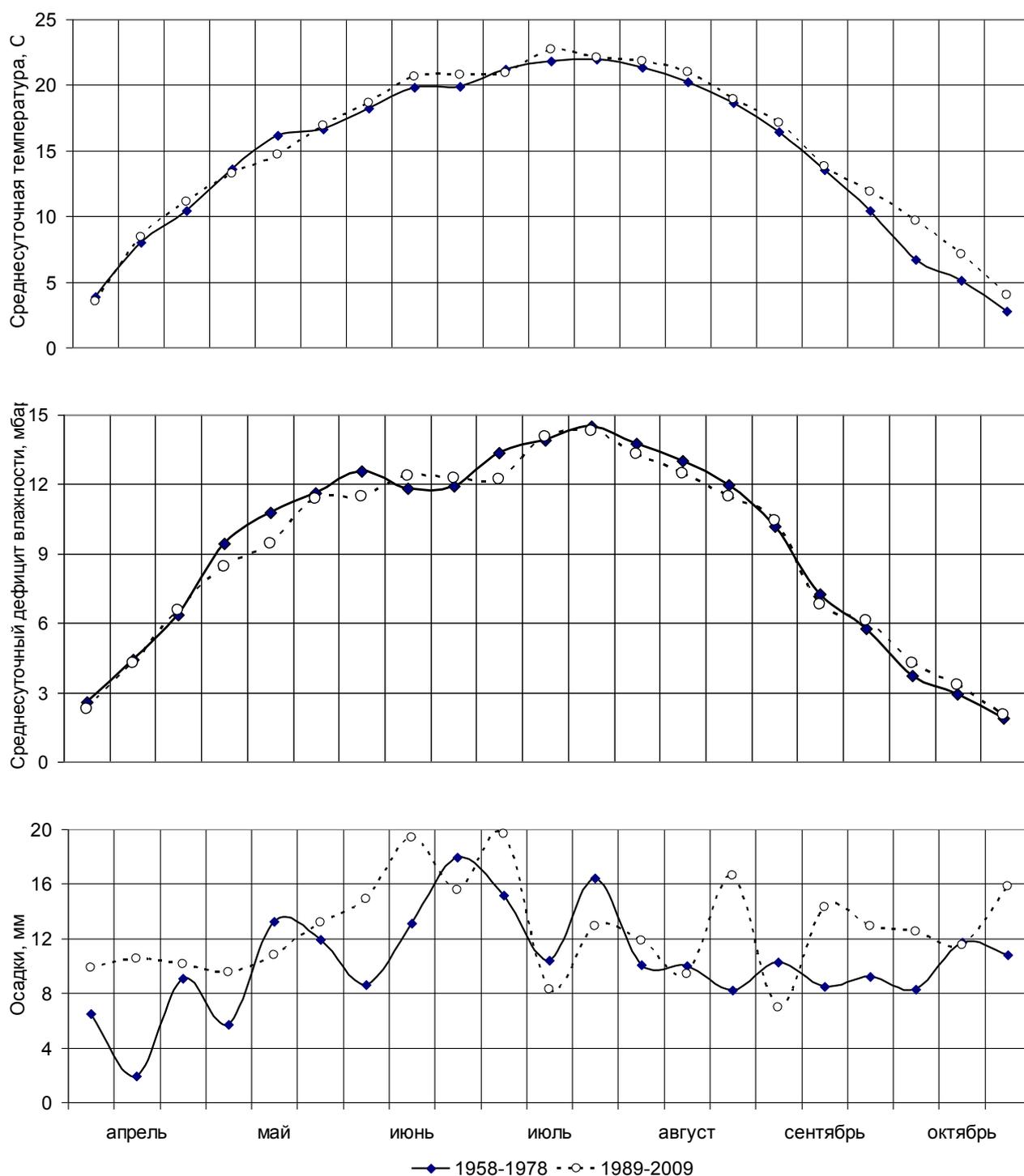


Рисунок 3.2 - Распределение декадных среднесуточных температур, дефицитов влажности воздуха и осадков по теплему периоду года за 1958-1978 и 1989-2012 гг. по метеостанции Ершов

По графикам видно, что увеличение среднесуточных температур значительно в конце периода, в последней декаде сентября – октябре, когда добавочное тепло не оказывает практически никакого воздействия на возделываемые полевые культуры. Для дефицитов влажности воздуха различия

разнонаправлены и незначительны. Сильнее всего отличается график распределения осадков, которые значительно больше в последние 20 лет, при этом основная часть увеличения приходится на начало (апрель – середина июня) и конец теплого периода (конец августа – октябрь).

Посчитанный с 1958 по 2012 г. показатель влагообеспеченности вегетационного периода (ГТК) показал слабую зависимость с годами наблюдения (коэффициент корреляции с годами наблюдений равен 0,2) - таблица 3.2, рисунок 3.3.

Таблица 3.2 - Статистические характеристики ГТК теплого периода года (апрель-октябрь) метеостанции Ершов за 1958-2012 гг.

Показатель	Значение			Стандартное отклонение	Коэффициент вариации	Коэффициент корреляции с годом наблюдений
	минимальное	максимальное	среднее			
ГТК	0,26	1,48,	0,85	0,26	0,31	0,2

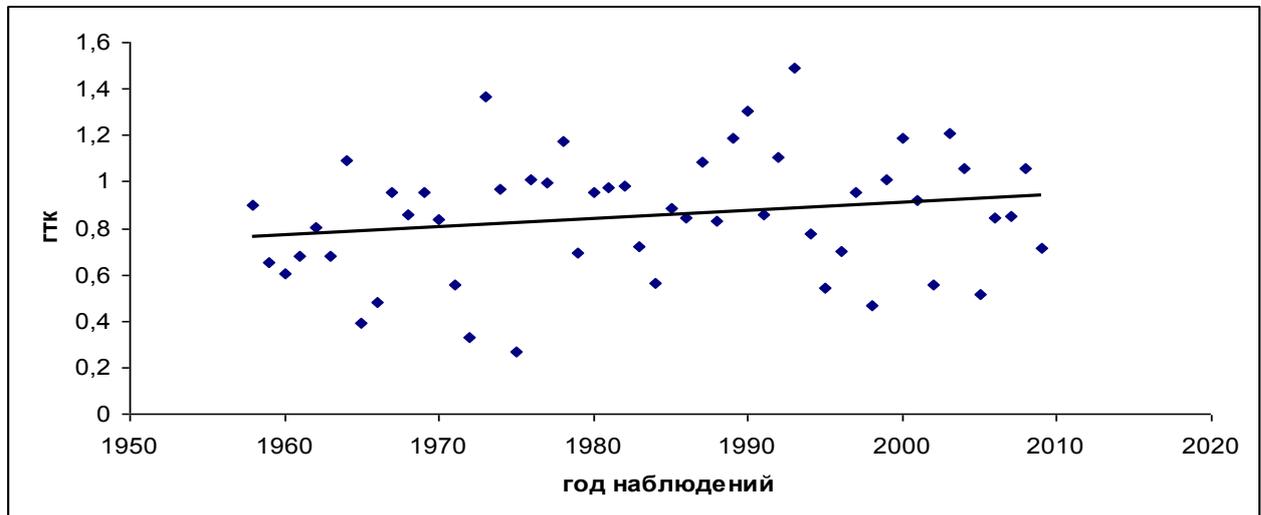


Рисунок 3.3 – Тренд ГТК по метеостанции Ершов с 1958 по 2012 гг.

Проведённая статистическая обработка ГТК показала, что стандартная ошибка Sr составляет 0,137. Критерий существенности корреляции tr равен 0,29. Коэффициент регрессии b равен 0,003.

Ошибка коэффициента регрессии Sb равна 0,03. Критерий существенности коэффициент регрессии tb равен 0,1. Сравнив полученные величины критерий существенности корреляции tr с табличными значениями 5% уровня значимости ($t=2,01$) можно сказать, что связь не существенна.

Полученные результаты не подкрепляют утвердившееся в настоящее время мнение специалистов об усилении засушливости климата в регионе. Скорее можно сказать о снижении континентальности климата, связанном с ростом осадков и температуры (особенно в конце теплого периода года).

В то же время увеличение суммы среднемноголетних осадков на 50 мм (с 217 для 1958–1978 гг. до 267 мм для 1979–2012 гг.) значительно изменяет водный баланс орошаемых земель на посевах таких поливных культур как многолетние травы. Поэтому необходимо учитывать происходящие изменения при проектировании оросительных систем и планировании текущих работ на мелиорированных землях [40].

Кроме того, существенные изменения климата требуют постоянного периодического проведения районирования агроклиматических ресурсов орошаемого земледелия.

3.2. Районирование агроклиматических ресурсов орошаемого земледелия Ершовского района Саратовской области с применением геоинформационных технологий

В настоящее время проблему районирования и всех связанных с нею задач (сбор данных, структурирование, анализ, прогнозирование, хранение и т.д.), можно эффективно разрешить с помощью современных цифровых технологий – геоинформационных систем (ГИС). В данном случае при районировании Ершовского района Саратовской области в задачи исследований входили: сбор современных данных о состоянии и пространственном распределении климатических ресурсов орошаемого земледелия исследуемого района; применение способа геоинформационных технологий и оптимального метода

геостатистического анализа пространственного распределения для районирования этих ресурсов.

Для создания цифровой карты и последующего районирования природно-климатических ресурсов были использованы многолетние данные метеостанций г. Ершов Саратовской области, а так же метеостанций расположенных поблизости от исследуемого района, метеоданные которых применялись для повышения качества интерполяции – таблица 3.3.

Таблица 3.3 - Координаты метеостанций

№	Наименование станции	Восточная долгота, °	Северная широта, °
1	Энгельс	46,11	51,4794
2	Маркс	46,7492	51,7078
3	Александров Гай	48,5492	50,1447
4	Ершов	48,2839	51,3558
5	Петровск	45,3917	52,3183
6	Хвалынский	48,1011	52,4847
7	Пугачев	48,7981	52,0206
9	Красный Кут	46,95	50,9667
16	Балашов	43,1528	51,5375
17	Аткарск	44,9908	51,8642
23	Малый Узень	47,6211	50,4831
24	Новоузенск	48,1344	50,4586
28	Перелюб	50,3428	51,8653
29	Ртищево	43,7917	52,2658
30	Саратов	46,0344	51,5333

Для оценки влияния географического положения метеостанций на наблюдаемые климатические показатели были проведены корреляционный и

регрессионный анализ данных метеорологических наблюдений и их связи с географическими координатами - таблица 3.4.

Таблица 3.4 - Результаты корреляционного и регрессионного анализа данных метеорологических наблюдений и широты метеостанции

Показатель	Коэффициент корреляции		Коэффициент регрессии		Табличное значение
	Значение	Критерий существо- нности	Значение	Критерий существо- нности	
Суммы среднесуточных активных температур, °С	-0,92	15,06	-146,6	4,8	2,05
Суммы дефицитов влажности воздуха, мбар	-0,71	7,72	-101,5	2,4	
Суммы осадков, мм	0,78	6,25	23,8	2,67	

Проведенная статистическая обработка данных показывает, что суммы активных температур и дефицитов влажности воздуха при изменении (увеличении) широты с юга на север уменьшаются, корреляционная связь сильная, связь существенна. Суммы осадков при таком же изменении широты увеличиваются, корреляционная связь сильная, связь существенна.

Пространственная интерполяция среднемноголетних климатических показателей проводилась методами [56], которые реализованы в модуле расширения Geostatistical Analyst комплекса ArcGIS DeskTop.

Качество интерполяции и достоверности полученных результатов определялись прежде всего с помощью входящего в модуль Geostatistical Analyst инструмента перекрестной проверки (Cross Validation), работающего по следующему алгоритму:

1. Точки последовательно исключаются из выборки;
2. Вычисляется значение в этой точке с использованием оставшихся данных;
3. Измеренное и вычисленное значение сравниваются;
4. По суммарной статистике перекрестной проверки (стандартному отклонению) определялось приемлемость способа интерполяции для составления карты.

Кроме этого, проводилась визуальная экспертная оценка качества аппроксимации.

Результаты перекрестной проверки различных методов пространственной интерполяции агроклиматических показателей Ершовского района Саратовской области приведены в таблице 3.5, построены картограммы - рисунок 3.4, рисунок 3.5.

Таблица 3.5 - Результаты перекрестной проверки различных методов пространственной интерполяции данных метеорологических наблюдений

№ пп	Метод интерполяции	Среднеквадратичное отклонение для показателя		
		Сумма осадков, мм	Сумма активных температур, °С	Сумма дефицитов влажности воздуха, мбар
1	Обратно взвешенные расстояния	26,32	218,4	253,8
2	Глобальные полиномы (полиномы 2-ой степени)	22,01	177,2	229,2
3	Локальные полиномы (полиномы 3-ей степени, 50 % локальности)	21,86	178,4	232,3
4	Сплайны	21,34	203	243,6
5	Кригинг	21,55	202	245,8

При выборе метода интерполяции (аппроксимации) следует учитывать не только величины среднеквадратичных отклонений, но и качество сглаживания, которое значительно различается.

Наиболее высокую точность обеспечивает аппроксимация данных методом глобальных полиномов 2-ой степени, стандартное отклонение, при котором является наименьшим в большинстве случаев.

Выбранный метод интерполяции (аппроксимации) учитывает не только величины среднеквадратичных отклонений, но и качество сглаживания.

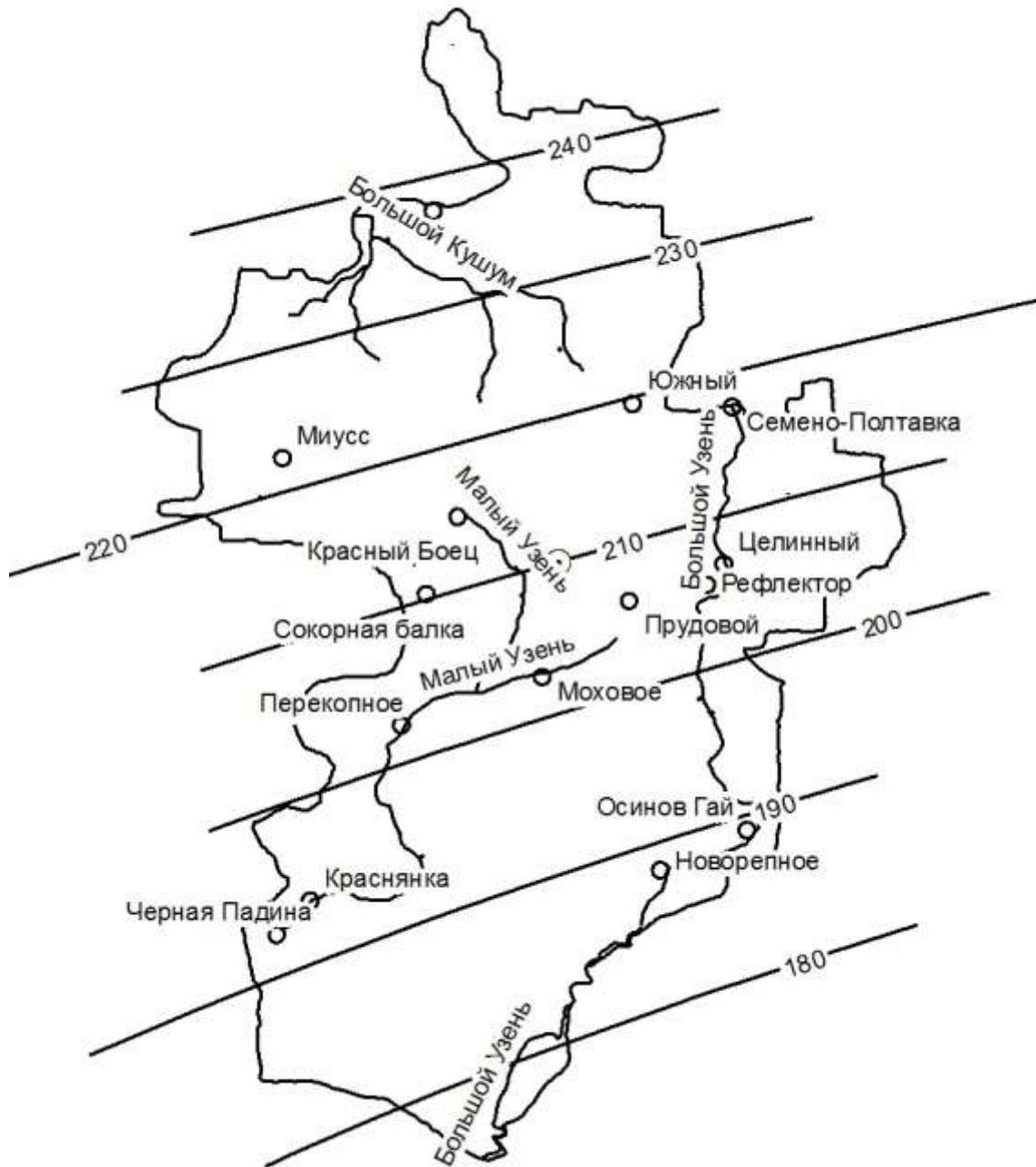


Рисунок 3.4 – Картограмма распределения сумм осадков теплого периода года для Ершовского района Саратовской области.

Для сумм осадков наименьшее среднеквадратичное отклонение показал метод сплайнов (21,34 мм), однако данный метод не обеспечивает необходимого сглаживания данных, поэтому выбран метод локальных полиномов 2-ой степени.

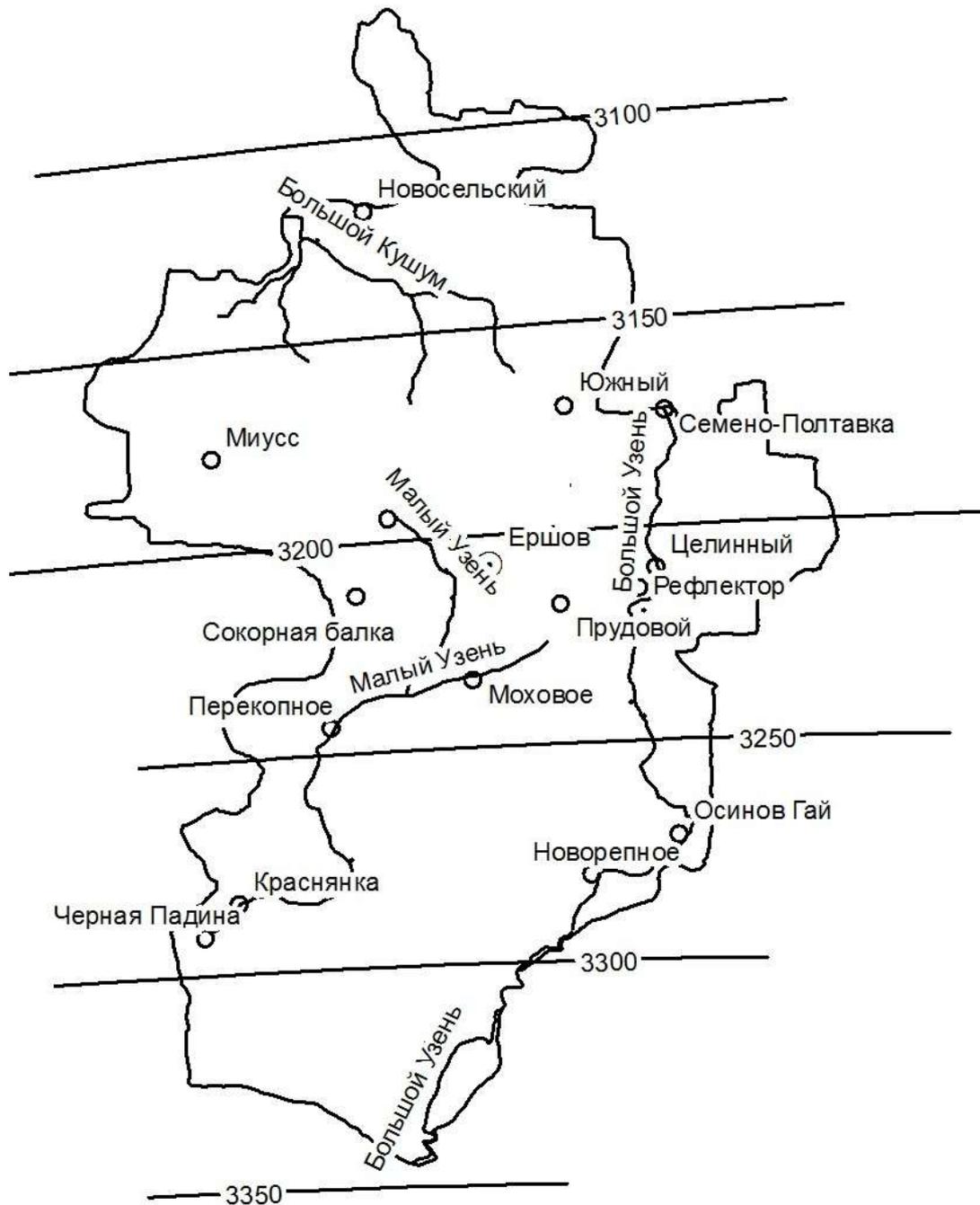


Рисунок 3.5 – Картограмма распределения сумм активных температур для Ершовского района Саратовской области.

При построении картограммы распределения сумм активных температур высокую точность показала аппроксимация данных методом локальных полиномов 2-ой степени, стандартное отклонение при котором является наименьшим и составляет $177,2^{\circ}\text{C}$.

Количество выпадающих осадков само по себе ещё не определяет условий увлажнения территории.

Для оценки степени увлажнения территории широко используют разнообразные коэффициенты увлажнения, которые отражают зависимость между приходом атмосферной влаги и её возможным расходом. В данном случае был выбран гидротермический коэффициент (ГТК), предложенный Г.Т. Селяниновым [56]: $ГТК = \frac{10 \cdot \sum P}{\sum t}$, где P – осадки, мм; t – температуры, °С.

Рассчитанный для широты и ГТК коэффициент корреляции ($R = 0,77$) показывает наличие прямой и тесной связи между этими показателями.

Для такого комплексного показателя, как ГТК, целесообразно применение алгебры растров геоинформационных систем, которая позволяет производить различные операции над геопространственными данными, представленными в виде растровых представлений, то есть цифровых моделей распределения по территории значений численных показателей с помощью регулярной сетки заданного шага (разрешения). В ArcGIS существует специальное расширение для работы с растровыми представлениями – Map Algebra (алгебра карт).

В алгебру растров входят растровые операторы и растровые функций.

Растровые операторы предназначены для совместной обработки двух и более растровых слоев. Они включают в себя: арифметические, логические, реляционные, побитные, комбинаторные, логические, накопительные операторы и оператор присваивания. Результатом выполнения растровой операции является выходной растровый слой.

Кроме операторов существует большое количество растровых функций. Каждая из них принимает один или несколько растров на входе и создает один или несколько растров на выходе. Существуют локальные, фокальные, зональные и глобальные растровые функции. Локальные функции одновременно выполняют вычисления в отдельной ячейке. Соседние ячейки не влияют на результат. Фокальные функции единовременно выполняют вычисления в отдельной ячейке и ячейках соседних с ней. Окрестность может быть в виде прямоугольника, круга, кольца или клина. Зональные функции выполняют вычисления в зоне, которая яв-

ляется множеством ячеек с общим значением. Глобальные функции выполняют вычисления на растре в целом.

