

<http://yadyra.ru>

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева

Факультет Вечернего, заочного и дистанционного обучения
Кафедра экологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(дипломная работа)

Геоинформационно-методическое обеспечение
экологического мониторинга дерново-подзолистых почв.
(название ВКР)

по направлению (специальности) {шифр – название}

Зав. выпускающей кафедрой

Васенев И.И.
(подпись, дата)

«Допустить к защите»

«__» _____ 200_ г.

Руководитель

Васенев И.И.
(подпись, дата)

Консультант

Сюняев Х.Х.
(подпись, дата)

Студент

Грачев Д.А.
(подпись, дата)

Рецензент

Наумов В.Д.
(подпись, дата)

Нормоконтроль
ФИО

(подпись, дата)

Москва, 2009

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ.....	5
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГИС СИСТЕМ	6
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РАБОТЫ	7
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ	7
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ: ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В АГРОЭКОЛОГИИ.8	8
1.1 ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ ГИС.	8
1.1.1 Структура и основные элементы ГИС.....	8
1.1.2 Предназначение ГИС.....	10
1.2 ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС В ЭКОЛОГИИ И ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ.	12
1.3 ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИС В РОССИИ.	14
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	19
2.1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ	19
2.1.1 Климат.....	20
2.1.2 Геологические особенности	21
2.1.3 Почвы и почвообразовательные породы.....	22
2.1.4 Растительность и история землепользования.....	24
2.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	25
2.2.1 Географическое положение.	26
2.2.2 Почвенно-климатическая характеристика опытного поля.....	27
2.2.3 Рельеф	30
2.2.4 Почвообразующие породы.....	31
2.3 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	32
2.3.1 Метод GPS измерений.....	32
2.3.2 Морфогенетическое описание почвенных разрезов.	33
2.3.4 Пространственный анализ основанный, на векторном представлении данных.....	34
2.3.5 Методы геостатистики.....	36
ГЛАВА 3. ФОРМИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ГИС НА ПРИМЕРЕ ОПЫТНОГО ПОЛЯ КАЛУЖСКОГО ФИЛИАЛА РГАУ-МСХА.....	38
3.1 ПОДБОР ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ С ОЦИФРОВКОЙ ДАННЫХ.....	38
3.2 ФОРМАЛИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ И ФОРМИРОВАНИЕ ГИС	38
3.2.1 Векторизация исходной картографической информации.....	38
3.2.2 Формирование пространственных объектов.	41
3.3 НАСЫЩЕНИЕ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ.	46
3.3.1 Географические координаты.....	46
3.3.2 Системы географических координат.	48
3.3.3 Создание тематических карт в Surfer	49
3.3.3.1 Построение карты горизонталей.....	50

3.3.3.2	Трехмерная цифровая модель рельефа.....	52
3.3.3.3	Создание почвенно-экологических карт.....	53
3.3.3.4	Создание тематических карт в <i>MapInfo</i>	55
3.4	РАЗРАБОТКА И РЕДАКТИРОВАНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ КАРТОСХЕМ И РАБОЧИХ НАБОРОВ.	57
3.4.1	Создание синтетических картосхем.....	57
	Создание синтетических картосхем в <i>MapInfo</i>	58
3.4.2	Формирование рабочих наборов карт.....	58
ГЛАВА 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ.....		60
4.1	История исследования опытного поля Калужского филиала как основа для ГИС.	60
4.2	КАРТЫ И КАРТОСХЕМЫ ПОСТРОЕННЫЕ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ОБСЛЕДОВАНИЯ РАЗНЫХ ГОДОВ.	61
4.2.4	Картосхемы по почвенным и агрохимическим параметрам.....	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....		74
ВЫВОДЫ.....		75
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....		76

Введение

Актуальность проблемы.

Принято считать, что около 80% всех данных, производимых в настоящее время министерствами, ведомствами и частными компаниями можно отнести к типу пространственных данных, которые образуют тем самым значительную часть национальных информационных ресурсов.

Для их эффективного использования необходимо наличие организационных структур и инструментов, позволяющих эффективно оперировать ими. Такие инструменты, географические информационные системы (ГИС) зародились еще в 60-х годах и сегодня реализованы в тысячах технологий и программных продуктов, объединенных понятием геонформационных технологий (“Геоинформатика...”, т.1, 2008”).

Использование ГИС в экологических исследованиях находит самое широкое применение. Это связано с тем, что сложность и многосторонность экологических проблем предполагает комплексный подход, а применение геонформационных подходов позволяет одновременно оперировать большим количеством разнообразной информации (количественной и качественной). ГИС представляет возможность представить ее в различных вариантах, включая наложение разных карт и совмещение разных тематических слоев на одной карте (“Principles and methods...”, 2006”).

В данной работе проводится обобщение и систематизация современных знаний по геоинформационным системам в агроэкологии, а также предлагаются методические основы использования ГИС взамен традиционного анализа данных и принятия по ним стратегических решений. В рамках дипломного проекта планируется создание рабочей локальной геоинформационной системы.

Современное состояние ГИС систем

Геоинформационные системы (ГИС) в настоящее время широко применяются во всем мире и России во многих областях знаний и промышленности.