Для оценки достоверности растрового метода районирования было проведено сравнение результатов прямой интерполяции заранее вычисленных и импортированных в ArcMap значений среднемноголетних гидротермических коэффициентов для метеостанций Саратовского Заволжья [57].

Районирование территории по ГТК проводилось с помощью алгебры растров по следующему алгоритму:

1. Результаты интерполяции по суммам активных температур и осадков конвертировались в растровый формат (GRID).
2. С помощью калькулятора растров на базе полученных на I этапе файлов создавался новый растр, содержащий значения ГТК вычисленные по формуле: $[ГТК]=10*[\sum osadki]/[\sum aktivt]$.
3. По полученному растру интерполяцией строились изолинии – рисунок 3.6.

В условиях изменяющегося климата необходимо повышение экологической обоснованности и эффективности использования орошаемых земель сухостепного Заволжья. Районирование нуждается в обновлении. Разработанные способы использования геоинформационных технологий позволяют значительно снизить потери времени на основных направлениях изучения территориальной организации сельского хозяйства, повысить обоснованность и качество принимаемых технологических решений.

Ершовский район расположен в центральной части Саратовского Заволжья. Протяженность его с севера на юг 100 км. Район имеет вытянутую форму это позволяет отследить изменчивость агроклиматических показателей таких как суммы осадков, суммы температур и ГТК на территории района с севера на Юг. Другими словами нормы, установленные для орошаемых земель в южной части района не совпадают с нормами, установленными для центральной и северной части района, по мере увеличения распределения Сумм активных температур с севера на юг наблюдается снижение сумм осадков.

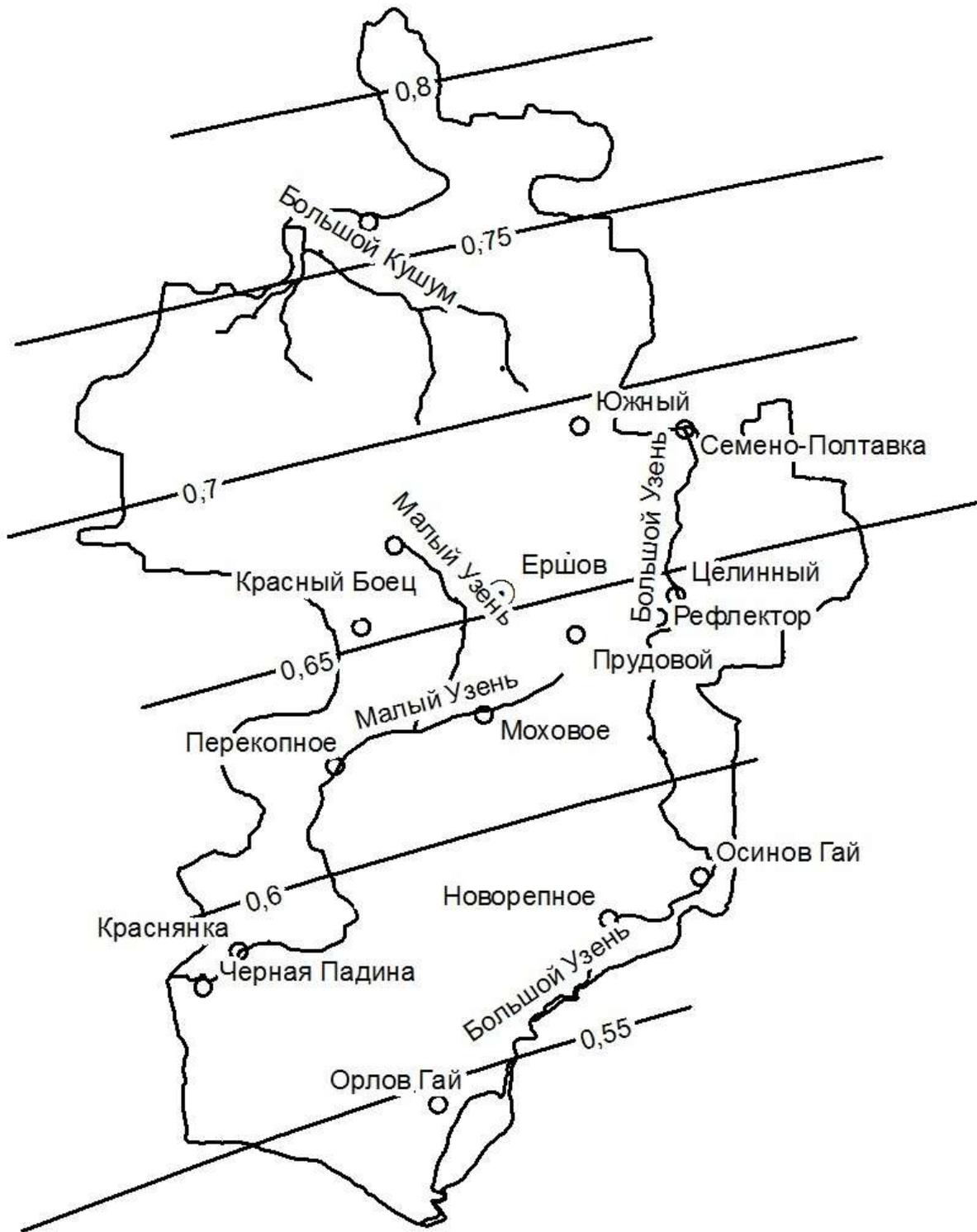


Рисунок 3.6 – Картограмма распределения гидротермических коэффициентов Ершовского района Саратовской области

Значительные изменения агроклиматических показателей на территории района говорят, что районирование необходимо проводить не в рамках микрозон, а тем более в рамках регионов, а для каждого отдельного района. Этого требует

современное управление орошаемыми землями, так же оно требует более точного учета всех параметров. Кроме того его необходимо пересматривать каждые несколько лет [59]. Повысить эффективность при проведении подобных работ позволяет применение ГИС технологий.

Глава 4. ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫМИ ЗЕМЛЯМИ

4.1. Теоретические основы разработки программно-информационного обеспечения

Теоретическими основами разработки геоинформационной системы управления орошаемыми землями являются теория управления, кибернетика и теория информации.

Под теорией управления понимается наука, проблемной областью которой являются принципы, методология, методы и способы управления природными, техногенными, экономическими, социальными и другими объектами, процессами и системами. Она имеет свою методологию и методическое обеспечение и широко применяется в современных технических и естественнонаучных дисциплинах. Теория информации – это раздел прикладной математики и информатики, который определяет понятие и свойства информации, а также устанавливает зависимости между физическим и семантическим объемом информации систем обработки и передачи данных, используя средства теории вероятностей и математической статистики. Под кибернетикой в настоящее время понимается наука об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в машинах, живых организмах и обществе [Винер, 1948].

В кибернетику входит исследование таких основных и производных концептов как обратная связь и черный ящик, управление и коммуникация, в то числе в живых организмах и системах, технических устройствах, социальных, экономических и специальных организациях и самоорганизациях, фокусируясь, прежде всего на том, как исследуемые объекты обрабатывают информацию и реагируют на нее.

Процесс управления системными объектами, для которых свойственна направленность на снижение энтропии и, соответственно, на повышение упорядоченности системы делится согласно К. Шеннону на следующие этапы [151]:

- Сбор и обработка информации.
- Анализ и систематизация информации.

- Постановка целей и выбор метода управления, управляющих воздействий, прогноз результатов.
- Внедрение выбранного метода и управляющих воздействий.
- Обратная связь – оценка эффективности метода и управляющих воздействий.

Исходя из этого разделения, оптимизация процесса управления должна начинаться с определения оптимальных параметров используемых информационных потоков, а именно объема и подробности (масштаба) собираемых и анализируемых данных. Это важно потому, что и недостаток, и избыток информации снижают качество и эффективность прогнозов последствий принимаемых на основе собранной информации управленческих решений.

Существует принцип несовместимости, разработанный иранским математиком Лофти Заде: «При росте сложности системы уменьшается возможность ее точного описания вплоть до некоторого порога, за которым точность и релевантность (смысловая связанность) информации становятся несовместимыми, взаимно исключаящими характеристиками».

Другими словами, основной тезис Заде: традиционные количественные методы непригодны по своей сути для анализа поведения гуманитарных систем, других, сравнимых по сложности с гуманитарными. Чем более сложна система, тем менее точным и, одновременно, сохраняющим практическую значимость будет наш прогноз ее поведения. Существует пороговый уровень сложности, при превышении которого невозможно добиться сочетания точности и практического смысла прогнозов поведения системы.

Оценить степень сложности системы можно по количеству информации, необходимой для описания ее текущего состояния и прогнозирования его изменений в будущем. Очень важно при этом учитывать, что состав параметров, описывающих состояние системы (объекта управления) зависит не только и столько от нее, сколько от субъекта управления, для которого собирается информация о системе. Например, органам Росреестра (Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии Российской Федерации) важно знать исполь-

зуются данный участок земель сельскохозяйственного назначения или он заброшен. Однако, информация о возделываемых на нем культурах и их агротехнике, текущем состоянии посевов, свойствах почв для этих субъектов управления явно избыточна.

В рамках теории информации разработано 3 метода оценки количества информации:

1. Структурный метод, который основан на представлении о дискретном строении информационных массивов. В данном случае измерение количества информации проводится прямым подсчетом элементов массива (комбинаторный метод);
2. Статистический метод, основанный на понятии энтропии как меры неопределенности. При расчете количества информации учитывается вероятность появления различных сообщений;
3. Семантический метод основывается на учете ценности, значимости или существенности информации.

Структурный или комбинаторный метод используется в основном для определения объема информации, которую можно передать с помощью сообщений различного размера и количества разных символов. Мы, на основе этого метода попробуем оценить величины массивов данных, необходимых для качественного управления эксплуатацией мелиоративных комплексов различных уровней: отдельного хозяйства, района, области.

Итак, число сообщений, которое можно передать с помощью сообщений длиной n символов, состоящих из m различных символов равно: $L = m^n$. Однако, число сообщений не является удобной мерой количества информации, так как во-первых при $L=1$ количество информации равно 0, так как сообщение единственно возможно и заранее известно. Во-вторых, при наличии нескольких источников информации общее количество информации будет равно произведению количеств информации от отдельных источников, а не сумме, что нарушает принцип аддитивности.

Поэтому, в рамках структурного метода Р. Хартли (1928) предложил использовать логарифмическую или аддитивную меру количества информации, ко-

торая оценивает объем информации логарифмом числа возможных сообщений по следующей формуле [164]:

$$I = \log_2 L = n \log_2 m \quad (4.1)$$

В данном случае, если $L=1$, $I=0$, для нескольких источников:

$$I = \sum_{i=1}^k \log_2 L_i = \sum_{i=1}^k I_i \quad (4.2)$$

где k – количество источников информации.

Попробуем определить меру Хартли для различных уровней управления орошаемыми землями.

Согласно Саратовской областной программе развития мелиорации земель, в Ершовском районе области на период до 2020 г. предполагается вернуть в орошаемый оборот более 7600 гектар сельскохозяйственных угодий в 14 различных хозяйствах, в том числе ввести 2340 га новых земель, провести реконструкцию 1168 и восстановить 4110.

Источником информации для систем управления областного уровня вряд ли может быть отдельный мелиорируемый участок или отдельное хозяйство, ведь вся планируемая к вводу площадь составляет 3% от всех орошаемых земель области на балансе и 4,5% от реально поливаемых в среднем за последние годы. Даже крупнейшее хозяйство (ОАО «МТС «Ершовская») с его 2608 га реконструируемых или восстанавливаемых угодий – это 1 или 1,5% соответственно. Что же говорить о СПК "Овощи круглый год", КФХ "Водолей" и других.

С другой стороны, на уровне административного района, для целей оптимального управления важна информация не только о положении с мелиорацией на уровне конкретного хозяйства или участка, который может иметь площадь 700, 800 или даже 960 га, но и отдельного поля севооборота. Площадь такого поля при поливе дождеванием в Саратовском Заволжье составляет от 40 до 80 га (в среднем 60 га); при поверхностном или капельном способах полива она значительно меньше.

При этом на уровне района источниками информации будут хозяйства (14), орошаемые участки в этих хозяйствах (20) и отдельные орошаемые поля

(ориентировочно 142). Для областного уровня источниками будут 38 районов области. Ориентировочные содержания и количества сообщений от этих источников приводятся в таблице 4.1.

Расчет мер Хартли для приведенных в таблице 4.1 информационных объемов показывает, что на уровне 4 «район–поле» количество информации скачкообразно увеличивается - рисунок 4.1.

В тоже время на областном уровне мера Хартли только для одного Ершовского района равна 656,9. Для того, чтобы оценить суммарный объем информации от всех орошаемых районов Саратовской области недостаточно умножить эту меру на количество районов. Во первых, не везде в области требуется орошение больших площадей (например, на севере и западе достаточно влажно), во вторых, не везде имеются достаточные ресурсы для ведения поливного земледелия (трудовые, земельные, водные).

Таблица 4.1 - Ориентировочные содержания и информационные объемы сообщений от источников данных по управлению орошаемыми землями

№ пп	Уровень и источник	Группа сообщений	Сообщение	Сообщение	
				Вид	Объем
1	Региональный (областной) – район	Финансирование	Источник финансирования	Вариант	4
			Объем финансирования	Число	100
		Состояние работ	% выполнения плановый	Число	10
			% выполнения фактический	Число	10
			Причины задержек	Вариант	4
2	Районный – хозяйство	Финансирование	Источник финансирования	Вариант	4
			Объем финансирования	Число	100
		Экономические показатели	Стоимость продукции	Число	100
			Прибыль	Число	10
			Окупаемость затрат	Число	10
			Занятость, чел.	Число	5
3	Районный – участок	Состояние работ	% выполнения плановый	Число	10
			% выполнения фактический	Число	10
			Причины задержек	Вариант	4
		План использования	Целевое назначение	Вариант	4
			Состав севооборота	Вариант	20
		Водопользование	Водоисточник	Вариант	10
			Потребная водоподача	Число	5

Продолжение таблицы 4.1

№ пп	Уровень и источник	Группа сообщений	Сообщение	Сообщение	
				Вид	Объем
4	Районный – отдельное поле	Состояние работ	% выполнения плановый	Число	10
			% выполнения фактический	Число	10
			Причины задержек	Вариант	4
		Продукция	Планируемая культура	Вариант	100
			Планируемая урожайность (основная продукция)	Число	5
			Планируемая урожайность (побочная продукция)	Число	5
		Поливная техника	Способ полива	Вариант	4
			Тип ДМ	Вариант	20
			Дополнительное оборудо- вание	Вариант	10
		Состояние почв	Засоление	Вариант	5
			Осолоцевание	Вариант	5
			Обеспеченность азотом	Вариант	4
			Обеспеченность фосфором	Вариант	4
			Обеспеченность калием	Вариант	4
			Содержание гумуса	Число	5
			Уровень гумусированности	Вариант	3
Состояние окру- жающей среды	Уровень грунтовых вод	Вариант	3		
	Лесополосы	Вариант	2		

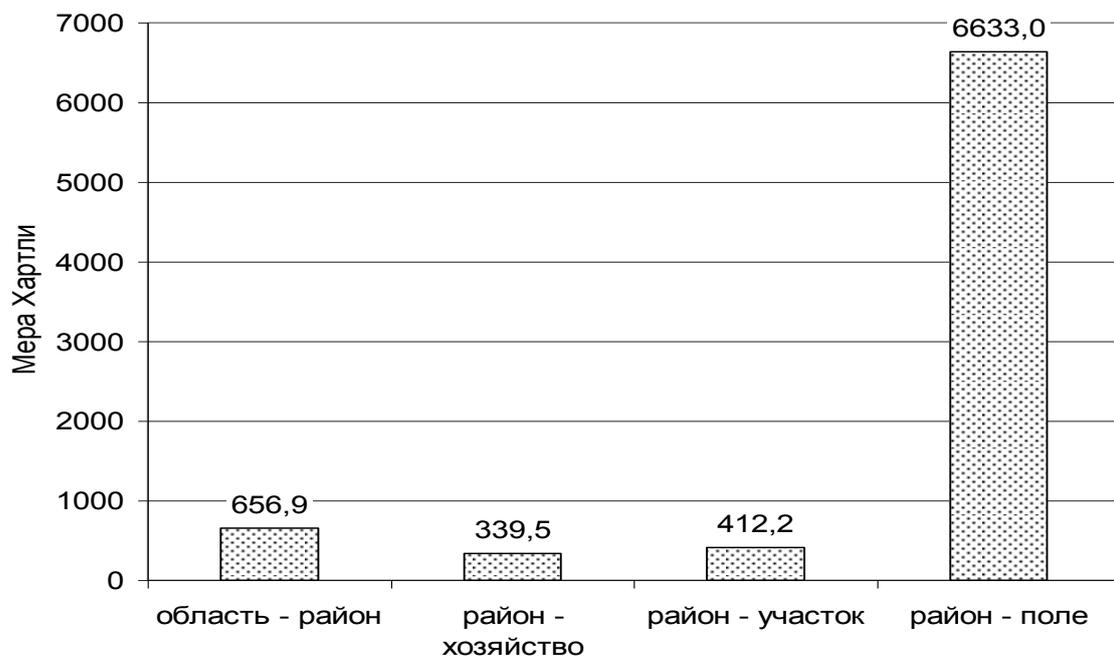


Рисунок 4.1 – Количества информации по различным уровням управления

Поэтому, по данным о площадях орошаемых земель, находящимся под наблюдением Саратовской гидромелиоративной партии, было проведено ранжирование районов области по развитости орошения. Затем, районы были разбиты на группы, каждой из которых присвоен оценочный коэффициент объемов информации. Результаты этого анализа приводятся в таблице 4.2.

Суммарное значение оценочного коэффициента объемов информации равно 12,9, а мера Хартли для областного уровня составит $656,9 \times 12,9 = 8474,01$. Сравнение информационных мер Ершовского района и Саратовской области показывает, что с учетом оценочного коэффициента они практически равны (расхождение составляет менее 2%).

Таблица 4.2 - Площади мелиорированных земель под наблюдением Саратовской гидромелиоративной партии на 2000 г. и оценочные коэффициенты объемов информации по районам области

№ пп	Район	Площадь, га	Группа, коэффициент
1	Марксовский	44700	Ведущие орошаемые районы, $k_I=2$
2	Энгельсский	38148	
3	Балаковский	29107	Районы существенного орошения, $k_I=1,3$
4	Ершовский	20819	
5	Духовницкий	19311	
6	Краснокутский	13547	Средние орошаемые районы, $k_I=0,6$
7	Ровенский	13409	
8	Советский	13018	
9	Краснопартизанский	10630	
10	Новоузенский	9758	
11	Пугачевский	5530	Малые орошаемые районы, $k_I=0,3$
12	Федоровский	4858	
13	Питерский	4482	
14	Дергачевский	4055	
15	Алгайский	2677	Районы несущественного орошения, $k_I=0,2$
16	Воскресенский	1786	
17	Ивантеевский	1266	
18	Перелюбский	942	Районы очень малого орошения, $k_I=0,1$
19	Озинский	875	

Таким образом, и кибернетические законы, требующие избегать избыточного количества объектов управления, и необходимость оптимизации количества

управленческой информации определяют потребность введения промежуточного уровня управления, находящегося между локальным (отдельное хозяйство) и региональным (область).

Похожую схему мониторинга и управления орошаемыми землями предлагали в 1995 г. Г.И. Фомин, Н.П. Пылев и В.В. Корсак [144], однако предлагаемая ими схема рисунок 4.2, исходя из реалий 90-ых годов прошлого века, ориентировалась в качестве промежуточного (локально-регионального) уровня на региональные научно-исследовательские организации Министерства сельского хозяйства РФ.

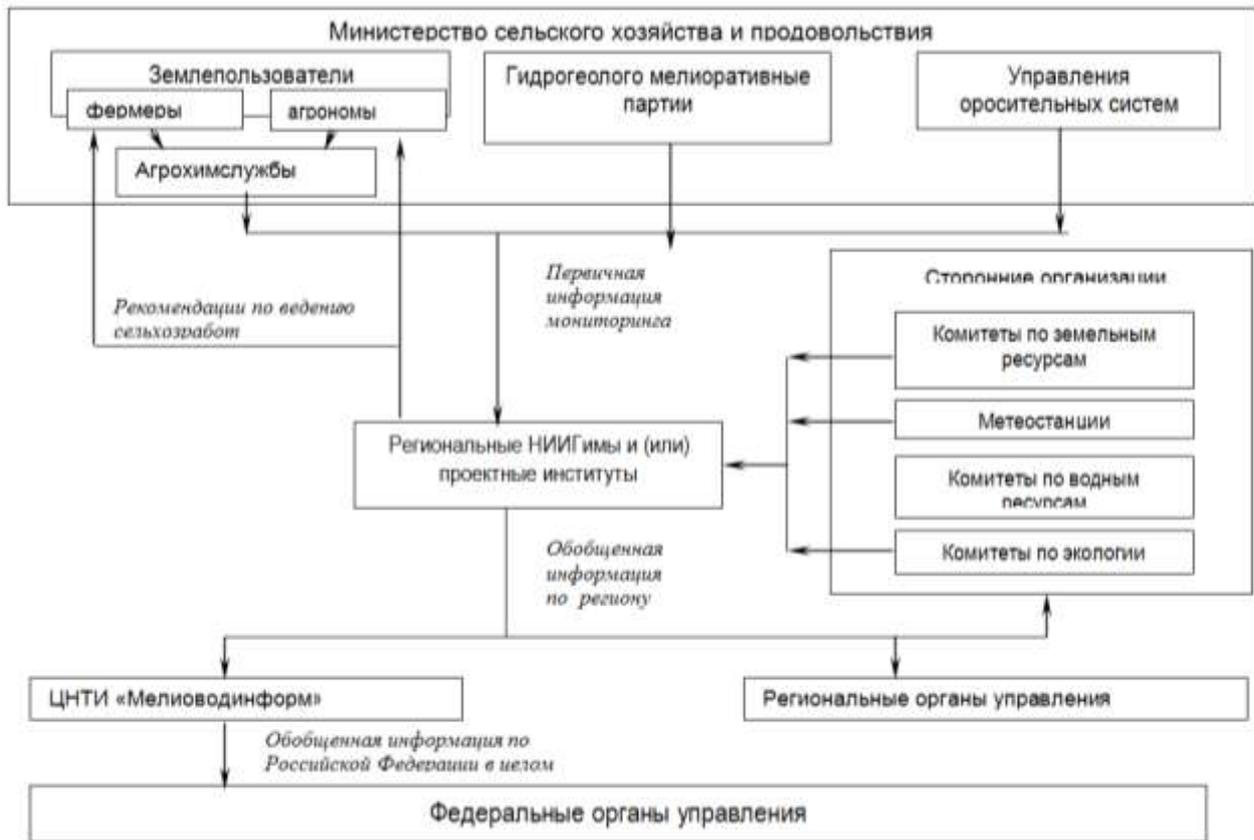


Рисунок 4.2 – Организационная структура мониторинга и управления орошаемых земель локально-регионального уровня

Мы предлагаем назвать этот уровень субрегиональным и ориентировать не на управления оросительных систем (УОС) и не на научно-исследовательские учреждения, а на администрации муниципальных районов. УОС занимаются эксплуатацией систем, конкретно подачей воды для орошения, инвестиционные,

трудовые, экономические и агроэкологические вопросы находятся в ведении местных администраций.

В этом случае структура информационного обеспечения региональной системы управления орошаемым земледелием в основном совпадает с самой структурой системы управления и имеет следующий вид рисунок 4.3.

На приведенной схеме областная гидрометеорологическая служба отнесена к верхнему уровню иерархии из-за своего подчинения федеральным органам управления.

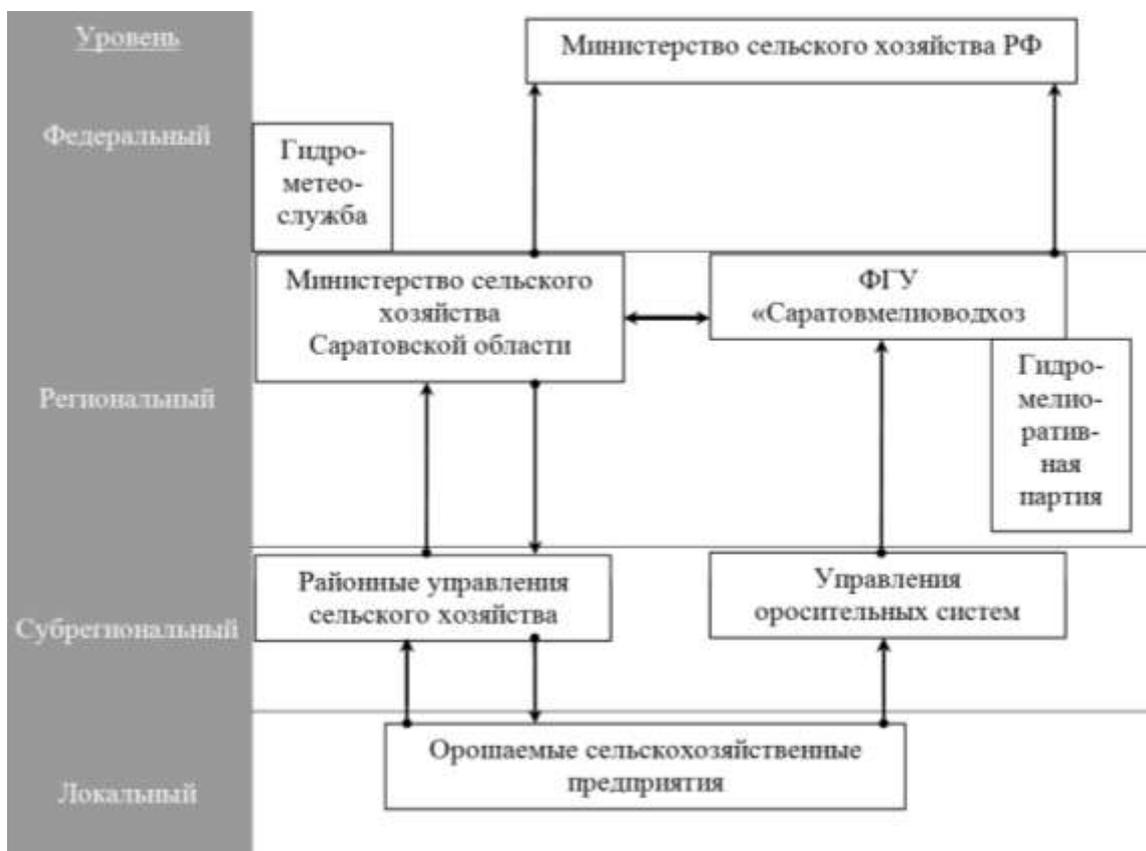


Рисунок 4.3 – Структурная схема информационного обеспечения региональной системы управления орошаемым земледелием

Все остальные субъекты региональной системы управления орошаемым земледелием, изображенные на данной схеме должны иметь в своем распоряжении элемента информационного обеспечения системы в виде баз данных, цифровых карт и специальных программ для их заполнения, просмотра и анализа.

4.2. Программные средства создания геоинформационной системы управления орошаемыми землями Ершовского района Саратовской области

В качестве основных программных средств создания ГИСУ орошаемыми землями использовались:

1. Геоинформационная система ArcGIS DeskTop версии 9.3;
2. Система управления базами данных Microsoft Access for Windows 2003;
3. Язык программирования Visual Basic for Applications (VBA).

ArcGIS Desktop является полнофункциональной системой, которая предназначена для решения геоинформационных задач любой сложности. Она разработана американской фирмой ESRI (Environmental Systems Research Institute) и продается на рынке в виде трех основных программных продуктов – таблица 4.4

Таблица 4.4 - Продукты ArcGIS Desktop

	Продукты		
	ArcView	ArcEditor	ArcInfo
Функции	Доступ к данным; Картографирование; Настройка; Пространственный анализ; Редактирование простых объектов	Все функции ArcView <i>Плюс</i> Доступ и редактирование дополнительных форматов данных (Покрытия и многопользовательская база геоданных); Дополнительные функции управления данными;	Все функции ArcView и ArcEditor <i>Плюс</i> Расширенные функции геообработки, включая возможность установки сервера геообработки; Максимально полный набор инструментов конвертации; Дополнительные инструменты пространственного и линейного анализа; Дополнительные возможности настройки для Workstation-приложений

В состав ArcGIS Desktop входит три главных программных приложения: ArcToolbox, ArcMap, ArcCatalog; два внешних: ArcExplorer и ArcReader; а также большое число расширений (extentions).

ArcMap – приложение, применяющееся для решения задач цифрового картографирования, в том числе векторизации, геоинформационного анализа, редактирования атрибутов векторных данных. В среде ArcMap ведется работа с векторными и растровыми представлениями электронных карт, трехмерными моделями рельефа поверхности Земли. Это приложение включает развитые средства создания тематических цифровых карт или картограмм, которые отображают про-

пространственные распределения числовых атрибутивных данных. Окно ArcMap состоит из 2 главных частей (Таблица содержания и Окно отображения) и нескольких дополнительных панелей – рисунок 4.4.

В таблице содержания отображаются фреймы данных (специальные структуры, объединяющие слои), слои карты, условные обозначения. Через эту таблицу производятся обращения к контекстным меню слоев или фреймов данных.

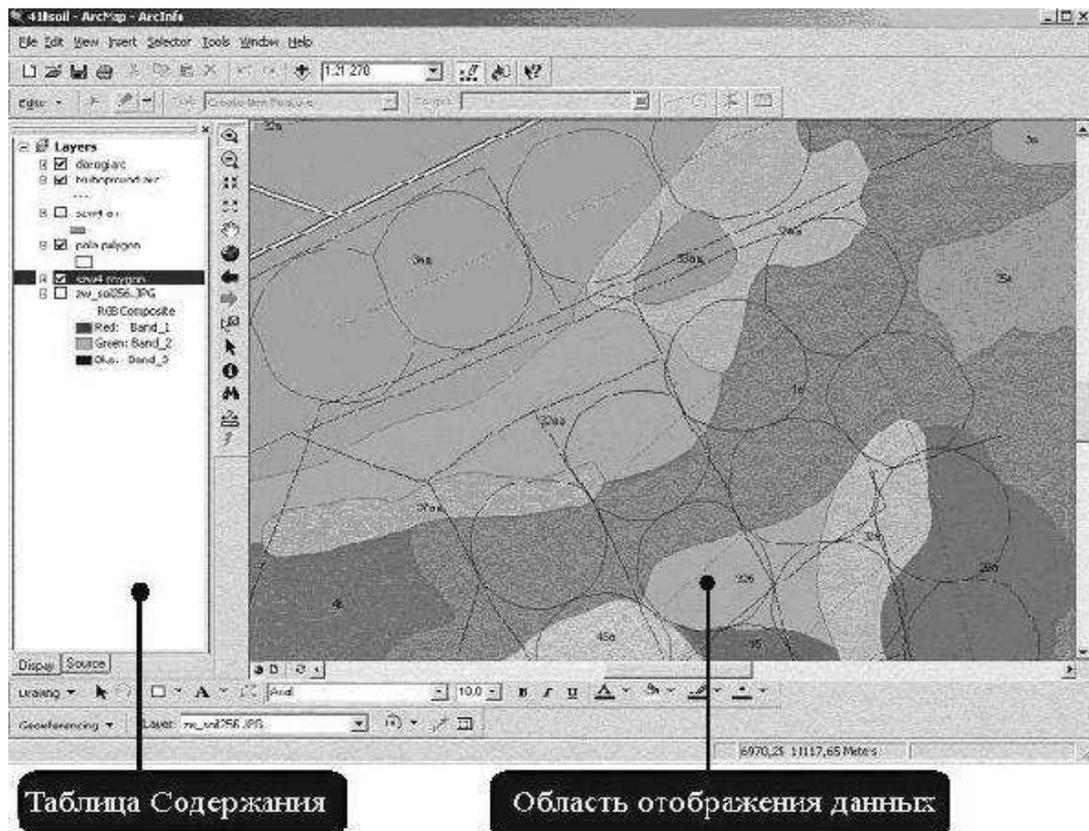


Рисунок 4.4 – Окно приложения ArcMap

ArcCatalog – приложение, позволяющее осуществлять просмотр и поиск географической информации, работать с метаданными слоев цифровых карт, создавать структуры данных, в том числе пустые векторные слои, предназначенные для дальнейшей векторизации.

ArcToolbox – приложение, содержащее более 100 функций обработки геопространственных данных, не требующих постоянной визуализации.

Важное место в составе программного обеспечения ГИСУ орошаемых земель занимают приложения ArcReader и ArcExplorer. Первое из них предназначается для

визуализации подготовленных тематических цифровых карт в организации, эксплуатирующей ГИСУ (районной администрации или ее специальном подразделении), а второе, ArcExplorer – для публикации актуальных, содержащих последние данные, тематических карт в сети Интернет – рисунок 4.5.

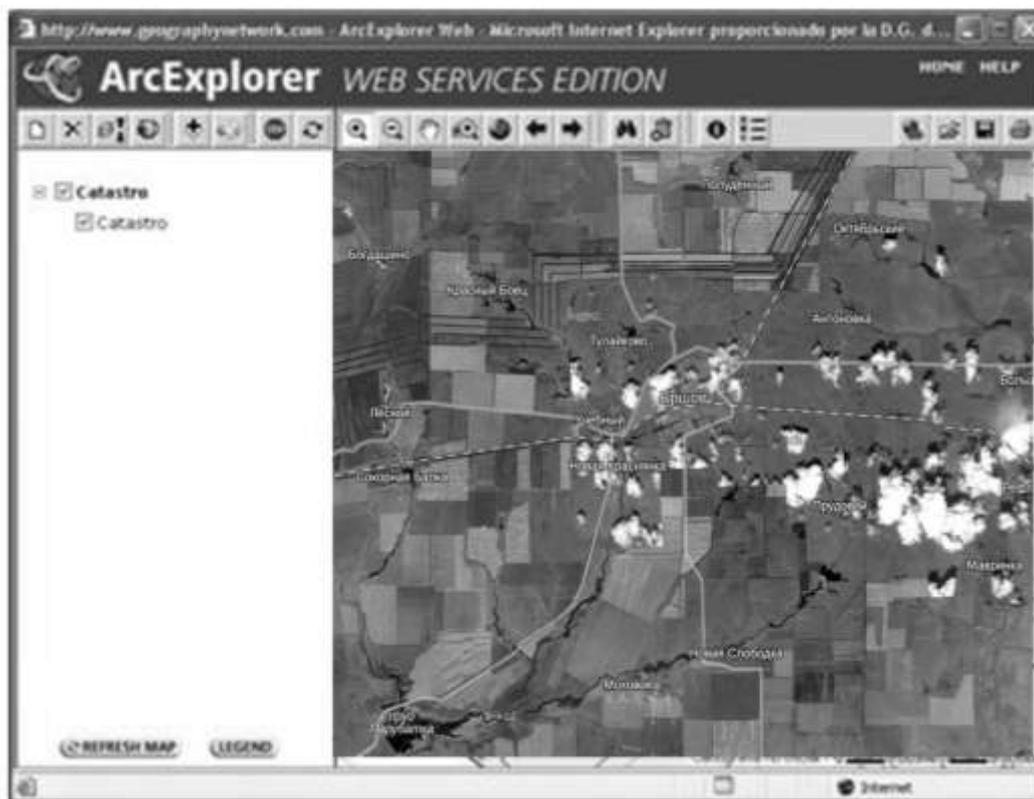


Рисунок 4.5 – Окно приложения ArcExplorer

Наибольшее значение среди модулей расширения ArcGIS Desktop в процессе создания и эксплуатации геоинформационной системы управления орошаемыми землями Ершовского района имели:

1. Geostatistical Analyst – набор средств интерполяции и аппроксимации пространственных данных, применяющийся нами для природно-климатического районирования территории Ершовского района Саратовской области.
2. Georeferencing – инструмент пространственной привязки растровых представлений различных карт к географическим координатам в различных картографических проекциях и системах координат. В данном случае мы использовали в основном системы координат WGS-84 (космические снимки и данные средств глобального спутникового позиционирования – GPS) и Гаусса-Крюгера (топографические карты).

3. Spatial Analyst – расширение, предназначенное для осуществления пространственного анализа. С его помощью проводились операции по районированию геопространственных данных с использованием растровой алгебры (Map Algebra), в том числе конвертирование векторных данных в растровые и обратно; интерполяция растровых данных с выделение зон различных уровней численных значений данных; совместная калькуляция нескольких растровых слоев.

4. ArcGIS Publisher – расширение для публикации геоинформационных данных, создающее цифровые тематические карты, предназначенные для просмотра геопространственных данных через приложения ArcReader или ArcExplorer (в сети Интернет).

Система управления реляционными базами данных Microsoft Access for Windows, разработанная корпорацией Microsoft, включает достаточно широкий набор средств работы с реляционными файлами, а с помощью встроенного языка Visual Basic for Applications (VBA) в среде Access можно создавать собственные приложения для обработки баз данных. При этом, если сам MS Access – проприетарное (коммерческое) программное обеспечение и для его использования необходима лицензия, то для приложений, созданных на базе MS Access, лицензия не нужна. Для работы таких приложений требуется так называемая runtime-версия MS Access, распространяемая с сайта компании-разработчика или дистрибьютора бесплатно. Полнофункциональная версия Access распространяется в составе пакетов Microsoft Office Enterprise, Microsoft Office Professional Plus и Microsoft Office Professional, а также отдельно. В качестве движка базы данных Access использует Microsoft Jet Database Engine. Она представляет собой файл-серверную СУБД, и может применяться для создания и использования приложений, ориентированным на небольшое число пользователей, одновременно работающих с данными.

MS Access предоставляет удобные средства для создания реляционных файлов – таблиц – рисунок 4.6, которые были использованы при разработке внешней базы данных геоинформационной системы управления орошаемыми землями.

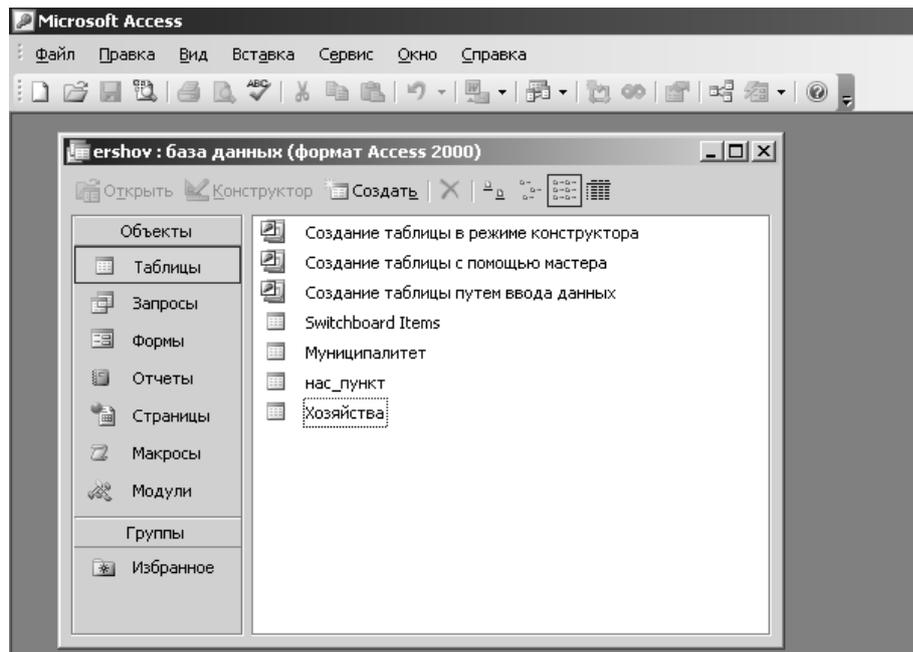


Рисунок 4.6 – Окно создания базы данных

Также в состав MS Access входят «Мастер» и «Конструктор» экранных форм, использованные для создания пользовательских окон геоинформационной системы управления.

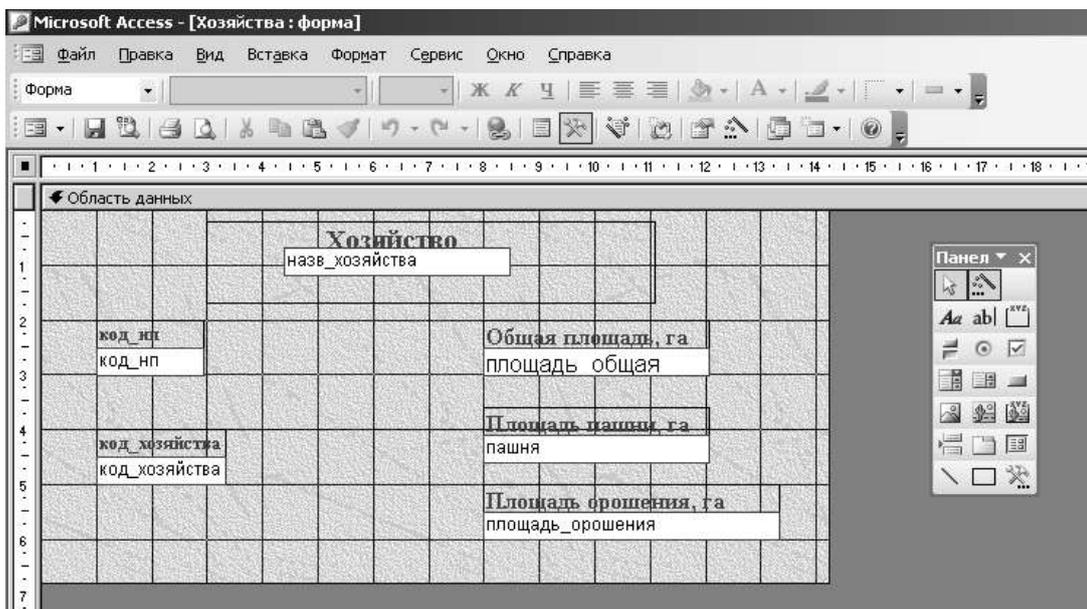


Рисунок 4.7 – Окно конструктора экранных форм СУБД MS Access

Важнейшую роль при выборе MS Access в качестве системы управления базами данных ГИС управления орошаемыми землями Ершовского района сыграли имеющиеся у этого программного комплекса возможности экспорта и импорта файлов других форматов, в том числе и основного в системе ArcGIS DeskTop формата dBase IV - таблица 4.5

Таблица 4.5 - Совместимость MS Access с другими форматами данных

Источник данных	Версия Access	Драйвер
Файлы Excel	все	встроенный
MySQL	2000-2003	MyODBC v.3.51.X, 5.1.X
dBase IV (dbf)	2003	Visual FoxPro ODBC driver v.6.01.8629.01
Текстовые файлы	все	встроенный
Таблицы html	все	встроенный

Можно отметить, что формат dBase IV или dbf также является основным для широко распространенной в нашей стране программной систем бухгалтерского учета 1С версии 7.7.

Третьим инструментом создания ГИС управления орошаемыми землями района является язык программирования VBA (Visual Basic for Applications) – упрощённая реализация языка Visual Basic фирмы Microsoft, которая встроена в большинство продуктов этой фирмы, во все приложения MS Office, а также других производителей программного обеспечения, в том числе ArcGIS. Он относится к интерпретируемым языкам – рисунок 4.8

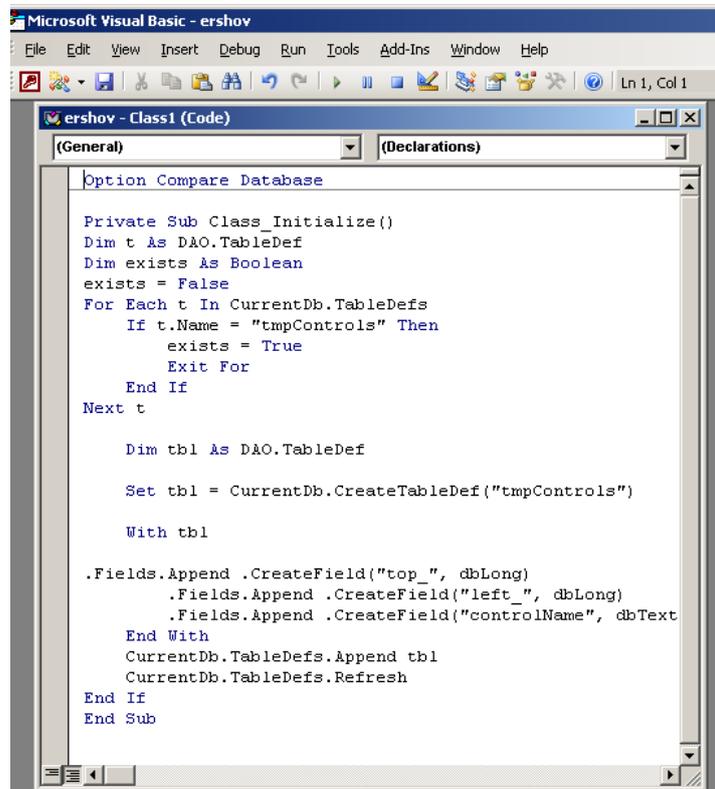


Рисунок 4.8 – Окно редактирования программы на Visual Basic for Applications

На VBA разрабатывались макросы ГИС управления орошаемыми земля-

ми, предназначенные для экспорта данных во внешние таблицы базы.

4.3. Состав и структура программно-информационного обеспечения системы управления орошаемыми землями

На субрегиональном уровне в состав информационного обеспечения ГИСУ орошаемыми землями должны входить 2 основных компонента:

1. Цифровая карта района, состоящая из 6 групп векторных слоев, в том числе инфраструктура (границы района и хозяйств -рисунок 4.9а, основные дороги, населенные пункты); оросительные системы (орошаемые поля - рисунок 4.9б, каналы и трубопроводы, гидротехнические сооружения, насосные станции, водосточники); картограммы и цифровые модели природных условий (рельеф, почвы, геология и гидрогеология, эродированность, загрязненность и радиоактивность земель, особо охраняемые природные территории), точки получения данных (метеостанции, места отбора почвенных проб, скважины наблюдений за грунтовыми водами и т.д.).



Рисунок 4.9 – Орошаемые хозяйства (а) и орошаемые поля (б) Ершовского района Саратовской области

2. Атрибутивная база данных, включающая в себя внутренние реляционные таблицы, жестко связанные с векторными слоями цифровой карты, и внешние фай-

лы, которые могут вести отдельными самостоятельными программами и связываться с цифровой картой через внутренние таблицы непосредственно для визуализации и геоинформационного анализа. Минимально необходимый состав атрибутивной базы представлен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 - Состав атрибутивной базы данных субрегионального уровня

№ гр.	Группы файлов	Файлы
1	Постоянная информация (объекты цифровой карты)	Населенные пункты
		Сельскохозяйственные предприятия
		Оросительные системы
		Каналы
		Трубопроводы
		Водохранилища (пруды)
		Гидротехнические сооружения
		Насосные станции
		Электроподстанции
2	Ежегодно обновляемая и накапливаемая информация	Площади орошаемых земель по водопользователям
		Структура посевов на орошаемых землях
		Мелиоративное состояние орошаемых земель
3	Накопительная информация	Заявки на водоподачу
		Расчет водопотребления и забора воды из источников орошения
		Потребление электроэнергии
4	Оперативная информация	Состояние ГТС
		Текущая агрометеорологическая информация
		Заявки на водоподачу

Кроме этого, атрибутивная база данных субрегионального уровня должна содержать полный объем информации, необходимый для прогнозирования изменений компонентов окружающей среды под влиянием оросительных мелиораций, и, прежде всего, водно-солевого режима орошаемых почв [101]. Информационная модель такого прогнозирования, представленная на рисунке 4.10, обуславливает состав дополнительной информации для прогнозирования – таблица 4.7.

В состав основного программно-информационного обеспечения геоинформационной системы управления орошаемыми землями Ершовского района входят (рисунок 4.11): цифровая карта мелиорируемых угодий района; внешняя атрибутивная база данных орошаемых хозяйств, состояния их земель и других мелиоративных объектов; главная и вспомогательные процедуры, разработанные

на языке программирования VBA в среде MS Access; программы отображения тематических карт ArcReader и ArcExplorer, экранные формы ввода и редактирования данных – рисунок 4.12, рисунок 4.13, рисунок 4.14.



Рисунок 4.10 – Информационная модель прогнозирования водно-солевого режима орошаемых земель [140]

Таблица 4.7 - Опорные данные для прогнозирования в составе атрибутивной базы данных субрегионального уровня

1	Ряды подекадных агрометеорологических наблюдений не менее чем за 30 лет	Температура воздуха
		Дефицит влажности воздуха
		Осадки
2	Пофазовые биоклиматические коэффициенты основных поливных культур	
3	Водно-физические свойства орошаемых почв	Плотность сложения
		Плотность твердой фазы
		Наименьшая влагоемкость
		Влажность разрыва капилляров
		Влажность устойчивого завядания
4	Параметры почвенных гидрофизических функций	Коэффициент впитывания
		Основная гидрофизическая характеристика
		Функция влагопроводности

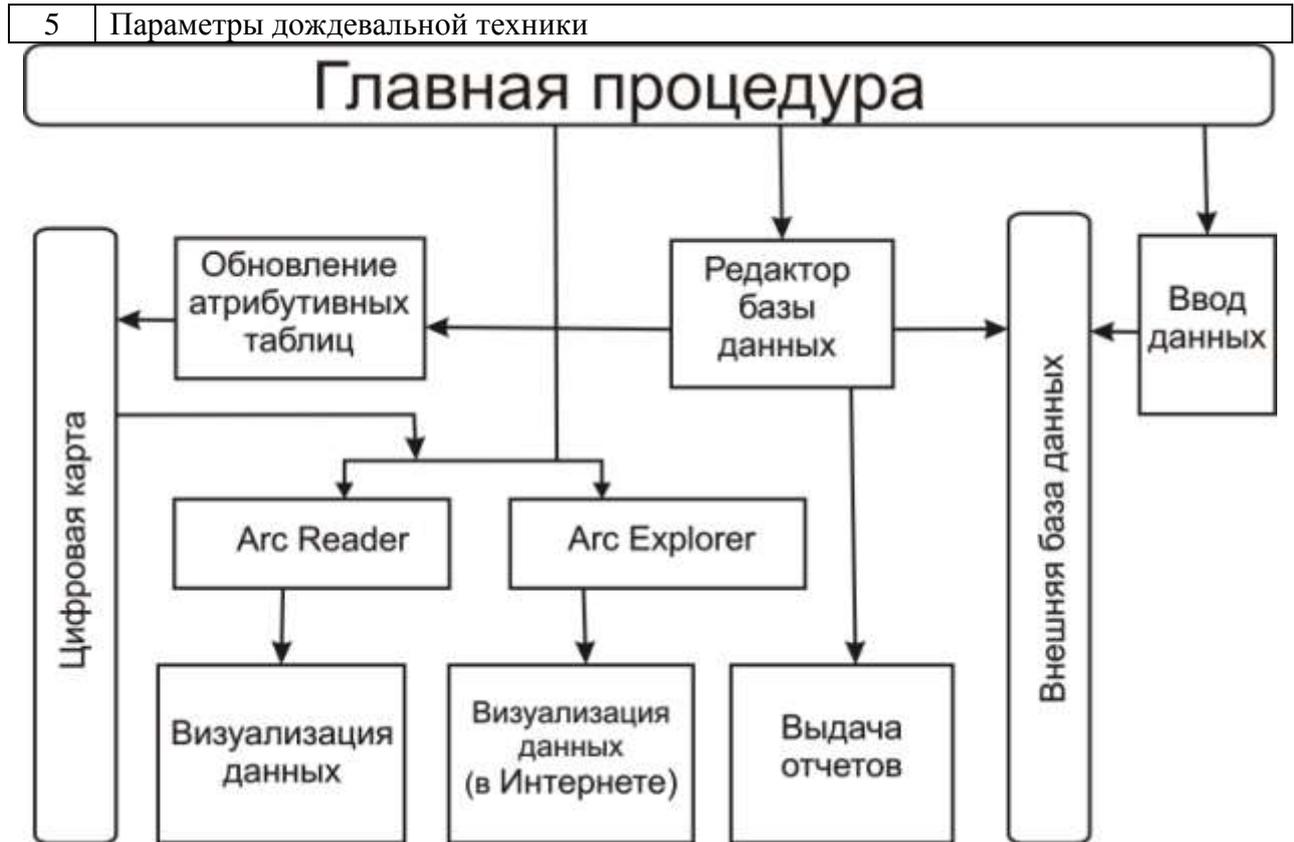


Рисунок 4.11 – Структура программно-информационного обеспечения ГИСУ по управлению орошаемыми землями Ершовского района

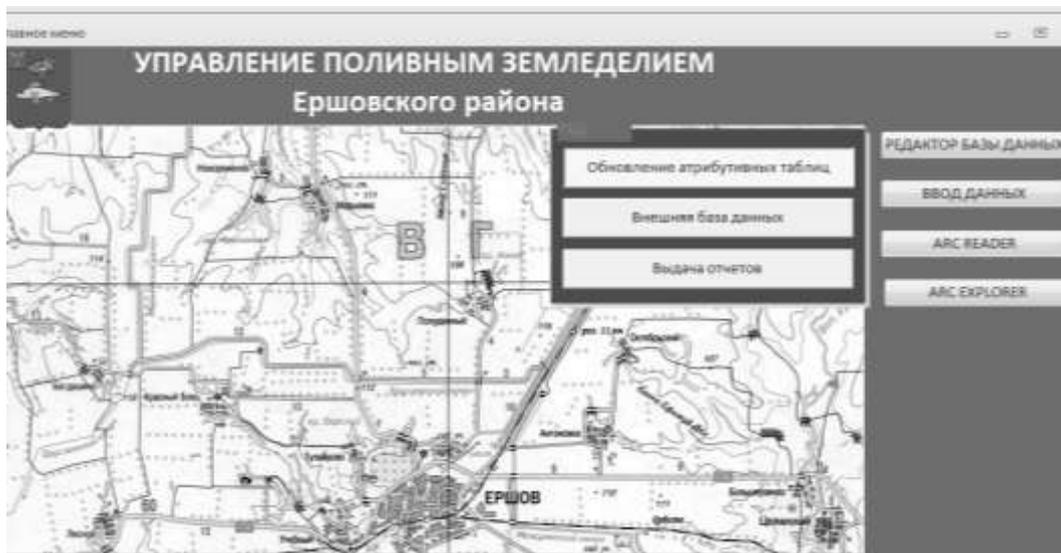


Рисунок 4.12 – Главное меню ГИС по управлению орошаемыми землями Ершовского района

Рисунок 4.13 – Экранная форма ввода сельскохозяйственных предприятий ГИС по управлению орошаемыми землями Ершовского района

населенный пункт	код_пк	площадь	тип_земли	площадь_орошения
Ивановка	1			
Красная Зв.	2			
Никольское	3			
Березовка	4			
Дмитриевки	5			
Новая Ело	6			
Бобово	7			
Заря	8			
Посеводин	9			
Первомайск	10			
Солнечный	11			
имени Тель	12			

Рисунок 4.14 – Экранная форма ввода населенных пунктов ГИС по управлению орошаемыми землями Ершовского района

Кроме этого, дополнительно к представленным на схеме объектам добавлены внешние процедуры прогнозирования, а именно математическая модель транспорта влаги и солей в почве SWAP, версия 2.07D которой бесплатно распространяется разработчиками (Вагенингенский университет, Нидерланды), а также разработанная нами модель прогнозирования цен на сельскохозяйственную продукцию.

В связи с тем, что одной из задач ГИСУ является контроль использования отдельных поливных угодий на уровне конкретного поля состав векторных слоев его цифровой карты в основном совпадает с составом слоев цифровой карты локального мониторинга орошаемых земель, включающего в себя гидрофизически различные почвенные контуры [104].

Для решения задач планирования мелиоративной инвестиционной политики, прежде всего прогнозирования агроклиматических изменений в районе и выбора территорий, перспективных для орошения в состав цифровой карты включены слои: уклонов земной поверхности (меньше 1°, 1-3° и так далее); почвенных разностей; геохимических характеристик подземных вод; состояния поверхностных вод; контуры загрязнения цезием и стронцием; расположенные в районе и рядом с ним метеостанции [106]. Состав атрибутивной базы, позволяющий решить как тактические (оперативного управления) так и стратегические (выбора инвестиционной политики) задачи представлен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 - Состав базы данных ГИСУ орошаемыми землями

№ гр.	Группы файлов	Файлы
Данные мониторинга орошаемых земель		
1	Постоянная информация	Населенные пункты
		Сельскохозяйственные предприятия
		Оросительные системы
		Каналы
		Трубопроводы
		Водохранилища (пруды)
		Гидротехнические сооружения
		Насосные станции
		Электроподстанции
2	Ежегодно обновляемая и накапливаемая информация	Дождевальные машины и их параметры
		Площади поливных земель по хозяйствам
		Структура посевов на орошаемых землях
3	Оперативная информация	Мелиоративное состояние земель
		Заявки на водоподачу
		Расчеты водопотребления и забора воды
		Потребление электроэнергии
		Состояние ГТС
		Текущая агрометеоинформация
Опорные данные для прогнозирования		
4	Ряды подекадных агрометеорологических наблюдений	Заявки и выполнение поливов
		Температура воздуха
		Дефицит влажности воздуха
5	Параметры водопотребления поливных культур	Осадки
		Биоклиматические коэффициенты
		Суммы температур смены фаз
		Активные слои почвы
		Предполивные пороги влажности

Продолжение таблицы 4.8

№ гр.	Группы файлов	Файлы
6	Водно-физические свойства орошаемых почв и параметры почвенных гидрофизических функций	Плотность сложения
		Плотность твердой фазы
		Наименьшая влагоемкость
		Влажность разрыва капилляров
		Влажность устойчивого завядания
		Коэффициент впитывания
		Основная гидрофизическая характеристика
Функция влагопроводности		

Схема функционирования ГИС по управлению орошаемыми землями Ершовского района представлена на рисунке 4.15.

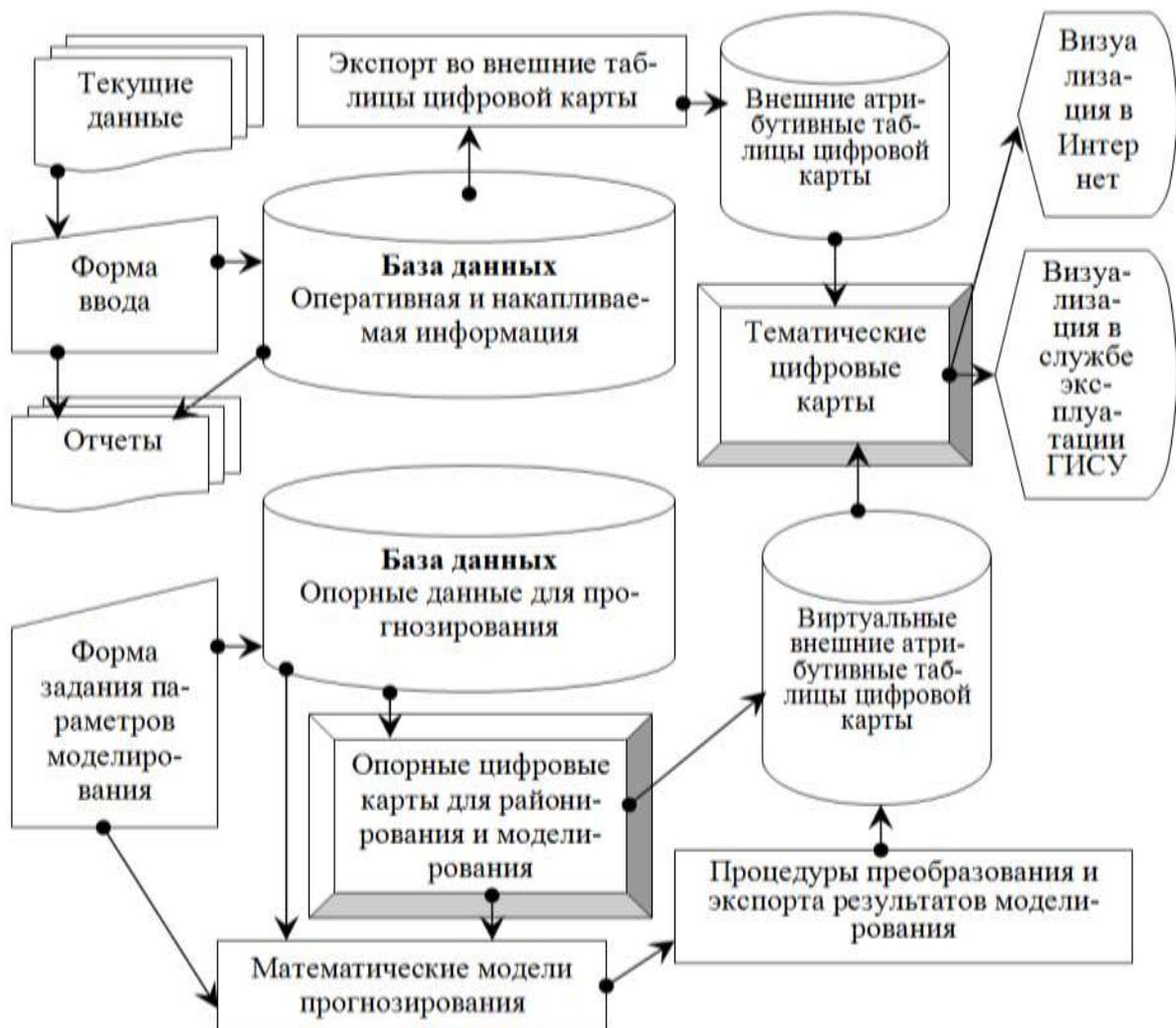


Рисунок 4.15 – Схема функционирования ГИС по управлению орошаемыми землями Ершовского района

Основными результатами работы геоинформационной системы управле-

ния орошаемыми землями Ершовского района являются отчеты по использованию мелиорируемых сельскохозяйственных угодий, выполненные по стандартным формам, прогнозы изменения мелиоративной и эколого-экономической обстановки, а, главное, тематические карты (картограммы) в удобном для восприятия графическом виде отражающие информацию о наличии, состоянии и использовании поливных участков. Пример такой картограммы приводится на рисунке 4.16.

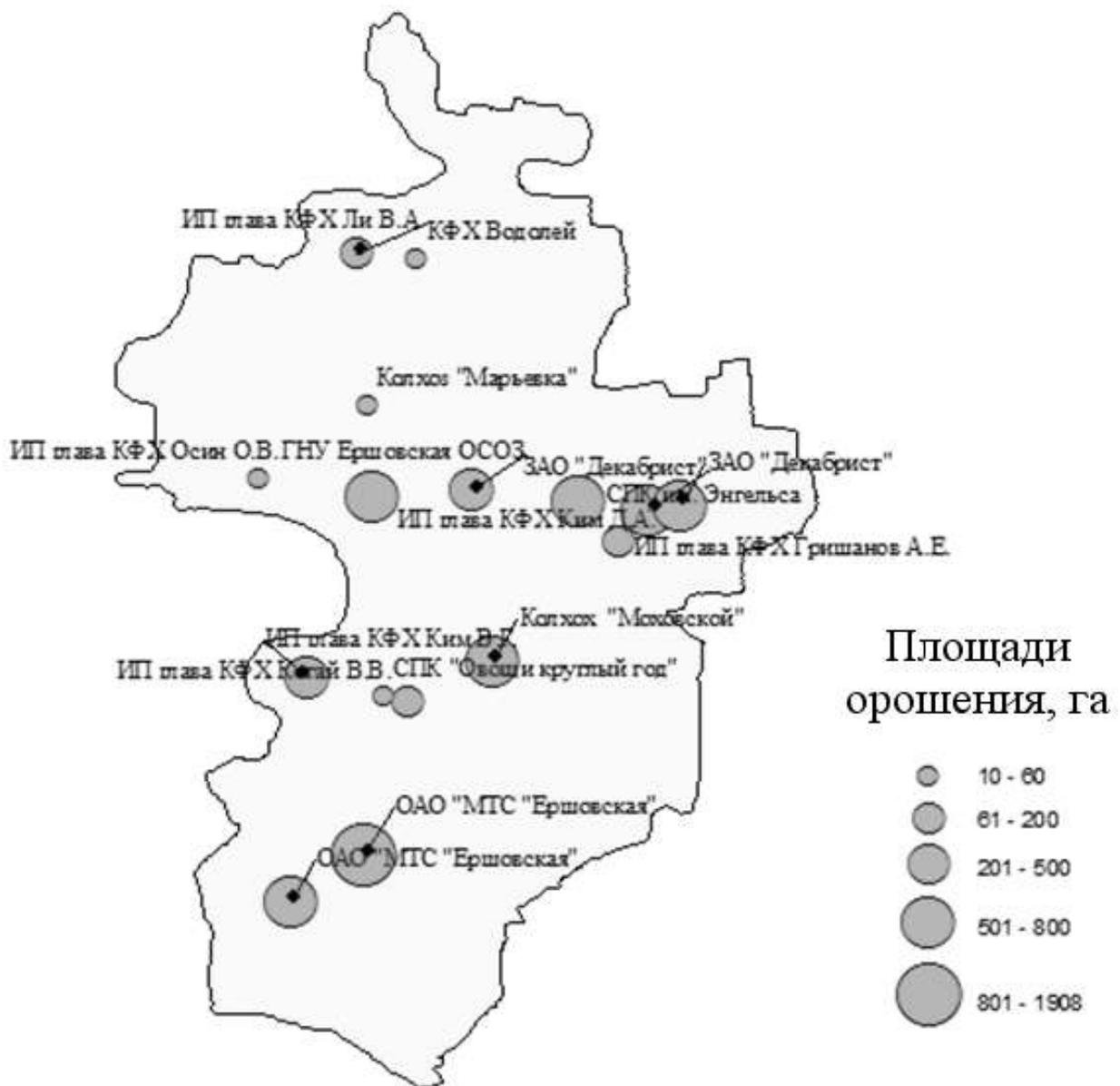


Рисунок 4.16 – Планируемый ввод орошаемых участков в Ершовском районе Саратовской области на 2014-2020 гг.

Использование предлагаемой ГИСУ позволит обеспечить повышение ка-

чества управления орошаемыми землями и научной обоснованности планирования развития орошения, а ее опытная эксплуатация в Ершовском районе Саратовской области даст возможность внедрить геоинформационные технологии в управление мелиоративными комплексами всех районов Саратовского Заволжья.

4.4. Модели прогнозирования геоинформационной системы управления орошаемыми землями

Для разработки стратегии развития мелиоративного комплекса районного уровня, также как и для областного, необходимо прогнозирование трех основных факторов эколого-экономической состоятельности поливного земледелия:

1. Влияние поливного растениеводства на плодородие и мелиоративное состояние орошаемых земель. Здесь, прежде всего, важен прогноз подъема уровня грунтовых вод и вторичного засоления мелиорируемых угодий. Методика такого прогнозирования разработана А.С. Фальковичем с соавторами [127]. Она будет использоваться в процессе эксплуатации геоинформационной системы управления орошаемыми землями, для чего в составе базы данных ГИСУ предусмотрены все необходимые данные, а в состав программного обеспечения входит программный комплекс SWAP 2.07D.

2. Прогноз изменения климата конкретно в Ершовском районе. Например, происходящая, по мнению многих ученых аридизация климата Поволжья, связанная с глобальным потеплением, потребует как увеличения гидромодулей оросительных систем, так и, соответственно, роста затрат на водоподачу. Это может привести к нехватке воды для полива наиболее влаголюбивых культур при сильном росте их себестоимости. С другой стороны, существуют модели, прогнозирующие повышение влажности климата Среднего Поволжья [127], что может привести к снижению потребности в ирригации. Наш анализ метеорологических данных по метеостанции г. Ершова показал, что в период 1958-2012 гг. происходило как незначительное повышение среднесуточных температур, так и более существенный рост осадков. Это приводит к невозможности включения модели

прогноза климатических факторов в состав ГИСУ, требуются дополнительные исследования.

3. Прогноз изменений экономических условий ведения поливного растениеводства. В связи с тем, что в Российской Федерации в целом и в Саратовской области в частности невозможно прогнозировать стоимость основных ресурсов, потребных для ведения поливного земледелия (прежде всего это касается электроэнергии и горючесмазочных материалов), было решено обратить внимание на прогноз цен и, соответственно, стоимости продукции, получаемой с орошаемой пашни.

Так как наша страна вступила во Всемирную торговую организацию, местные региональные цены на все продукты питания, прежде всего широко торгующиеся на мировом рынке будут тесно связаны с мировыми. Поэтому тенденции изменения мировых цен будут коррелировать с местными тенденциями, следовательно, до накопления районной или областной базы данных по временной динамике стоимости сельскохозяйственной продукции можно отработать методику прогнозирования цен и, с определенными оговорками, использовать полученные прогнозы для обоснования инвестиций.

В последние годы, основными культурами, возделываемыми на орошении в Саратовской области, являются кормовые, зерновые и овощные, а также картофель (рисунок 4.17), которые занимают соответственно 49, 20, 15 и 14% всей орошаемой пашни.

Как показывает засилье импортной овощной продукции в сетевых продовольственных магазинах, несмотря на значительный рост производства овощей в нашей области в последние годы, местная цена на них определяется не спросом и предложением, а какими-то другими, возможно логистическими факторами. Кроме того, в малонаселенном Ершовском районе широкое производство этого вида продукции поливного земледелия малоперспективно из-за нехватки трудовых ресурсов, ведь овощи – самые трудоемкие культуры.

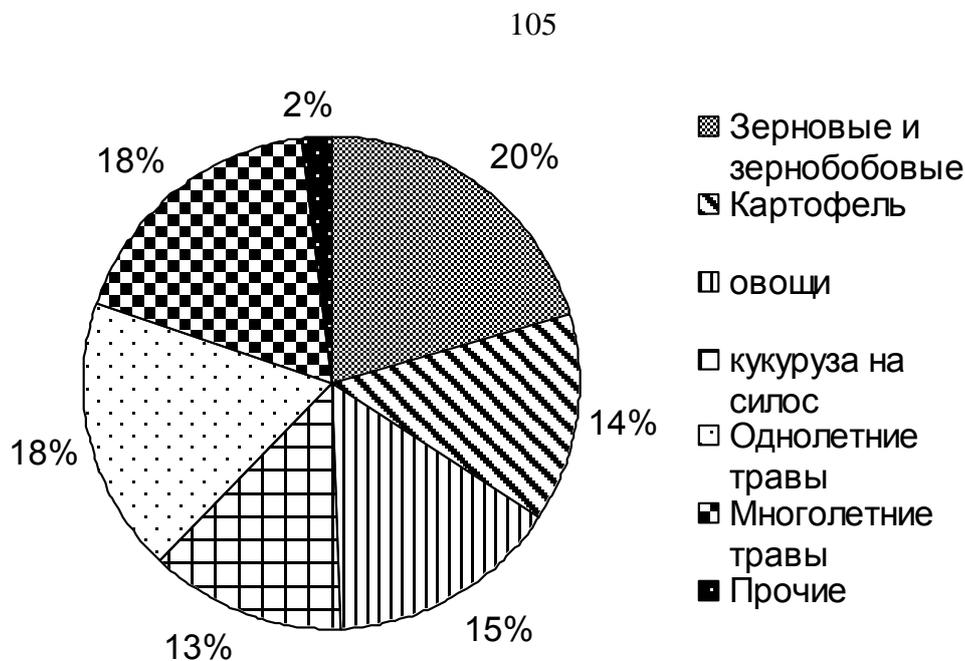


Рисунок 4.17 – Структура орошаемых посевов Саратовской области (2012 г.)

Поэтому прогноз стоимости продукции растениеводства проводился напрямую для зерновых культур и косвенно, через цены на продукцию животноводства, для кормовых, так как рынка кормовых культур нет ни в мире, ни в Российской Федерации. Данные для анализа брались с официального сайта Организации по продовольствию и сельскому хозяйству Объединенных наций (ФАО – FAO Food and Agriculture Organization United Nations). ФАО рассчитывает индексы цен в процентах на продовольствие и отдельные группы продовольственных товаров по отношению к средним ценам за 2002-2004 гг., которые принимает за 100%.

Простой регрессионный анализ данных по индексу цен за двухтысячные годы (рис. 4.18) показывает, что стоимость и продовольствия в целом, и отдельных групп продовольственных товаров имеют устойчивые тенденции роста. Уровень достоверности представленных трендов составляет для продовольствия 0,89, зерна 0,82, мяса 0,93 и молока 0,81. Однако, при прогнозировании необходимо принимать во внимание значительные колебания мировых цен на продукты питания, особенно хорошо заметные на данных за более продолжительные периоды – рисунок. 4.19.

Общий тренд, рассчитанный на более чем полувековом массиве данных, также имеет высокую достоверность ($R^2=0,798$) и показывает на устойчивую тенденцию роста цен. Однако, наличие периодов в которых цены находились суще-

ственно выше или ниже линии тренда не позволяет сделать прогноз на относительно близкую перспективу.

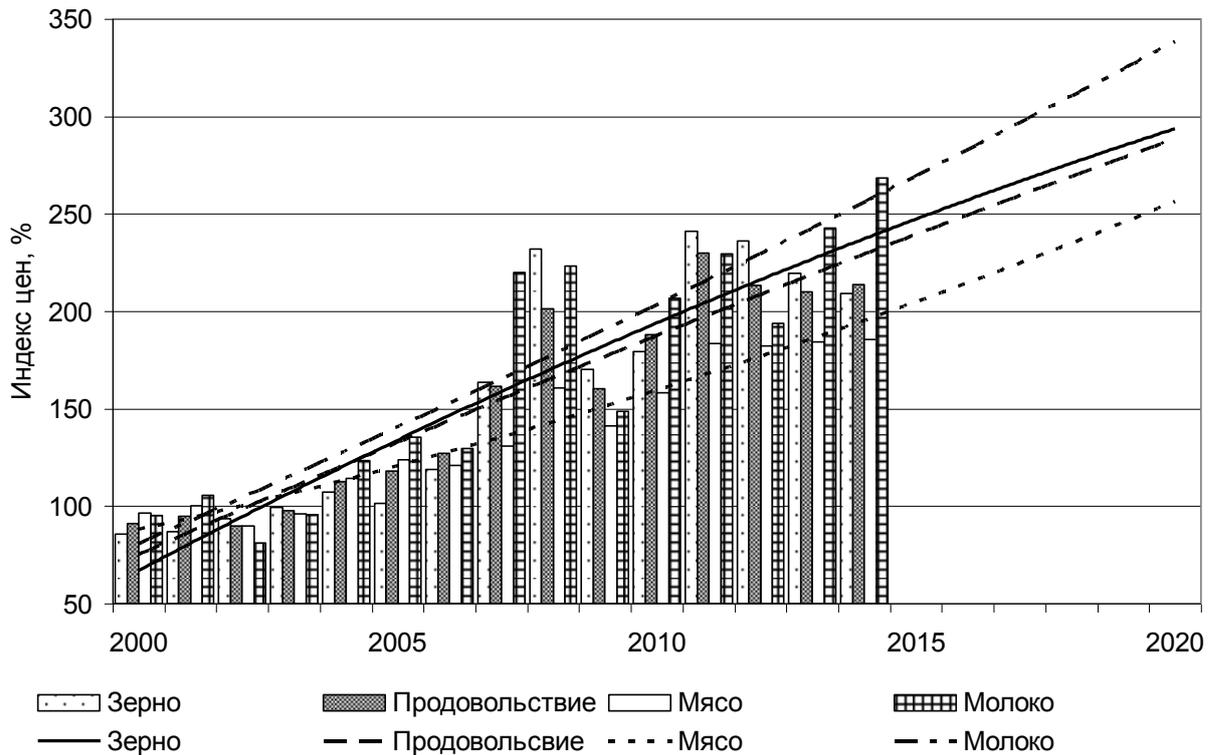


Рисунок 4.18 – Динамика и прогноз индексов мировых цен на продовольствие и основные его группы

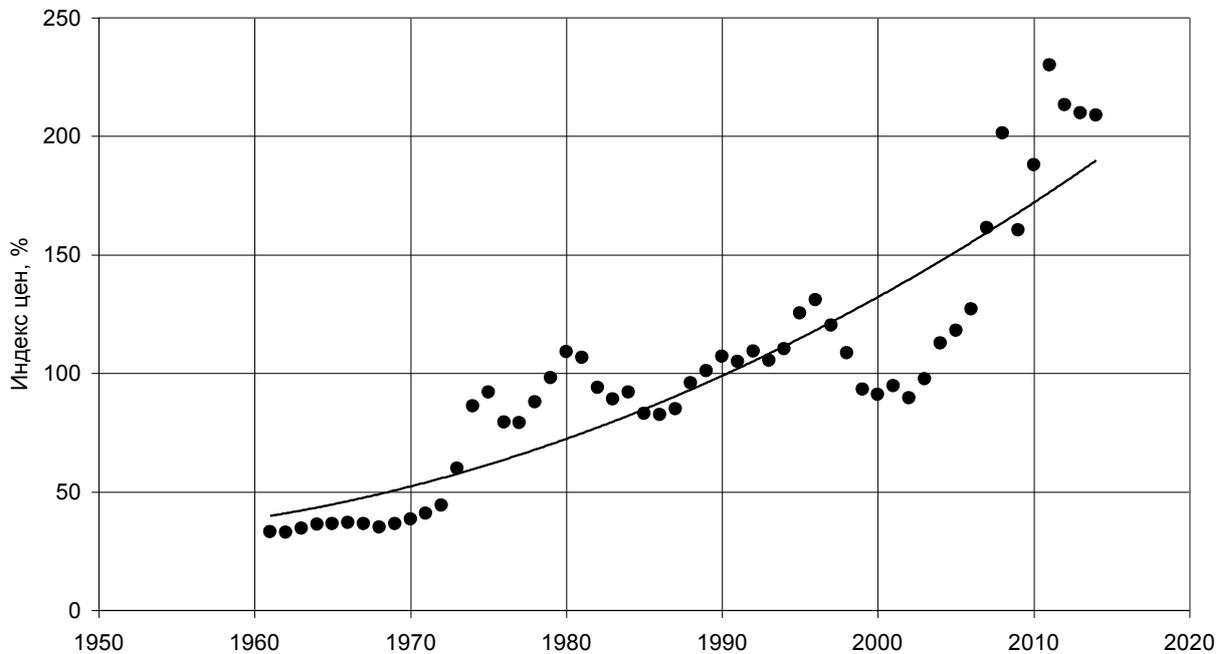


Рисунок 4.19 – Индексы мировых цен на продовольствие за 1961-2014 гг.

Еще больше проблем возникает, если при определении индексов цен учитывалась инфляция - рисунок 4.20.

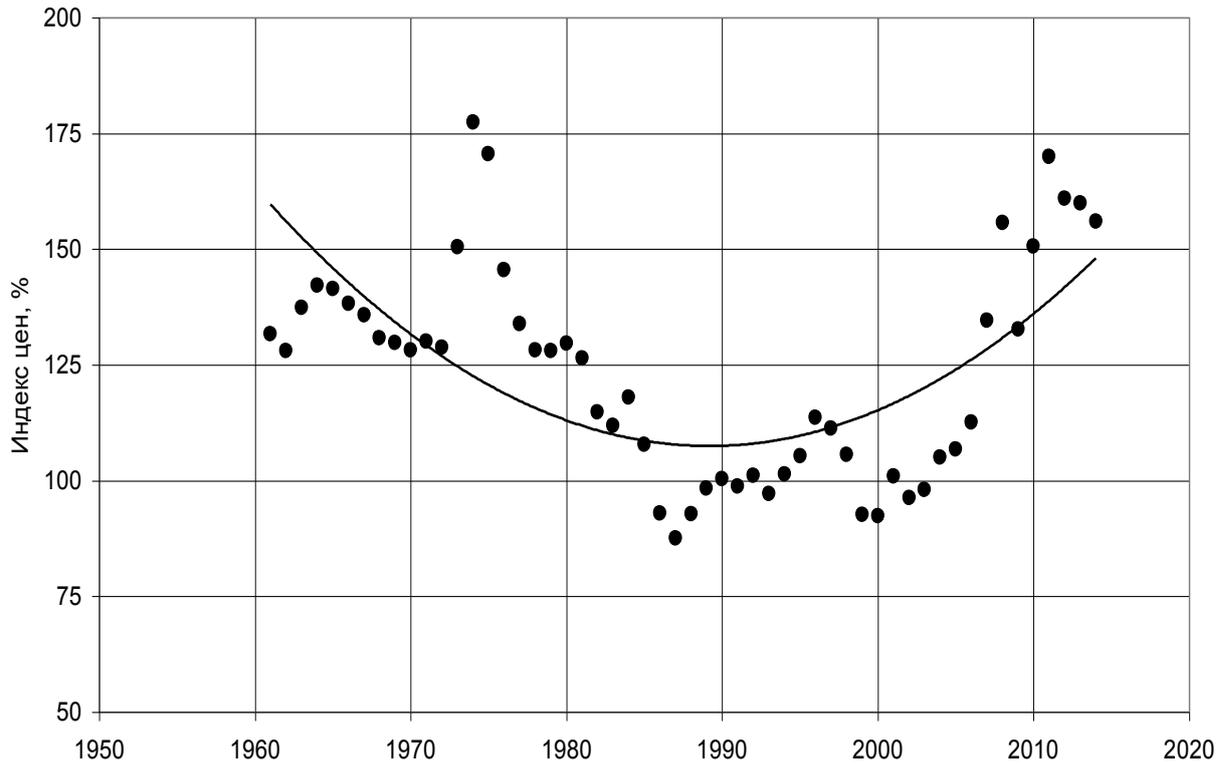


Рисунок 4.20 – Индексы мировых цен на продовольствие за 1961-2014 гг. с учетом инфляции

Как видно по графику, в данном случае и разброс индексов выше, и тенденция, имеющая значительно более низкую достоверность ($R^2=0,41$), носит совершенно другой характер.

В связи с этим, для подтверждения достоверности линейного тренда индекса мировых цен на зерновые (рисунок 4.21), выраженного формулой: $ИЦ=12,16 \cdot N - 24250$, где ИЦ – индекс мировых цен на зерновые, %; N – номер года; и имеющего высокий уровень достоверности (коэффициент детерминации 0,82), решено использовать современный метод фрактального анализа.

Фрактал – это математическое множество или некоторые другой, в том числе природный объект, которые обладают свойством самоподобия, то есть любая часть фрактала подобна всему фракталу целиком. Например, фракталами называют множества точек в евклидовом пространстве, которые имеют не целую, а дробную размерность, либо их метрическая размерность отличается от топологической размерности.

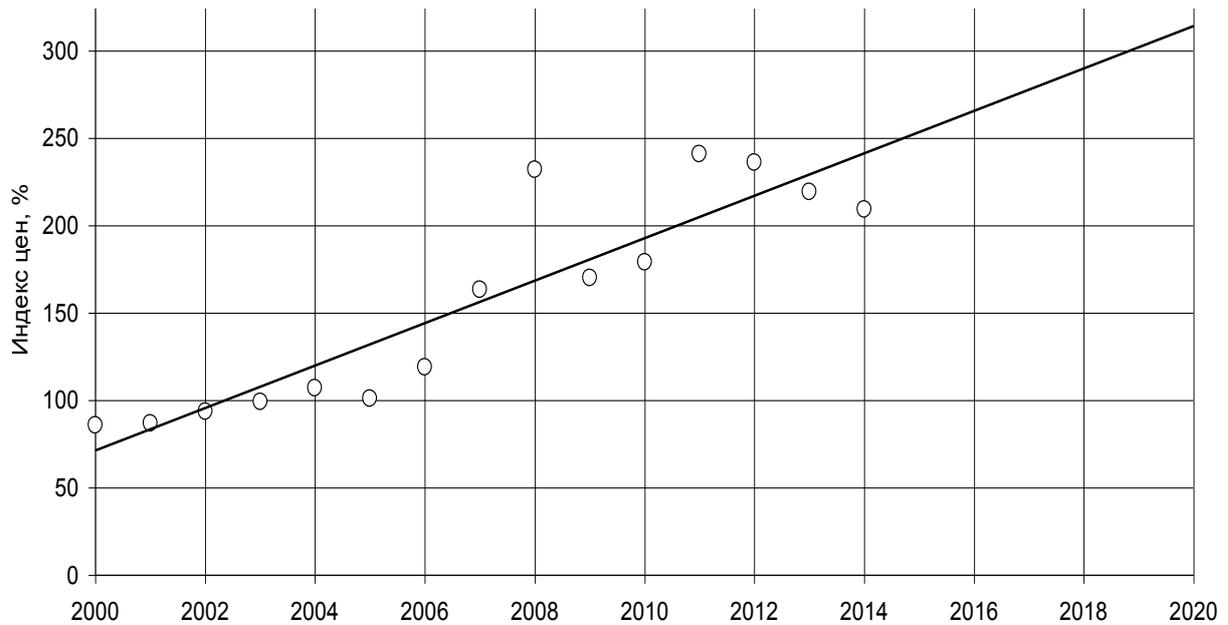


Рисунок 4.21 – Линейный тренд индекса мировых цен на зерновые

К природным объектам, обладающим фрактальными свойствами, относятся молнии, корневые системы растений, кровеносные системы человека и животных, береговые линии, траектории броуновского движения частиц.

Начиная с XIX века, математики разрабатывают как различные виртуальные фрактальные объекты (множество Кантора, кривые Коха, Гильберта, Минковского и другие), так и методы анализа поведения таких объектов.

В конце 60-ых годов прошлого века Б. Мандельброт [167] высказал предположение о том, что временные ряды рыночных цен на товары или ценные бумаги также являются самоподобными множествами и предложил применить для предсказания их поведения фрактальный анализ.

Методику фрактального анализа временных рядов, предложенную Б. Мандельбротом и развитую затем другими учеными [170], [171] мы решили применить в модели прогнозирования индекса цен для оценки достоверности полученных регрессионными методами трендов.

Алгоритм процедуры фрактального анализа (его еще называют R/S анализом) временных рядов индексов цен на продукцию орошаемого растениеводства представлен на рисунке 4.22.

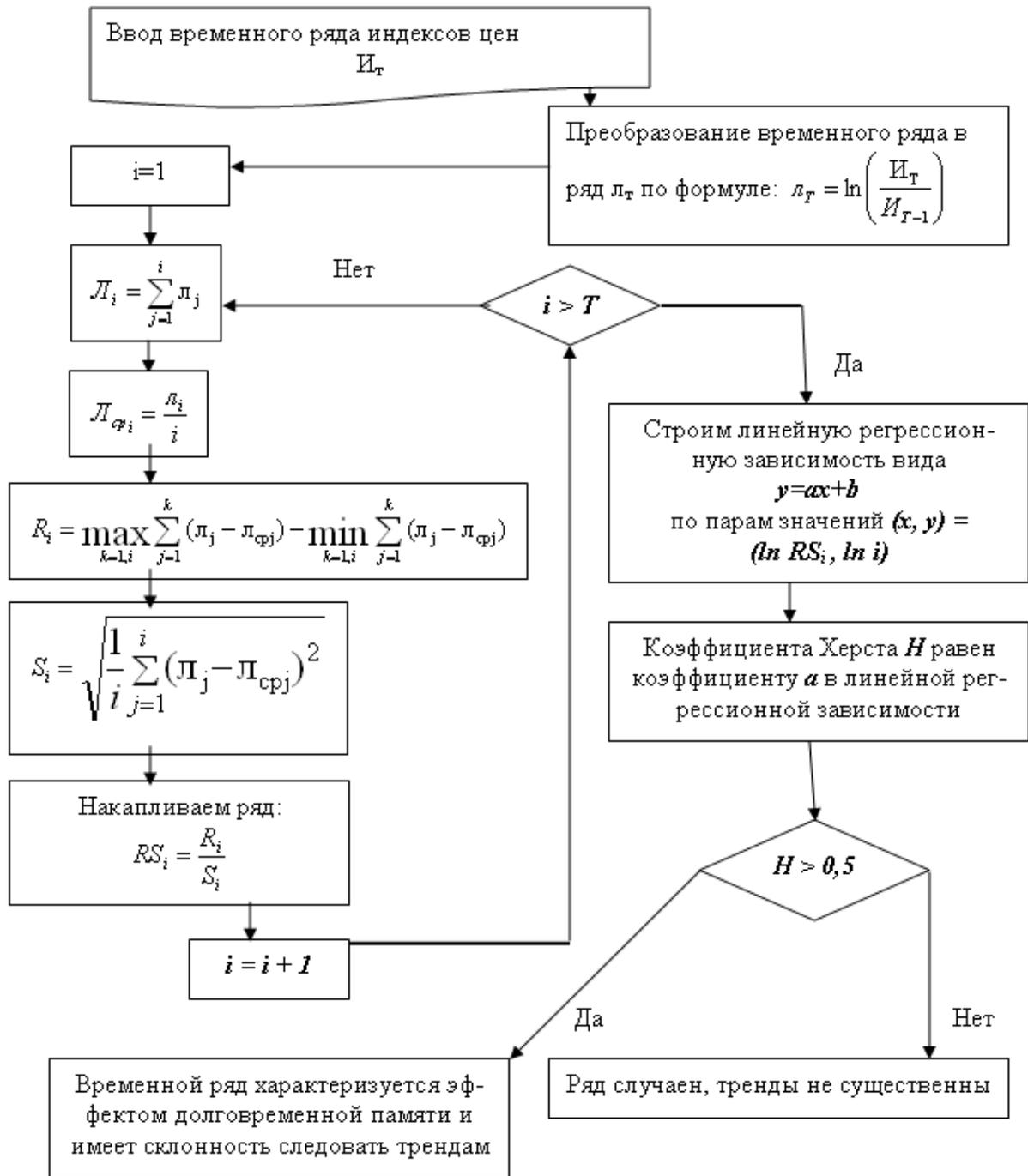


Рисунок 4.22 – Алгоритм процедуры R/S анализа временных рядов индексов цен на продукцию орошаемого растениеводства

Расчет коэффициента Херста данных по индексу мировых цен на зерновые проводился по приведенному алгоритму в 2 этапа: на первом были рассчитаны с помощью программы на VBA значения нормированных размахов накопленных сумм RS_i ; на втором – в табличном процессоре Microsoft Excel построена регрессионная зависимость натуральных логарифмов нормированных размахов накоп-

ленных сумм от натуральных логарифмов номеров членов ряда рисунок 4.23.

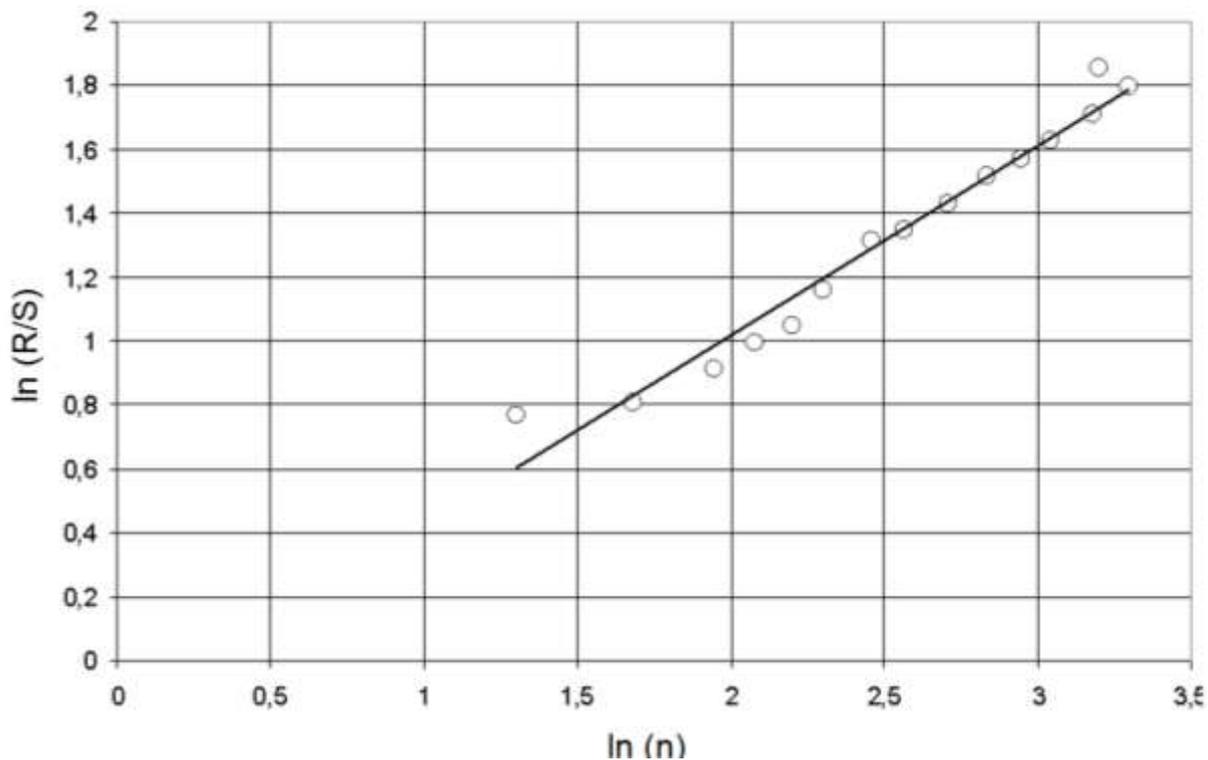


Рисунок 4.23 – Регрессионная зависимость для определения критерия Херста

Полученная линейная регрессионная зависимость имеет вид $y=0,5963x-0,1889$ при коэффициенте детерминации равном 0,93. Это говорит о том, что определенный ранее тренд роста мировых цен имеет долговременную тенденцию, а исследованный ряд склонен следовать трендам.

Применение моделей прогнозирования водно-солевого режима почв и конъюнктуры цен на продукцию орошаемого растениеводства позволит значительно повысить обоснованность стратегических решений по управлению инвестициями в мелиоративный комплекс Ершовского района.

Глава 5. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫМ ЗЕМЛЕДЕЛИЕМ

5.1. Расчет затрат на разработку программно-информационных средств

5.1.1. Расчет трудовых затрат

Расчет трудовых затрат на разработку программно-информационного обеспечения проводился на основе отраслевого стандарта [41] с учетом следующих учитываемых параметров трудоемкости: технологии обработки информации; степени новизны создаваемого программного обеспечения; сложности решаемых задач.

Затраты на разных этапах программного жизненного цикла состоят из 3 групп:

1. Затраты на эксплуатацию программных средств и амортизация аппаратных средств (компьютеров), на которых установлена данная программа (C_3).
2. Затраты на сопровождение программных средств, включая стоимость хранения программно-информационного обеспечения с контролем его состояния, исправление ошибок и модернизация (C_2).
3. Суммарные затраты на создание программно-информационного обеспечения (C_p).

На стадии создания программных продуктов большая часть затрат приходится на оплату труда разработчиков. Расчет трудозатрат (чел·час) производится по формуле [32]:

$$T = t_a + t_b + t_n + t_{отл} + t_d, \quad (5.1)$$

где: t_a – затраты на создание алгоритмов, чел·час; t_b – затраты труда на разработку блок-схем, чел·час; t_n – затраты труда на программирование, чел·час; $t_{отл}$ – затраты на отладку, чел·час; t_d – затраты на документирование программного продукта, чел·час.

Затраты на разработку алгоритма вычисляются по формуле:

$$t_a = (Q \cdot B) / (75 \dots 85) \cdot k, \quad (5.2)$$

где: Q – нормативное (условное) число операторов; B – коэффициент сложности программы (1,2...5); k – коэффициент, учитывающий квалификацию разработчика.

Примерное число операторов определяется по формуле:

$$Q = q \cdot c (1 + p), \quad (5.3)$$

где q – предварительное число операторов; c – коэффициент сложности программы (1...2); p – коэффициент изменения программы в процессе разработки (0,5...1).

Подставив значения параметров, получим:

$Q = 500 \cdot 1,7 \cdot (1+1) = 1700$ нормативных (условных) операторов.

Коэффициент увеличения затрат B принимаем равным 3 в связи с уточнением алгоритма в процессе разработки.

Квалификации определяется стажем работы разработчика и уровнем его образования. Согласно [72] коэффициент k принимает следующие значения:

1. при стаже менее 2 лет – 0,8;
2. от 2 до 3 лет – 1;
3. при стаже от 3 до 7 лет – 1,3...1,4;
4. при стаже более 7 лет – 1,5...1,6.

Так как стаж работы отсутствует $k = 0,8$.

Подставив известные значения в формулу (5.2) произведем расчет:

$t_a = 1700 \cdot 3 / (75 \cdot 0,8) = 85$ чел·час – трудозатраты на разработку алгоритмов.

Трудовые затраты на создание блок-схем определяются по формуле:

$$t_a = Q / (60...75) \cdot k, \quad (5.4)$$

Они составят: $t_b = 1700 / (60 \cdot 0,8) = 35,42$ чел·час.

Трудозатраты на отладку программы рассчитываются по формуле:

$$t_{отл} = Q / (40...50) \cdot k, \quad (5.5)$$

Они составят: $t_{отл} = 1700 / (40 \cdot 0,8) = 53,12$ чел·час;

Трудозатраты на документирование программного обеспечения определяются по формуле:

$$t_{др} = 1,75 \cdot Q / (150 \dots 200) \cdot k \quad (5.6)$$

Они составят $t_{дп} = 1,75 \cdot 1700 / (150 \cdot 0,8) = 24,8$ чел·час.

Затраты труда на программирование составляют около 70% общих трудовых затрат на другие этапы разработки.

Они составят: $t_{п} = (85 + 35,42 + 53,12 + 24,8) \cdot 70 / 100 = 138,83$ чел·час.

Полученные результаты сводятся в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 - Трудозатраты на создание программного обеспечения геоинформационной системы управления орошаемым земледелием

Виды трудозатрат	Индекс	Трудоемкость, чел·час	Доля в общих трудовых затратах, %
Разработка алгоритмов	t_a	85,00	25,21
Создание блок-схем	t_b	35,42	10,51
Программирование	$t_{п}$	53,13	15,76
Отладка программы	$t_{отл}$	24,79	7,35
Документирование	t_d	138,83	41,18
Итого	T	337,17	100,00

Рассмотрев таблицу 5.1 видно, что программирование и исследование алгоритма решения задачи при разработке программного продукта занимает наибольшее количество трудовых затрат.

5.1.2. Смета затрат на разработку программного обеспечения

Смета на создание программного обеспечения состоит из следующих статей затрат: заработная плата; начисления на заработную плату (единый социальный налог – 30,2 от заработной платы); оплата электроэнергии и коммунальных услуг; амортизация и обслуживание ПЭВМ.

Расходы на заработную плату программиста ($ЗП_{пр}$) определяются по формуле:

$$ЗП_{пр} = T \cdot СЧ_{пр} \quad (5.7)$$

где: T – суммарные трудозатраты на создание программы, чел·час; $СЧ_{пр}$ – средняя почасовая оплата труда программиста, руб./час, $СЧ_{пр} = П_{пр} / \Phi_{рв}$, где: $П_{пр}$ – среднемесячная зарплата программистов по региону, которая по информации службы занятости составляет $П_{пр} = 25000$ рублей в месяц, $\Phi_{рв}$ – ежемесячный

фонд рабочего времени в часах, при стандартной 40-часовой рабочей неделе равный $\Phi_{рв} = 169,2$ часа.

Расходы на зарплату составят $З_{Ппр} = 337,17 \cdot 25000 / 169,2 = 49818,26$ руб.

Начисления на заработную плату составят: $З_{ЕСН} = 49818,26 \cdot 30,2 / 100 = 15045,12$ руб.

Затраты на амортизацию и обслуживание ПЭВМ рассчитывается по формуле:

$$З_{мв} = C \cdot T \quad (5.8)$$

где: C – цена 1 часа эксплуатации ПЭВМ, руб./год; T – общие трудозатраты на разработку программного обеспечения, чел·час.

Цена 1 часа эксплуатации ПЭВМ, руб./год, определяется по формуле:

$$C = (З_a + З_{вм} + З_{тр} + З_{пр}) / T_{пк} \quad (5.9)$$

где: $З_a$ – годовые амортизационные издержки, руб./год; $З_{тр}$ – стоимость текущего ремонта ПЭВМ, руб./год; $З_{вр}$ – прочие и накладные расходы, руб./год; $З_{вм}$ – годовые затраты на расходные материалы, руб./год; $T_{пк}$ – годовой фонд времени работы ПЭВМ, час/год.

Амортизационные издержки вычисляются по формуле:

$$З_a = C_{бал} \cdot H_a / 100 \quad (5.10)$$

где $C_{бал}$ – балансовая стоимость ПЭВМ, руб.; H_a – норма амортизации, %.

Балансовая стоимость компьютера определяется по формуле:

$$C_{бал} = C_p + З_{пр} \quad (5.11)$$

где: C_p – рыночная стоимость ПЭВМ, руб.; $З_{пр}$ – затраты на доставку и установку, составляющие 8...10% стоимости ПЭВМ, руб.

Средняя рыночная стоимость ПЭВМ – 20000 руб.; принимаем затраты на доставку и установку в 10% от стоимости компьютера; при сроке службы ПЭВМ в 5 лет норма амортизации составит 20%; годовые затраты на расходные материалы, а также на прочие и накладные расходы составят по 10%.

Балансовая стоимость ПЭВМ составит: $C_{бал} = 20000 + 20000 \cdot 10 / 100 = 22000$ руб.

Годовой фонд времени работы ПЭВМ – 2112 часов.

Тогда, расходы на эксплуатацию ПЭВМ составят:

$$Z_{\text{мв}} = (22000 \cdot 20/100 + 22000 \cdot 10/100 + 22000 \cdot 10/100 + 22000 \cdot 10/100) / 2112 \cdot 337,17 = 5268,28 \text{ руб.}$$

Расходы на оплату электроэнергии определяются по формуле:

$$C_3 = C_3 \cdot P \cdot T \quad (5.12)$$

где C_3 – цена электрической энергии, руб./ кВт·час; P – мощность, потребляемая персональной ЭВМ, кВт; T – общие трудозатраты на разработку программного обеспечения, чел·час.

Цена электрической энергии – 4,90 руб./кВт·час; мощность компьютера – 500 Вт = 0,5 кВт.

Расходы на оплату электроэнергии составят: $C_3 = 4,90 \cdot 0,5 \cdot 337,17 = 826,07$ руб.

Общая сумма затрат составит:

$$Z_{\text{общ}} = 49818,26 + 15045,12 + 5268,28 + 826,07 = 70957,73 \text{ руб.}$$

Прочие затраты при разработке программного обеспечения составляют 5...9% от суммы остальных затрат, принимаем их равными 7%.

Тогда прочие затраты составят $Z_{\text{п}} = 70957,73 \cdot 7 / 100 = 5020,07$ руб.

Сводим статьи расходов в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 - Смета затрат на создание программного обеспечения геоинформационной системы управления орошаемым земледелием

Статья затрат	Индекс	Сумма, руб.	Доля в затратах, %
Заработная плата разработчика	ЗП _{пр}	49818,26	65,57
Единый социальный налог	ЕСН	15045,12	19,80
Оплата машинного времени	З _а	5268,28	6,93
Электроэнергия	С ₃	826,07	1,09
Прочие затраты	З _п	5020,99	6,61
Итого:	З _{общ}	75978,72	100,00

Таким образом, общие затраты на разработку программного обеспечения и документации геоинформационной системы управления орошаемым земледелием составят 75978,72 руб.

5.1.3. Расчет затрат на создание цифровых карт

Расчет затрат на создание цифровых карт проводился согласно СУР 2002 «Сметные укрупненные расценки на топографо-геодезические работы». В данном нормативном документе имеются расценки на составление цифровых топографических карт с помощью похожего на ArcGIS DeskTop программного комплекса «Панорама» - таблица 5.3.

Таблица 5.3 – Расценки на создание цифровых топографических карт в программном комплексе «Панорама»

Номер расценки	Масштаб	Категория трудности (номер зоны)	Единица измерения	Расценка, руб.		Трудовые затраты, чел.-дни
				Всего	в том числе зарплата	
1	2	3	4	5	6	7
21	1:50 000	1	кв. дм	171,32	106,01	0,609
22		2	"	234,61	145,72	0,837
23		3	"	311,62	194,05	1,114
24		4	"	441,17	275,34	1,581
25		5	"	587,64	367,25	2,109
26		6	"	748,42	468,14	2,688
27		7	"	921,54	576,77	3,312
28		8	"	1160,18	726,52	4,172
29		9	"	1438,02	900,86	5,173
30		10	"	1672,81	1048,19	6,019
31	1:25 000	1	кв. дм	98,35	60,22	0,346
32		2	"	116,61	71,68	0,412
33		3	"	156,63	96,79	0,556
34		4	"	222,68	138,24	0,794
35		5	"	297,29	185,05	1,063
36		6	"	378,88	236,26	1,357
37		7	"	466,69	291,36	1,673
38		8	"	587,92	367,43	2,110
39		9	"	728,97	455,93	2,618
40		10	"	847,86	530,54	3,046

Местность, для которой создаются цифровые карты равнинная, открытая, сеть дорог слабо развита, с невысокой залесенностью, не превосходящей 10% от общей площади. Застройка населенных пунктов одно- двухэтажная застройкой. Все это соответствует 2 зоне или категории трудности.

Суммарная площадь цифровой карты Ершовского района при его площади 4300 км² в масштабе 1:25000 составит 688 дм², тогда затраты на ее разработку будут равны: $Z_{ц} = 688 \cdot 116,61 = 80021,28$ руб.

Сводные затраты на создание программно-информационного обеспечения геоинформационной системы управления орошаемым земледелием Ершовского района Саратовской области составят 156 тыс. руб.

5.2. Расчет показателей экономической эффективности использования геоинформационной системы управления орошаемым земледелием

Согласно РД АПК 2003 «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов» [128] основными показателями экономической эффективности в настоящее время являются чистый дисконтированный доход ЧДД – сумма ожидаемого потока платежей, приведенная к стоимости на настоящий момент времени с помощью заданной ставки дисконтирования и дисконтированный индекс доходности ИД. В случае применения этих показателей учитывается изменение цены денег во времени, то есть то, что некоторая сумма денег в настоящий момент имеет более высокую стоимость, нежели такая же сумма в будущем. Это происходит из-за инфляции, использования кредитов и так далее.

Чистый дисконтированный доход определяется по следующей формуле:

$$\text{ЧДД} = -СИ + \frac{ПС_i}{1+d^i}, \quad (5.13)$$

где: СИ – начальные инвестиции (затраты на разработку геоинформационной системы); ПС_i – поступление денежных средств от использования геоинформационной системы в i-том периоде; d – ставка дисконтирования, которая отражает скорость изменения стоимости денег со временем, принимается равной ставке рефинансирования Центрального Банка РФ [128].

Для расчета дисконтированного индекса доходности применяется формула:

$$\text{ИД} = \frac{\sum_{i=0}^N \frac{ПС_i}{(1+d)^i}}{\sum_{i=0}^N \frac{СИ_i}{(1+d)^i}}, \quad (5.14)$$

где СИ_i – инвестиции в i-том периоде.

Результаты расчета показателей экономической эффективности по годам представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 - Показатели экономической эффективности внедрения и использования геоинформационной системы управления орошаемым земледелием Ершовского района Саратовской области

Год расчета	Ставка дисконтирования, %	Отток денежных средств, руб.	Приток денежных средств, руб.	Чистый дисконтированный доход, руб.	Дисконтированный индекс доходности
0	8,25	156000	0	-156000	0,00
1	8,25	0	55000	-105192	0,33
2	8,25	0	55000	-58256	0,63
3	8,25	0	55000	-14897	0,90
4	8,25	0	55000	24625	1,16

Таким образом расчет экономической эффективности показал, затраты на разработку и внедрение окупятся на четвертый год а накопленный чистый дисконтированный доход составит к этому времени 24625 рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Средства геостатистического анализа системы ArcGIS DeskTop значительно снижают трудоемкость и повышают качество районирования территорий по агроклиматическим условиям, которое надо проводить все чаще в связи с изменяющимися параметрами климата. Оптимальным методом интерполяции при этом являются метод локальных полиномов II степени дающий наименьшую ошибку при перекрестной проверки (21,86 мм для суммы осадков, 178,4° для сумм активных температур и 232,3 мбар для сумм дефицитов влажности воздуха) и обеспечивающий наилучшее сглаживание изолиний.

2. Для оптимизации информационных потоков в управлении орошаемым земледелием необходимо разработка и внедрение геоинформационной системы управления на промежуточном уровне между локальным и региональным – субрегиональным (административный район).

3. В состав программно-информационного обеспечения геоинформационной системы управления орошаемым земледелием субрегионального уровня входят цифровая карта мелиорируемых угодий района; внешняя атрибутивная база данных орошаемых хозяйств, состояния их земель и других мелиоративных объектов; главная и вспомогательные процедуры, разработанные на языке программирования Visual Basic for Applications в среде MS Access; программы отображения тематических карт ArcReader и ArcExplorer, экранные формы ввода и редактирования данных.

4. Для повышения экономической обоснованности проектов оросительных мелиораций необходимо учитывать тенденции изменения мировых цен на продовольствие, а для оценки достоверности этих тенденций применять методы фрактального анализа.

5. Оценка экономической эффективности показала что затраты на создание и внедрение геоинформационной системы управления орошаемым земледелием за счет повышения качества управления и снижения трудоемкости окупятся на четвертый год а накопленный чистый дисконтированный доход составит к этому времени 24625 рублей.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для снижения трудоёмкости и повышения качества районирования природно-климатических ресурсов орошаемого земледелия рекомендуется использовать современные компьютерные средства, а именно геоинформационные технологии.

2. В целях повышения научной обоснованности и качества управления орошаемым земледелием в природно-климатических и организационно-хозяйственных условиях сухостепного Заволжья рекомендуется использовать геоинформационные системы управления районного уровня, в состав программно-информационного обеспечения которых должны входить цифровая карта района; базы данных орошаемых хозяйств, других мелиоративных объектов, программы отображения тематических карт ArcReader и ArcExplorer, экранные формы ввода и редактирования данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агроклиматический справочник по Саратовской области.– Л: Гидрометеоиздат, 1958. -227 с.
2. Агроклиматические ресурсы Саратовской области.– Л: Гидрометеоиздат, 1970. -123 с.
3. Айвазян, С.А. Прикладная статистика: Исследования зависимостей.– М.: Финансы и статистика, 1985.- 607 с.
4. Алексеева, А.Н. Сравнительная агрономическая характеристика черноземных и каштановых почв Саратовской области и изменение их свойств при сельскохозяйственном использовании: Дисс. канд. с.- х. наук. - Саратов, 1975. - 165 с.
5. Антипов-Каратаев, И.Н. Характеристика темно-каштановых почв Заволжья / И.Н. Антипов-Каратаев, В.Н. Филиппова // Тр. комиссии по ирригации. -М.-Л.: 1937. - Сб. 10. - С. 11-62.
6. Ахметов, Н.Х. Методика расчета адаптивного режима орошения сельскохозяйственных культур на техногенных нарушенных агроландшафтах, 2001, - №25. - С. 142-146
7. Ахтырцев, Б.П. Влияние орошения на свойства типичных черноземов Юго-Востока центрально-черноземной области / Б.П. Ахтырцев, И.А. Лепилин // Биологич. науки. - 1979. - № 4. - С. 87-92.
8. Багров, М.Н. Прогрессивная технология орошения с.-х. культур. / М.Н Багров, И.П. Кружилин // - М.: Колос, 1980. - 208 с.
9. Берг, А.И. Кибернетика и общественные науки.– Наука и жизнь, 1963, № 2. – С. 12-16.
10. Берг, Л.С. Географические зоны Советского Союза, т.1.– М.: Географгиз,– 1947.
11. Бир, Ст. Кибернетика и управление производством / Пер. с англ. – М.: Наука, 1963. – 276 с.
12. Бирюлин, А.Б. Совершенствование системы импактного экологического мониторинга с использованием методов геостатистики / А.Б. Бирюлин, Д.А. Ма-

нукьян // Природоохранное обустройство территорий: Сб. науч. тр. /М.:МГУП, 2002, С. 124-126.

13. Блануца, В. И. Интегральное экологическое районирование: концепция и методы.– Новосибирск: ВО «Наука», 1993.-159 с.

14. Бобылев, С.Н. Политика двойного выигрыша: климатические изменения в области землепользования / Материалы семинара «Роль механизмов Киотского протокола в развитии лесо - и землепользования в России» Москва, 14 марта 2005 года // <http://www.leadnet.ru/climate2005/bobylev.doc>.

15. Болотин, А.Г. Водосберегающие технологии орошения сельскохозяйственных культур // Научное обеспечение устойчивого развития сельскохозяйственного производства о засушливых зонах России: Сборник материалов научной сессии РАСХН (г. Саратов, 4-6 июля 2000 г.). Часть 1. Экономика, земледелие, мелиорация и лесное хозяйство / М.: Россельхозакадемия, 2000. - С. 478-483.

16. Бугаевский, Л.М. Преобразование сканерного снимка в заданную картографическую проекцию / Л.М Бугаевский, В.А. Малинников, В.П. Савиных // Тр. Международного Форума по проблемам науки, техники и образования. – М.: Академия наук о Земле, 1998. - С. 51–57.

17. Будыко, М. И. Глобальная экология.-М.: Мысль, 1977.

18. Бунтяков, С.И. Саратовская область / С.И. Бунтяков, В.Ф. Узун, М.П. Чуб // Агрохимическая характеристика почв СССР.- М.: Наука, 1966. Т.6 (Поволжье). - С. 174-324.

19. Вавилов, Н. И. Современные задачи сельскохозяйственного растениеводства // С.-х. Вестник Юго-Востока. 1917. № 19/21. С. 3—10.

20. Вавилов, Н. И. О создании устойчивого земледелия.– М.: Правда, 1929, - 27/IV, - №97.

21. Васильченко, Т.А. Количественная оценка риска возделывания яровой пшеницы в Саратовской области / Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова.– 2010. № 1.– С. 12-16.

22. Винер, Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине. / Пер. с англ. И.В. Соловьева и Г.Н. Поварова; Под ред. Г.Н. Поварова. – 2-е издание. – М.: Наука; Главная редакция изданий для зарубежных стран, 1983. – 344 с.
23. Виноградов, Б.В. Аэрокосмический мониторинг. М.: Наука.- 1984.- 320 с;
24. Гвоздецкий, Н.А. Физическая география СССР: Азиат. часть: Учеб. для вузов по спец. "География" / Н.А. Гвоздецкий, Н.И. Михайлов //, 4-е изд., испр. и доп. - М. : Высш. шк., 1987. - 447 с.
25. Геоинформатика: Учеб. для студ. вузов / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов и др.; Под ред. В.С. Тикунова.- М.: Издательский центр «Академия», 2005.- 480 с., [8] с. цв. ил. (Классический университетский учебник)
26. Геоаналитическая система «Агроуправление» теперь и в Тамбовской области-2013. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://press.scanex.ru/index.php/ru/news/item/3991-agro> (Дата обращения 16.06.2014).
27. Глушков, В.М. Основы безбумажной информатики. – М.: Наука, 1982. – 552 с.
28. Голованов А.И. Природно-техногенные комплексы природообустройства / А.И. Голованов, И.В. Корнеев // Курс лекций, - М.: -МГУП, 2004, -76 с.
29. Гостищев, Д.П. Разработка геоинформационной системы для поддержки принятия решений по управлению мелиоративной отраслью / Д.П. Гостищев, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева // Проблемы мелиорации и пути их решения: сб. науч. тр. ГУ ВолжНИИГиМ. – Ч. II. – М.: ЦНТИ Мелиоводинформ, 2001. – С. 22-30.
30. ГОСТ Р 50828-95. Геоинформационное картографирование. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования.
31. Гради Буч. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений (UML 2). Третье издание / Object-Oriented Analysis and Design with Applications (3rd Edition). – М.: «Вильямс», 2010. – 720 с.
32. ДеМерс, М.Н. Географические информационные системы. Основы. / Пер. с англ. – М.: Изд-во ДАТА+, 1999. – 490 с.

33. Державин, Л.М. О мониторинге плодородия земель сельскохозяйственного назначения / Л.М. Державин, А.С. Фрид, Ф.В. Янишевский // *Агрохимия*, 1999, № 12. – С. 19-30.
34. Добровольский, Г. В. Принципы и задачи почвенного мониторинга / Г. В. Добровольский, Д.С. Орлов, П.Л. Гришина // *Почвоведение*- 1983. -№ 11. С. 8-16.
35. Доклад о мировом развитии 2000/2001 года. Наступление на бедность. – М.: Весь мир, Всемирный банк, 2001. -376 с.
36. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения.– М.: МСХ РФ.– 2013, -66 с.
37. Докучаев, В. В. Учения о зонах природы. -М.: Географгиз, 1948.
38. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований).- 5-е изд., доп. и перераб.- М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с., ил.- (Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).
39. Жимерин, Д. Г. Автоматизированные и автоматические системы управления [Текст] / Д. Г. Жимерин, В. А. Мясников. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергия, 1979. - 591 с.
40. Заде, Л. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений.– М., «Знание»,– 1974, С. 7.
41. Затицацкий, С.В. Приложения нейронных сетей к оценке масштаба репрезентативности при определении влажности почвогрунтов прибором TRIME-FM / С.В. Затицацкий, В.В.Корсаков, А.С. Ковалев, В.Е. Денисов // *Вопросы развития АПК России в свете реализации социально-экономических проблем / Сб. науч. тр. по мат. науч.-практ. конф. ФГУП «НИПИгипропромсельстрой».* – Саратов: 2006. – С. 143-158.
42. Зейлер, М. Моделирование нашего мира. Руководство ESRI по ГИС-анализу / Пер. с англ.– М.: СП Дата+, 2001, - 190 с.
43. Зеркаль, О. В. Использование материалов дистанционного зондирования в инженерно-геологическом и эколого-геологическом мониторинге // М.: ДАТА+, ArcReview 2005, № 3. С. 7.

44. Золотокрылин, А.Н. Климат и опустынивание засушливых земель России Известия РАН. Серия географическая - № 2,- Март-Апрель 2008, -С. 27-35
45. Ильчева, С.Н. Современные формы и средства информационного обеспечения сельскохозяйственной науки и производства капиталистических стран. / С.Н. Ильчева, А.С. Каменский // М.: ВНИИТЭПагропром. 1987. -С. 32-54.
46. Индекс цен на продовольствие на сайт Организации по продовольствию и сельскому хозяйству Объединенных Наций (ФАО) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/ru/>
47. Исаченко, А.Г. Оценка и картографирование экологического потенциала ландшафтов России // Изв. ВГО.1991. Т. 123. Вып. 6. -С. 457-472.
48. Кабанов, П. Г. Погода и поле. – Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1975.– 239 с.
49. Коломыц, Э. Г. Геосистемы зонального экотона леса и степи в условиях глобального потепления (локальный экологический прогноз) // Известия РАН. Серия географическая - № 2, 2007, -С. 55-68.
50. Корнева, Т.В. Геоинформационная система ведения локального мониторинга эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель Саратовского Заволжья.– Автореф. дисс. канд. с.-х. наук, – Саратов, СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2006.– 21 с.
51. Королев Ю.К. Теоретическая геоинформатика. – М.: Дата+, - 2001 г. – 96 с.
52. Корсак, В.В. Геоинформационные системы в гидромелиорации / В.В. Корсак, С.В. Затицкий, О.Ю. Холуденева // Геоинформационные системы в гидромелиорации: учеб. пособие к практическим занятиям. – М.: МГУП, 2003. – 84 с.
53. Корсак, В.В. Геоинформационные системы в гидромелиорации / В.В. Корсак, С.В. Затицкий, А.С. Фалькович // Учебное пособие по магистерскому курсу, М.: МГУП, 2003,- 61 с
54. Корсак, В.В. Экспертная система контроля эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель / В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева // Проблемы научного обеспечения сельскохозяйственного производства и образования.– Сб. науч. работ. Саратов: ООО Издательство «Научная книга», 2008, С. 83-87.

55. Корсак, В.В. Геоинформационное районирование показателей почвенно-мелиоративного состояния поливных земель сухостепного Заволжья/ В.В. Корсак, Т.В.Корнева, Н.Н. Насыров // Вавиловские чтения-2010: Материал Межд. Науч.–практ. Конф. в 3 томах.-Саратов:Изд-во КУБИК,2010.-Т.2-312с. -С. 45-47.

56. Корсак, В.В. Применение алгебры растров для геоинформационного районирования сухостепного Заволжья по влагообеспеченности вегетационного периода / В.В.Корсак, Т.В. Корнева, Н.Н.Насыров // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: Материалы V Всероссийской научно – практической конференции / Под ред. И. Л. Воротникова.- ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ».2011.- С.129-131.

57. Корсак, В.В. Создание цифровых моделей пространственного распространения численных значений мелиоративных и агроклиматических показателей/ В.В.Корсак, Т.В.Корнева, Н.Н.Насыров // Вавиловские чтения-2012 Материал межд. науч.– практ. конф.– Саратов: Изд-во КУБИК, 2012.– С. 277-279.

58. Корсак, В.В. Тенденции изменения климатических условий орошаемого земледелия сухостепного Заволжья на примере ершовского района Саратовской области / В.В. Корсак, Н.Н. Насыров //Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: материалы IV Всероссийской научно – практической конференции / Под ред. И. Л. Воротникова.- Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ».2010. -С.145-149.

59. Корсак, В.В. Прогнозирование конъюнктуры цен на продукцию орошаемого растениеводства средствами фрактального анализа / В.В. Корсак, Н.Н.Насыров, О.Ю. Холуденева / Фундаментальные и прикладные исследования в высшей аграрной школе / сб. науч. тр. под ред. Камышовой Г.Н., Муравьевой М.В. –Саратов: Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2014.– С. 42-45.

60. Корсак, В.В. Приемы улучшения использования орошаемых темно-каштановых почв Заволжья. Автореф. дис... канд. с.-х. наук. - Саратов, 2001. - 22 с.

61. 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.

62. Корсак, В.В. Применение ГИС-анализа для оценки природных условий поливного земледелия / В.В. Корсак, Н.А. Пронько, Н.Н.Насыров // Научная жизнь, 2014,- №2, -С. 18–24.

63. Костин, Б.И. Предупреждение засоления орошаемых земель Заволжья / Б.И. Костин П.Г. Гребенюков.// Саратов: Приволжское книжное издательство, 1988. -102 с.

64. Краткий философский словарь / Издание 4-е, доп. и испр.– М.: Государственное издательство политической литературы, 1954, -568 с.

65. Кружилин, И.П. Управление водным режимом почв с помощью прикладных программ ЭВМ / И.П. Кружилин Л.И. Лобойко // Проблемы научного обеспечения и экономической эффективности орошаемого земледелия в рыночных условиях: Материалы международной научно-практической конференции / Волгоград: Волгоградская гос. с.-х. акад., 2001. - С. 19-20.

66. Курганова, И.Н. Эмиссия и баланс диоксида углерода в наземных экосистемах России / Автореф. дис... доктора биол. наук. – М.:, 2010. – 50 с.

67. Левицкая, Н. Г. Природные и земельные ресурсы области / Н. Г Левицкая, А. И. Немцов //Система ведения агропромышленного производства Саратовской области. – Саратов: Изд-во «Детская литература», 1998,- с. 8–12.

68. Литвак, Ш.И. Использование экономико-математических методов и электронно-вычислительной техники при разработке рекомендаций по применению удобрений / Ш.И. Литвак, Н.Н. Михайлов // Тез. докл. регионального совещ. учреждений - участников Географической сети опытов с удобрениями республик Закавказья. - Ереван, 1977. - С.25-26.

69. Литвак, Ш.И. Разработка планов рекомендаций по применению удобрений под сельскохозяйственные культуры с использованием ЭВМ / Ш.И. Литвак, Н.Н. Михайлов // Итоги работы Географической сети опытов с удобрениями и пути повышения эффективности применения удобрений в зоне Урала, Сибири, Дальнего Востока: Тезисы докладов регионального совещания. - Челябинск, 1977. - С. 128-130.

70. Магомедова, М.А. Использование пространственных данных имеет стратегическое значение для ускорения развития Бурятии. – Геоматика, 2012, №3, – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: geomatica.ru/pdf/2012_03/2012-3_interview.pdf
71. Методические указания по организационно-экономическому обоснованию технических решений с программным обеспечением, Новочеркасск, НГТУ, 1995.
72. Митчелл, Э. Руководство ESRI по ГИС анализу. Том 1: Географические взаимодействия и закономерности / М.: ДАТА+, 2001.– 190 с.
73. Мильков, Ф.Н. Гвоздецкий Н.А. / Ф.Н. Мильков, Н.А. Гвоздецкий // Физическая география СССР: Общий обзор.
74. Модин, А. А., Яковенко Е. Г., Погребной Е. П. / А. А. Модин, Е. Г., Яковенко Е. П. Погребной// Справочник разработчика АСУ. 2 изд. доп. и перераб.– М.: Экономика, 1978,– 584 с.
75. 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.
76. Морковин, В.Т. Исследовательский прототип ИСС принятия плановых и текущих решений по управлению водным режимом / В.Т. Морковин, В.В. Корсак, В.В.Иванов // Проблемы мелиорации и пути их решения: Сб. науч. тр. ГУ ВолжНИИГиМ ч. II / М.: ЦНТИ Мелиоводинформ, 2001. - С. 31-40.
77. Морковин, В.Т. Информационно-советующая система разработки режимов орошения // Водосберегающие технологии как основа эффективного использования орошаемых земель / В.Т. Морковин, О.Ю. Холуденева, В.В. Иванов, Н.А. Пронько, В.В. Корсак .Сб. науч. тр. / ФГНУ «ВолжНИИГиМ». – Саратов, 2003, -С. 122-133.
78. Муромцев, Н. А. Почвенно-экологический мониторинг. М.: Ноосфера. – 2000, -159 с.

79. Насыров, Н.Н. Геоинформационные технологии районирования ресурсов орошаемого земледелия / Н.Н. Насыров, В.В.Корсак, Т.В. Соколова // Научное обозрение, 2013 -№2,- С. 30-39.

80. Насыров, Н.Н. Информационное обеспечение управления орошаемым земледелием Саратовского Заволжья на субрегиональном уровне // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. - 2014. - № 1. - С. 65-68 . - ISSN 1998-6548

81. Насыров, Н.Н. . Геоинформационная система управления поливным земледелием районного уровня / Н.Н. Насыров, В.В.Корсак, О.Ю. Холуденева // Научное обозрение, 2014, №2, -С. -8-12.

82. Ольгаренко, И. В. Информационные технологии планирования водопользования и оперативного управления водораспределением на оросительных системах : автореферат дис. ... доктора технических наук. - Саратов, 2013. - 44 с.

83. Отоцкий, П.Л. Самоорганизация и планирование в управлении социально-экономическими системами. Уроки Стаффорда Бира / Доклад на межпредметном семинаре в МФТИ 18 ноября 2009 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ototsky.com/vsm_mipt_20091118.pdf

84. Остапчик, В. П. Информационно-советующая система управления орошением / В. П. Остапчик, В. А.Костромин, А. М. Коваль / под ред. В. П. Остапчика, Киев, 1989.

85. ОСТ 4.071.030 Автоматизированная система управления предприятием

86. ОСТ 68-3.1-98 Карты цифровые топографические. Общие требования

87. ОСТ 68-3.4-98 Карты цифровые топографические. Требования к качеству цифровых топографических карт

88. Петерс, Э. Фрактальный анализ финансовых рынков. М.: Интернет-трейдинг, 2004, - 304 с.

89. Прасолов, Л.И. Почвы возвышенных степей Заволжья как объект ирригации // Тр. комиссии по ирригации.- Сб. 1. -М.-Л.: 1933. - С. 19-71.

90. Пронько, В.В. Биоэнергетическая оценка эффективности удобрений и системы агротехнических приемов, усиливающих их действие / В.В. Пронько, В.В.

Корсак // Бюллетень ВИУА им. Д.Н. Прянишникова №116 / Агрехимические аспекты повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Материалы 36 Международной научной конференции. – М.: Изд-во «Агроконсалт», 2002, - С. 350-353.

91. Пронько, Н.А. Информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья / Н.А. Пронько В.В. Корсак О.Ю. Холуденева Т.В. Корнева // Саратов, – СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2009. – 212 с.

92. Пронько, Н.А. Использование геоинформационной системы ArcView 3.1. при распределении культур по полям орошаемых севооборотов Заволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак Т.В. Корнева О.Ю. Холуденева // Вавиловские чтения-2005: материалы конференции, посвященной 118-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова: секция «Природообустройство». – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2005. – С. 42-44.

93. Пронько, Н.А. Изменение плодородия орошаемых каштановых почв Поволжья в процессе длительного использования и научные основы его регулирования / Н.А. Пронько, Л.Г. Романова, А.С. Фалькович // Саратов: Изд-во ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2005, - 220 с

94. Пронько, Н.А. Информационно-советующая система по применению удобрений на орошаемых землях Поволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак //Тез. докл. науч.-практ. всеросс. конф./ СГАУ. - Саратов, 1998, С. 48-51.

95. Пронько, Н.А. Способы экологической стабилизации мелиоративных агроландшафтов Поволжья при их интенсивном использовании / Н.А. Пронько В.В. Корсак // Научное обеспечение устойчивого развития сельскохозяйственного производства о засушливых зонах России: Сборник материалов научной сессии РАСХН (г. Саратов, 4-6 июля 2000 г.). Часть 1. Экономика, земледелие, мелиорация и лесное хозяйство / М.: Россельхозакадемия, 2000. - С. 526-533.

96. Пронько, Н.А. Оценка изменений почвенного плодородия орошаемых земель сухостепного Заволжья с помощью геоинформационных технологий / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, Т.В. Корнева, О.Ю. Холуденева // Вавиловские чтения-2005, секции «Природообустройство» // Материалы конференции, посвященной 118-й го-

довщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2005, -С. 44-47

97. Пронько, Н.А. Экономическая эффективность применения сидеральных удобрений на длительно орошаемых землях сухостепного Заволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, С.А. Майорова // Вавиловские чтения-2005, секции «Природообустройство» // Материалы конференции, посвященной 118-й годовщине со дня -рождения академика Н.И. Вавилова. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2005, -С. 47-50

98. Пронько, Н.А. Мониторинг плодородия орошаемых почв Поволжья на основе геоинформационных технологий / Н.А. Пронько, В.В.Корсак, Т.В. Корнева // Экспериментальная информация в почвоведении: теория и пути стандартизации / Труды Всероссийской конференции. – М.: МГУ, 2005, -С. 5-7

99. Пронько, Н.А. Локальный геоинформационный мониторинг орошаемых земель Поволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, Т.В. Корнева // Проблемы производства продукции растениеводства на мелиорированных землях / Сб. науч. тр. по мат. междунар. конф. посв. 75-летию СтГАУ. – Ставрополь: «Агрус», 2005,- С. 119-122

100. Пронько, Н.А. Разработка локального геоинформационного мониторинга орошаемых земель ЗАО «Агрофирма «Волга»» Марксовского района Саратовской области. / Н.А. Пронько, В.В.Корсак, Т.В.Корнева, О.Ю. Холуденева //ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова».

101. 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: «Агрус», 2005,- С. 126-130

102. Пронько, Н.А. ГИС-технологии мониторинга плодородия орошаемых земель / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева, Т.В. Корнева // Плодородие, 2006, - № 1,- С. 23-24.

103. Пронько, Н.А. Информационно-советующая система «Сидерация» / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, Ю.Р. Лим, О.Ю. Холуденева // Экологическое состояние при-

родной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: Сб. науч. тр. Вып. 2 / под ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань: МФ ГНУ ВНИИ-ГиМ, 2006 -С. 551-556.

104. Пронько, Н.А. Информационное обеспечение локального геоинформационного мониторинга орошаемых земель Саратовского Заволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, Т.В. Корнева // Мат. кон., посв. 118-й годовщине со дня рождения Н.И. Вавилова. Секции «Природообустройство», Агролесомелиорация и лесоводство». – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2006,- С. 59-63.

105. Пронько, Н.А. Использование геоинформационных технологий при проектировании режимов орошения сельскохозяйственных культур / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, Д.Н. Змеев // Системные исследования природно-техногенных комплексов Нижнего Поволжья / Сб. науч. работ. Вып. 2. Саратов: ООО Издательский центр «Наука», 2007, -С. 128-130.

106. Пронько, Н.А. Экономическая эффективность использования комплексного локального геоинформационного мониторинга орошаемых земель для управления эффективным плодородием почв. / Н.А. Пронько, В.В. Корсак Т.В. Корнева // Системные исследования природно-техногенных комплексов Нижнего Поволжья / Сб. науч. работ. Вып. 2. Саратов: ООО Издательский центр «Наука», 2007, -С. 131-133.

107. Пронько, Н.А. Проблемы и перспективы применения геоинформационных систем в мелиоративной отрасли / Н.А. Пронько, О.Ю. Холуденева, В.В. Корсак // Экологические аспекты интенсификации сельскохозяйственного производства: Материалы международной научно-практической конференции том I / Пенза: Пензенская гос. с.-х. акад., 2002. - С. 63-65.

108. 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.

109. Пронько, Н.А. Автоматизированный банк данных наблюдений за химическим составом грунтовых вод и засоленностью почвы / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева, Н.И. Хлыстова // Актуальные проблемы мелиорации земель Поволжья: Сб. науч. тр. ГУ ВолжНИИГиМ / Саратов: ГУ ВолжНИИГиМ, 2002. - С. 207-215.

110. Пронько, Н.А. Автоматизированная технология эколого-экономической оценки агротехнологий в орошаемом растениеводстве / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева // Вопросы мелиорации и водного хозяйства Саратовской области / Сб. науч. тр. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2002, -С. 37-42.

111. Пронько, Н.А. О применении геоинформационных систем в мелиорации / Н.А. Пронько, О.Ю. Холуденева, В.В. Корсак // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2002 № 4. – С. 58-59.

112. Пронько, Н.А. Автоматизированная технология управления выращиванием полевых культур на орошаемых землях Поволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак // Проблемы научного обеспечения и экономической эффективности орошаемого земледелия в рыночных условиях: Материалы международной научно-практической конференции / Волгоград: Волгоградская гос. с.-х. акад., 2001. - С. 171-172.

113. Пронько, Н.А. Метод расчета доз органических и минеральных удобрений для культур орошаемых севооборотов по прогнозируемому ротационному балансу элементов питания / Н.А. Пронько, В.В. Корсак // Агрехимия, 2001, № 7, -С. 66-71.

114. Пронько, Н. А. Геоинформационная система поддержки принятия решений по управлению орошаемыми севооборотами ЗАО Агрофирма «Волга» Марковского района Саратовской области / Н.А. Пронько, В. В.Корсак, Т. В. Корнева, О. Ю. Холуденева, Д. А. Курносков // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: Материал IV Всероссийской научно – практической конференции. / Под ред. И. Л. Воротникова.- ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ».2010. -С.234-236.

115. Пронько, Н.А. Рекомендации по созданию и ведению геоинформационной системы мониторинга состояния мелиорируемых сельскохозяйственных угодий Саратовской области / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, С.В. Затицацкий, Т.В. Корнева. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2007, 21 с.

116. Пронько, Н.А. Автоматизированные системы поддержки принятия решений по управлению внесением удобрений / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева // Бюллетень ВИУА им. Д.Н. Прянишникова №117 / Результаты научных исследований Географической сети опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами. – М.: Изд-во «Агроконсалт», 2003, - С. 171-173.

117. Пронько, Н.А. Управление плодородием орошаемых темно-каштановых почв Заволжья с использованием информационных технологий поддержки принятия мелиоративных решений / Н.А. Пронько, В.В. Корсак // Фундаментальные физические исследования в почвоведении и мелиорации / Труды Всероссийской конференции. – М.: МГУ, 2003, - С. 307-309.

118. Пронько, Н.А. Способы и приемы сохранения природного потенциала орошаемых земель Заволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева, С.А. Майорова, Ю.Р. Лим, Т.В.Корнева, Л.А. Маслова // Вавиловские чтения – 2004 / Труды всероссийской научно-практической конференции. – Саратов: СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2004, -С. 79-82.

119. Пронько, Н.А. Мониторинг мелиоративного состояния длительно орошаемых земель сухостепного Заволжья с использованием геоинформационных технологий / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, А.С. Фалькович, Т.В. Корнева, В.С. Бурунова // Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства / Материалы международной научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА, 2005. – С. 151-154

120. Пронько, Н.А. Снижение негативных воздействий оросительных мелиораций на экосистемы степного Поволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, А.С. Фалькович, О.Ю. Холуденева // Биоресурсы и биоразнообразие экосистем Поволжья: прошлое, настоящее, будущее. - Материалы международного совещания, посвященного 10летию Саратовского филиала Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. – Саратов, СГУ им. Н.Г. Чернышевского, 2005, -С. 44-45

121. Пронько, Н.А. Разработка локального геоинформационного мониторинга орошаемых земель ЗАО «Агрофирма «Волга» Марксовского района Саратовской области / Н.А. Пронько, Н.С. Кубайтов, В.В. Корсак, Т.В. Корнева, О.Ю. Холуденева

// Технические, технологические и экологические проблемы орошения земель Поволжья / Сб. науч. тр. по мат. конф. посв. 60-летию ФГНУ ВолжНИИГиМ. – Саратов: 2006. – С. 130-140.

122. Пронько, Н.А. Пути восстановления плодородия староорошаемых деградированных темно-каштановых почв Саратовского Заволжья / Н.А. Пронько, В.Т. Морковин, З.В. Журина, В.В. Корсак // Техническое совершенствование и эксплуатация оросительных систем в засушливой зоне Российской Федерации: Сб. науч. тр. / М.: ЦНТИ Мелиоводинформ, 2000. - С. 107-117.

123. Пронько, Н.А. Современные информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2009. – № 3. – С. 27-29.

124. Пронько, Н.А. Автоматизированная оценка мелиоративного состояния и прогнозирование его изменения при мониторинге орошаемых земель субаридной зоны Поволжья / Н.А. Пронько, А.С. Фалькович, В.В.Корсак, О.Ю. Холуденева // Устойчивое землепользование в экстремальных условиях / Труды Международной научно-практической конференции. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2003, - С. 38-40.

125. Пронько, Н.А. Концепция ведения мониторинга мелиорированных земель / Н.А. Пронько, Г.И. Фомин, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева // Актуальные проблемы мелиорации земель Поволжья: Сб. науч. тр. ГУ ВолжНИИГиМ / Саратов: ГУ ВолжНИИГиМ, 2002. - С. 48-62.

126. Пронько, Н.А. Методология создания системы мониторинга солевого режима мелиорированных угодий Поволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, А.С. Фалькович // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2011. – № 8. – С. 52–55.

127. РТМ 68-3.01-99 Порядок создания и контроля картографической продукции открытого пользования

128. РД-АПК 3.00.01.003-03 Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель

129. Решетов, Г.Г. Основные положения по промывкам засоленных земель Саратовской области. / Г.Г. Решетов, В.А. Нагорный, В.В. Гордиенко– Саратов: Издат. центр СГСЭУ, 2001, -46 с.
130. Решетов, Г.Г. Нарушенные почвы Саратовской области / Г.Г. Решетов, В.С. Белов, В.В. Корсак, Е.Г. Пшкина, С.С. Шилкина // Саратов, Саратовский государственный социально-экономический университет. –2008, - 180 с.
131. Реймерс, Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник. — М.: «Мысль», 1990. - 639 с
132. Рогачев, Д.А. Информационная технология поддержки принятия решений при планировании технической эксплуатации гидромелиоративных систем // Автореф. дисс... канд. техн. наук – Волгоград, ВГСХА, 2011, 21 с.
133. Система ведения агропромышленного производства Саратовской области. – Саратов: Изд-во «Детская литература», 1998. – 321 с.
134. Стебут, И.А. К вопросу об орошении в поволжском Юго-востоке.– Саратов : Электро-Типография О-ва Книгопечатников, 1914.– 53 с.
135. СУР 2002 Сметные укрупненные расценки на топографо-геодезические работы
136. Технологические карты по возделыванию полевых культур на орошаемых землях (рекомендации) / ВНИИОЗ. – Волгоград, 1987. – 382 с.
137. Тикунов, В. С. Классификации в географии: ренессанс или увядание? – Смоленск: Изд-во СГУ, 1997. – 367 с.
138. Трофимов, А. М. Количественные методы районирования и классификаций / А. М. Трофимов, Я. И. Заботин, М. В. Панасюк // Казань: Изд-во Каз. ун-та 1985.-120 с.
139. Усов Н.И. Почвы Саратовской области. Ч.1, 2. - Саратов, ОГИЗ, 1948. - 576 с.
140. Фалькович, А.С. Геоинформационный мониторинг и прогнозирование водно-солевого режима темно-каштановых почв Нижнего Поволжья/ Автореф. дисс... докт. техн. наук – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2011. – 42 с.

141. Филин, В.И. Агрехимические проблемы и принципы управления плодородием почв / В.И. Филин // Сб. науч. трудов. Почвенно-экономические проблемы степного земледелия. – Пушкино. 1992-С. 59-67.

142. Фомин, Г.И. Концепция разработки системы мониторинга мелиорированных земель РФ / Г.И. Фомин, Н.П. Пылев, В.В. Корсак // Совершенствование агромелиоративных технологий на оросительных системах Поволжья / Сб. науч. тр. - ВолжНИИГиМ. - М., 1995. – С.

143. Холуденева, О.Ю. Автоматизированные технологии ведения комплексного мониторинга орошаемых агроландшафтов Поволжья / Автореф. дисс... канд. техн. наук – Саратов: СГАУ, 2002. – 20 с.

144. Холуденева, О.Ю. Программный комплекс расчета затрат на ведение орошаемого растениеводства / О.Ю. Холуденева, П.Е. Губанов, Н.А. Пронько, В.В. Корсак // Водосберегающие технологии как основа эффективного использования орошаемых земель Сб. науч. тр. / ФГНУ «ВолжНИИГиМ». – Саратов, 2003, - С. 152-163.

145. Чамышев, А. В. Агрэкологическое районирование нижнего Поволжья для целей рисосеяния. /Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: Материал IV Всероссийской научно – практической конференции // Под ред. И. Л. Воротникова.- ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ».2010. -С.307-310.

146. Черникова, Е. А. Изменение увлажнения суббореальных равнинных ландшафтов России в XX и XXI веках. Автореф. дисс. канд. геогр. наук. – Москва, 2009. -19 с.

147. Четвертаков, С.С. Геологическая информативность гидросети Якутии и Поволжья. Саратов: Изд-во СГУ, 1988. -212 с.

148. Шабанов, В.В. Оценка природно-хозяйственного риска в условиях изменяющегося климата (на примере сельскохозяйственной деятельности). В 2 ч. Ч. 1. Теория / В.В. Шабанов, И.С. Орлов.-М: МГУП, 2003. -87 с.

149. Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетике.– М.: Изд. иностр. лит., 1963.– 830 с.

150. Ширяев, А.Н. Основы стохастической финансовой математики. Т.1: Факты и модели. – М.: ФАЗИС, 2004. – 490 с.

151. Шувалов, А.Н. Система прогнозной оценки урожайности орошаемых сельскохозяйственных культур в Поволжье / А.Н. Шувалов, Н.А. Колчина, В.Т. Морковин, Н.П. Пылев, В.В. Корсак // Совершенствование агроландшафтных технологий на оросительных Поволжья / Сб. науч. тр. - ВолжНИИГиМ. - М., 1995. -С.

152. Шувалов, А.Н. Прогнозирование урожайности орошаемых культур с помощью моделирования мелиоративного агроландшафта / А.Н. Шувалов, Н.А. Колчина, Н.П. Пылев, В.В. Корсак // Итоги и перспективы исследований в области селекции, семеноводства и ландшафтно-экологического земледелия / Тез. докл. науч.-практ. всеросс. конф. НИИСХ Юго-Востока. - Саратов, 1995- С.

153. Шувалов, А.Н. Система прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Поволжья / А.Н. Шувалов, Н.А. Колчина, В.Т. Морковин, Н.П. Пылев, В.В.Корсак. - Мелиорация и водное хозяйство, -№ 6, 1996.

154. Юрченко, И.Ф. Информационные технологии обоснования мелиорации. М.: Изд-во «Сопричастность», 2000, -283 с.

155. Юрченко, И.Ф. Компьютерная технология поддержки решения как фактор реформирования системы эксплуатации в мелиорации России.– Природообустройство. 2008. № 1. - С. 34-40.

156. Юрченко, И.Ф. Методология и компьютерная технология поддержки решений при оперативном управлении водораспределением на межхозяйственных оросительных системах. / И.Ф.Юрченко, В.В. Трунин– Мелиорация и водное хозяйство. 2012.- № 2. -С. 6-10.

157. Ягудин, Г.Х. Корсак В.В. Энгельсская ОС – 35 лет в строю / Г.Х. Ягудин, В.В. Корсак // Мелиорация и водное хозяйство. – 2000. – №6. – С. 6-8.

158. Ambroise C. Govaert G. Spatial Clustering and the EM Algorithm.- France: Universite de tehnologie de Compienge, 1996.

159. Ashby W.R. Principles of the Self-Organizing Dynamic System, «Journal of General Psychology», 1947, vol. 37, p. 125–128.

160. Beer A.S. Decision and Control: The meaning of operational research and management cybernetics. – London: Wiley, 1995. – 568 p.
161. Booth B. Using ArcGIS 3D Analyst. GIS by ESRI USA Redlands, 2000– 212 s
162. Hartley R.V.L. Transmission of information.– Bell System Technical Journal – 7.– 1928.– C. 535–563.
163. Jones J. W. Using expert systems in agricultural models / Agricultural engineering № 7, 1985, P. 21-22.
164. Lang L. Managing Natural Resources with GIS/Published by ESRI, 380 New York Street, Redlands, California. 2001. 117 p.
165. Mandelbrot B.B. Robustness of the rescaled range R/S in the measurement of non-cycling long-run statistical dependence // Water Resources Research. 1969. V. 5. № 5. P. 967-988.
166. Monmonier M. S. Maximum-difference barriers: alternative numerical regionalization method. – Geogr. Anal., 1973. – Vol. 5.- N 3.- P. 245- 261.
167. Vienneau A. Using ArcCatalog. GIS by ESRI USA Redlands, 2001– 286 s.
168. Zadeh, L. From Search Engines to Question-Answering Systems // The Role of Fuzzy Logic, Progress in Informatics.- 2005.- № 1.- P. 15-21.
169. Zadeh, L. A fuzzy-set-theoretical interpretation of linguistic hedges. Journal of Cybernetics 1972; 2: p. 4–34.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Расчет коэффициента регрессии для суммы активных температур репрезентативного Ершовского района Саратовской области

Годы	Сумма активных температур	(x-x)	(y-y)	(x-x)*(y-y)	(x-x) ²	(y-y) ²
1958	2866,7	-25,5	-330,26	8421,62	650,25	70923687
1959	2974,3	-24,5	-222,66	5455,161	600,25	29758777
1960	3049	-23,5	-147,96	3477,051	552,25	12089883
1961	3112,4	-22,5	-84,5596	1902,591	506,25	3619853,8
1962	3218,2	-21,5	21,24038	-456,668	462,25	208545,91
1963	3181,1	-20,5	-15,8596	325,1221	420,25	105704,39
1964	2853,6	-19,5	-343,36	6695,513	380,25	44829888
1965	3029,7	-18,5	-167,26	3094,303	342,25	9574710,3
1966	3471,2	-17,5	274,2404	-4799,21	306,25	23032385
1967	3371,2	-16,5	174,2404	-2874,97	272,25	8265431,5
1968	3004,5	-15,5	-192,46	2983,124	240,25	8899029
1969	3011,2	-14,5	-185,76	2693,514	210,25	7255019,9
1970	3117,8	-13,5	-79,1596	1068,655	182,25	1142023,1
1971	3269,4	-12,5	72,44038	-905,505	156,25	819938,96
1972	3576,8	-11,5	379,8404	-4368,16	132,25	19080860
1973	3050,9	-10,5	-146,06	1533,626	110,25	2352008,6
1974	3059,6	-9,5	-137,36	1304,916	90,25	1702806,7
1975	3624,9	-8,5	427,9404	-3637,49	72,25	13231357
1976	2891,1	-7,5	-305,86	2293,947	56,25	5262193,4
1977	3233,7	-6,5	36,74038	-238,813	42,25	57031,41
1978	2804,4	-5,5	-392,56	2159,078	30,25	4661617,3
1979	3148,3	-4,5	-48,6596	218,9683	20,25	47947,103
1980	2983,6	-3,5	-213,36	746,7587	12,25	557648,49
1981	3310,1	-2,5	113,1404	-282,851	6,25	80004,666
1982	3110,2	-1,5	-86,7596	130,1394	2,25	16936,269
1983	3253,4	-0,5	56,44038	-28,2202	0,25	796,37925
1984	3431,5	0,5	234,5404	117,2702	0,25	13752,298
1985	3420,7	1,5	223,7404	335,6106	2,25	112634,46
1986	3257,4	2,5	60,44038	151,101	6,25	22831,501
1987	2951,3	3,5	-245,66	-859,809	12,25	739270,92
1988	3276,9	4,5	79,94038	359,7317	20,25	129406,92
1989	3263,8	5,5	66,84038	367,6221	30,25	135146,02
1990	2984,9	6,5	-212,06	-1378,39	42,25	1899952,1
1991	3254,7	7,5	57,74038	433,0529	56,25	187534,8
1992	2963,6	8,5	-233,36	-1983,56	72,25	3934497,3
1993	2845	9,5	-351,96	-3343,62	90,25	11179770
1994	3165,4	10,5	-31,5596	-331,376	110,25	109810,03
1995	3692,4	11,5	495,4404	5697,564	132,25	32462240
1996	3262,6	12,5	65,64038	820,5048	156,25	673228,14

Продолжение приложения 1

1997	3198,4	13,5	1,440385	19,44519	182,25	378,1155
1998	3434,3	14,5	237,3404	3441,436	210,25	11843479
1999	3271,5	15,5	74,54038	1155,376	240,25	1334893,6
2000	3227	16,5	30,04038	495,6663	272,25	245685,13
2001	3267,6	17,5	70,64038	1236,207	306,25	1528207,1
2002	3068,7	18,5	-128,26	-2372,8	342,25	5630193,5
2003	3063,9	19,5	-133,06	-2594,66	380,25	6732273,5
2004	3270,2	20,5	73,24038	1501,428	420,25	2254285,7
2005	3453,2	21,5	256,2404	5509,168	462,25	30350935
2006	3397,9	22,5	200,9404	4521,159	506,25	20440876
2007	3496,9	23,5	299,9404	7048,599	552,25	49682748
2008	3370,4	24,5	173,4404	4249,289	600,25	18056461
2009	3374,4	25,5	177,4404	4524,73	650,25	20473180
$\Delta 1983,5$	$\Delta 3196,96$			$\Sigma 56032,95$	$\Sigma 11713$	$\Sigma 487749755$

Результат статистической обработки сумм активных температур репрезентативного Ершовского района Саратовской области

Регрессия			Существенность				
b	Sb	tb	r	d	n	S	t
4,78	26,87	0,178	0,34	0,1156	53	0,131	0,877

**Приложение 2. Расчет коэффициента регрессии для суммы осадков
репрезентативного Ершовского района Саратовской области**

Годы	Сумма осадков	(x-x)	(y-y)	(x-x)*(y-y)	(x-x) ²	(y-y) ²
1958	223,3	-25,5	-19,54	498,2394	650,25	248242,5
1959	178,3	-24,5	-64,54	1581,201	600,25	2500195
1960	156,1	-23,5	-86,74	2038,362	552,25	4154919
1961	181,8	-22,5	-61,04	1373,373	506,25	1886153
1962	234,4	-21,5	-8,44	181,4342	462,25	32918,38
1963	204,8	-20,5	-38,04	779,7954	420,25	608080,9
1964	286	-19,5	43,16	-841,643	380,25	708363,6
1965	106,6	-18,5	-136,24	2520,418	342,25	6352506
1966	151,5	-17,5	-91,34	1598,429	306,25	2554975
1967	294,3	-16,5	51,46	-849,11	272,25	720987,4
1968	229,7	-15,5	-13,14	203,6514	240,25	41473,9
1969	255,3	-14,5	12,46	-180,687	210,25	32647,93
1970	233,8	-13,5	-9,04	122,0238	182,25	14889,81
1971	165,5	-12,5	-77,34	966,735	156,25	934576,6
1972	106,9	-11,5	-135,94	1563,296	132,25	2443895
1973	349,5	-10,5	106,66	-1119,94	110,25	1254271
1974	264,5	-9,5	21,66	-205,781	90,25	42345,98
1975	94	-8,5	-148,84	1265,13	72,25	1600553
1976	264,8	-7,5	21,96	-164,709	56,25	27129,05
1977	293,4	-6,5	50,56	-328,648	42,25	108009,4
1978	279,7	-5,5	36,86	-202,737	30,25	41102,13
1979	206,2	-4,5	-36,64	164,8746	20,25	27183,64
1980	259,2	-3,5	16,36	-57,2642	12,25	3279,188
1981	279	-2,5	36,16	-90,403	6,25	8172,702
1982	279,4	-1,5	36,56	-54,8418	2,25	3007,623
1983	213,3	-0,5	-29,54	14,7694	0,25	218,1352
1984	171,7	0,5	-71,14	-35,5694	0,25	1265,182
1985	275,5	1,5	32,66	48,9918	2,25	2400,196
1986	235,9	2,5	-6,94	-17,347	6,25	300,9185
1987	303,6	3,5	60,76	212,6642	12,25	45226,06
1988	245,2	4,5	2,36	10,6254	20,25	112,899
1989	352,4	5,5	109,56	602,5866	30,25	363110,6
1990	353,4	6,5	110,56	718,6478	42,25	516454,7
1991	263,5	7,5	20,66	154,959	56,25	24012,29
1992	285,3	8,5	42,46	360,9202	72,25	130263,4
1993	353	9,5	110,16	1046,531	90,25	1095228
1994	225,2	10,5	-17,64	-185,207	110,25	34301,78
1995	191,2	11,5	-51,64	-593,846	132,25	352653,3
1996	203,8	12,5	-39,04	-487,985	156,25	238129,4
1997	273,4	13,5	30,56	412,5762	182,25	170219,1
1998	148,4	14,5	-94,44	-1369,36	210,25	1875154
1999	300,4	15,5	57,56	892,1986	240,25	796018,3
2000	324,7	16,5	81,86	1350,71	272,25	1824417

Продолжение приложения 2

2001	274,5	17,5	31,66	554,071	306,25	306994,7
2002	155,2	18,5	-87,64	-1621,32	342,25	2628671
2003	339,3	19,5	96,46	1880,993	380,25	3538136
2004	317,1	20,5	74,26	1522,355	420,25	2317563
2005	171,8	21,5	-71,04	-1527,33	462,25	2332750
2006	265,8	22,5	22,96	516,627	506,25	266903,4
2007	262,8176	23,5	19,98	469,5029	552,25	220433
2008	324,3	24,5	81,46	1995,799	600,25	3983215
2009	218,9	25,5	-23,94	-610,439	650,25	372636,3
$\Delta 1983,5$	$\Delta 242,84$			$\Sigma 17078,31$	$\Sigma 11713$	$\Sigma 49786668$

Результат статистической обработки сумм осадков репрезентативного Ершовско-го района Саратовской области

Регрессия			Существенность				
b	Sb	tb	r	d	n	S	t
1,45	8,617	0,169	0,33	0,1089	53	0,132	0,823

Приложение 3. Расчет влагообеспеченности вегетационного периода для репрезентативного Ершовского района Саратовской области

Годы наблюдений	t>10	Осадки	ГТК
1958	2478,9	223,3	0,900803
1959	2737,3	178,3	0,651372
1960	2583,7	156,1	0,604172
1961	2670,6	181,8	0,680746
1962	2909,1	234,4	0,805747
1963	3025,4	204,8	0,676935
1964	2618,4	286	1,09227
1965	2704,5	106,6	0,394158
1966	3140,4	151,5	0,482423
1967	3074,2	294,3	0,957322
1968	2670,5	229,7	0,860139
1969	2680,7	255,3	0,952363
1970	2796,6	233,8	0,836015
1971	2963,1	165,5	0,558537
1972	3255,9	106,9	0,328327
1973	2554	349,5	1,368442
1974	2738,8	264,5	0,965751
1975	3518,1	94	0,26719
1976	2623,7	264,8	1,009262
1977	2954,7	293,4	0,992994
1978	2387,7	279,7	1,17142
1979	2986,3	206,2	0,690487
1980	2716,8	259,2	0,954064
1981	2868,2	279	0,972736
1982	2837,7	279,4	0,9846
1983	2947,8	213,3	0,72359
1984	3049	171,7	0,563135
1985	3119,4	275,5	0,883183
1986	2784,7	235,9	0,847129
1987	2796,3	303,6	1,08572
1988	2962,9	245,2	0,827568
1989	2969,4	352,4	1,186772
1990	2713,8	353,4	1,302233
1991	3071,2	263,5	0,857971
1992	2578	285,3	1,106672
1993	2372	353	1,488196
1994	2897,1	225,2	0,777329
1995	3522,5	191,2	0,542796
1996	2921,8	203,8	0,697515
1997	2869,1	273,4	0,952912
1998	3184	148,4	0,46608
1999	2979,4	300,4	1,008257
2000	2737,3	324,7	1,186205

Продолжение приложения 3

2001	2973,5	274,5	0,923155
2002	2788,9	155,2	0,556492
2003	2806,3	339,3	1,209065
2004	2991,6	317,1	1,059968
2005	3318	171,8	0,517782
2006	3148,9	265,8	0,844104
2007	3098,1	262,8	0,848319
2008	3064,2	324,3	1,058351
2009	3063,6	218,9	0,714519

**Приложение 4. Расчет коэффициента регрессии влагообеспеченности
вегетационного периода (ГТК) для репрезентативного Ершовского района
Саратовской области**

Годы	ГТК	(x-x)	(y-y)	(x-x)*(y-y)	(x-x) ²	(y-y) ²
1958	0,900803	-25,5	0,047086	-1,20068	650,25	1,44164
1959	0,651372	-24,5	-0,20235	4,957461	600,25	24,57642
1960	0,604172	-23,5	-0,24954	5,864304	552,25	34,39006
1961	0,680746	-22,5	-0,17297	3,891853	506,25	15,14652
1962	0,805747	-21,5	-0,04797	1,031348	462,25	1,063679
1963	0,676935	-20,5	-0,17678	3,624028	420,25	13,13358
1964	1,09227	-19,5	0,238553	-4,65178	380,25	21,63908
1965	0,394158	-18,5	-0,45956	8,501847	342,25	72,28139
1966	0,482423	-17,5	-0,37129	6,497654	306,25	42,21951
1967	0,957322	-16,5	0,103605	-1,70948	272,25	2,922335
1968	0,860139	-15,5	0,006421	-0,09953	240,25	0,009907
1969	0,952363	-14,5	0,098646	-1,43037	210,25	2,045951
1970	0,836015	-13,5	-0,0177	0,238977	182,25	0,05711
1971	0,558537	-12,5	-0,29518	3,689756	156,25	13,6143
1972	0,328327	-11,5	-0,52539	6,041986	132,25	36,5056
1973	1,368442	-10,5	0,514725	-5,40461	110,25	29,20978
1974	0,965751	-9,5	0,112034	-1,06433	90,25	1,132789
1975	0,26719	-8,5	-0,58653	4,985484	72,25	24,85505
1976	1,009262	-7,5	0,155545	-1,16658	56,25	1,360919
1977	0,992994	-6,5	0,139277	-0,9053	42,25	0,81957
1978	1,17142	-5,5	0,317703	-1,74737	30,25	3,05329
1979	0,690487	-4,5	-0,16323	0,734538	20,25	0,539546
1980	0,954064	-3,5	0,100346	-0,35121	12,25	0,12335
1981	0,972736	-2,5	0,119018	-0,29755	6,25	0,088534
1982	0,9846	-1,5	0,130883	-0,19632	2,25	0,038543
1983	0,72359	-0,5	-0,13013	0,065063	0,25	0,004233
1984	0,563135	0,5	-0,29058	-0,14529	0,25	0,021109
1985	0,883183	1,5	0,029466	0,044198	2,25	0,001953
1986	0,847129	2,5	-0,00659	-0,01647	6,25	0,000271
1987	1,08572	3,5	0,232003	0,812011	12,25	0,659363
1988	0,827568	4,5	-0,02615	-0,11767	20,25	0,013847
1989	1,186772	5,5	0,333055	1,8318	30,25	3,355492
1990	1,302233	6,5	0,448516	2,915353	42,25	8,499284
1991	0,857971	7,5	0,004254	0,031903	56,25	0,001018
1992	1,106672	8,5	0,252955	2,150115	72,25	4,622994
1993	1,488196	9,5	0,634478	6,027545	90,25	36,3313
1994	0,777329	10,5	-0,07639	-0,80208	110,25	0,643324
1995	0,542796	11,5	-0,31092	-3,57559	132,25	12,78484
1996	0,697515	12,5	-0,1562	-1,95252	156,25	3,81235
1997	0,952912	13,5	0,099195	1,339131	182,25	1,793273
1998	0,46608	14,5	-0,38764	-5,62073	210,25	31,59264
1999	1,008257	15,5	0,15454	2,395363	240,25	5,737763

Продолжение приложения 4

2000	1,186205	16,5	0,332488	5,486056	272,25	30,09681
2001	0,923155	17,5	0,069437	1,215154	306,25	1,476599
2002	0,556492	18,5	-0,29723	-5,49867	342,25	30,23536
2003	1,209065	19,5	0,355348	6,929289	380,25	48,01505
2004	1,059968	20,5	0,206251	4,22814	420,25	17,87717
2005	0,517782	21,5	-0,33594	-7,22261	462,25	52,1661
2006	0,844104	22,5	-0,00961	-0,21629	506,25	0,046781
2007	0,848319	23,5	-0,0054	-0,12686	552,25	0,016094
2008	1,058351	24,5	0,204634	5,013536	600,25	25,13554
2009	0,714519	25,5	-0,1392	-3,54956	650,25	12,59935
$\Delta 1983,5$	$\Delta 0,853717$			$\Sigma 41,47444$	$\Sigma 11713$	$\Sigma 669,8084$

Результат статистической обработки влагообеспеченности вегетационного периода (ГТК) для репрезентативного Ершовского района Саратовской области

Регрессия			Существенность				
b	Sb	tb	r	d	n	S	t
0,0035	0,0328	0,1079	0,2	0,04	53	0,137	0,291