Современные тенденции рынка технических средств показывают, что ГИС - быстро растущая область информационных технологий, далеко обгоняющая многих других, причем даже в периоды спада (“Введение в ГИС..., 1997”). А по мере роста числа организаций, знакомых с этой технологией, будет расти и потребность в понимании ее базовых принципов, а также нужда в специалистах, знающих эти принципы. При знакомстве с ГИС могут возникать некоторые проблемы, поэтому от специалиста изучающего ГИС требуется изучать больше чем просто технику. Прежде чем освоить технику, нужно освоить ее идеи, знать основы картографии, географии и других смежных дисциплин (“Основы ГИС..., 2007”).

По данным В.С. Тикунова (“Геоинформатика..., кн.1, 2008”) сейчас в развитии геоинформатики с 90-х годов идет массовый период. Основной чертой этого периода стала доступность ГИС массовым пользователям, развитие сетевых технологий и появление интернета, а так же формирование инфраструктур пространственных данных.

По отношению к картографической визуализации в ГИС можно отметить, что большинство карт преобразуется в цифровые модели, а их тематические наборы или слои начинают собирать в электронные атласы, изготавливаемые по индивидуальному «заказу». Традиционными становятся изображения и карты в области «виртуальной реальности» (“Land information..., 1998”).

Обозначился новый технологический виток в спирали развития геоинформатики, который готовит ее к новым достижениям XXI в. — мобильные ГИС, интеллектуализация систем, интеграция новых модулей (например, имитационных моделей, сценариев развития и др.) в ГИС, а также

самых информационных систем с новыми технологиями, использующими пространственные данные.

Практическая значимость работы

Объектом исследования дипломной работы является опытное поле Калужского филиала РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Разработанную ГИС и наборы карт, созданных на ее основе, планируется активно использовать при проведении полевых опытов, дальнейшего изучения и мониторинга опытного поля сотрудниками филиала, а так же студентами и аспирантами, обучающимися в РГАУ-МСХА в городе Москве и в Калуге.

Цели и задачи

Целью работы является разработка специализированных локальных геоинформационных систем для решения задач экологического мониторинга дерново-подзолистых почв.

Задачи.

1. Формализация геоинформационно-аналитических задач
2. Формирование требований к структуре и функциям организации локальных ГИС
3. Подбор исходной информации с оцифровкой и формированием тематических слоев.
4. Интерпретация полученных экологических картосхем

Глава 1 Обзор литературы: геоинформационное обеспечение в агроэкологии.

1.1 Основные элементы и предназначение ГИС.

Геоинформационные системы в общем случае, это системы, предназначенные для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации о представленных в ГИС объектах. Другими словами, это инструменты, позволяющие пользователям искать, анализировать и редактировать цифровые карты, а также дополнительную информацию об объектах, например высоту здания, адрес, количество жильцов (“Геоинформатика. Толковый словарь..., 1999”).

Это рабочее определение, и оно не является ни полным, ни точным. Как и в случае с географией, термин трудноопределим и представляет собой объединение многих предметных областей. В результате, нет общепринятого определения ГИС. Сам термин изменяется в зависимости от интеллектуальных, культурных, экономических и даже политических целей. Эта терминология стала в действительности очень изменчивой, приводя к новым определениям, постоянно проникающим как в научную, так и в популярную литературу (“Основы ГИС..., 2007”).

ГИС включают в себя возможности базы данных (СУБД), редакторов растровой и векторной графики, а так же аналитических средств. Они применяются в картографии, геологии, метеорологии, землеустройстве, экологии, муниципальном управлении, транспорте, экономике, обороне (“Понятия и термины..., 2000”).

1.1.1 Структура и основные элементы ГИС

Геоинформационная система (ГИС) – это специализированная информационная система, предназначенная для работы на интегрированной

основе с геопространственными и различными по содержанию семантическими данными (Геоинформационные ..., 2009).

Поскольку ГИС является сложной интегрированной системой, она подчиняется всем принципам системного анализа. Системный анализ – это совокупность определенных научных методов и практических приемов решения разнообразных проблем, возникающих во всех сферах целенаправленной деятельности общества, на основе системного подхода и представления объекта исследований в виде системы (“Основы системного..., 2000”). В системном анализе под системой понимается множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство. Элементами системы называются условно неделимые, самостоятельно функционирующие части системы. Сложная система - это система, характеризующаяся большим числом элементов и большим числом взаимосвязей.

Интеграцией называют восстановление и повышение качественного уровня взаимосвязей между элементами системы, а также процесс создания из нескольких разнородных систем единой системы с целью исключения функциональной и структурной избыточности и повышения общей эффективности функционирования.

Основные элементы ГИС включают в себя:

- аппаратные средства
- программное обеспечение
- данные и ресурсы
- технологии и информационный менеджмент

Аппаратные средства. Это компьютер или сеть компьютеров, входящих в состав ГИС, а так же специализированные информационно-технические средства, обеспечивающие функционирование ГИС.

Программное обеспечение содержит необходимый набор системных и прикладных функций, обеспечивающих хранение, анализ, визуализацию геопространственной информации. Основными компонентами программных

продуктов являются инструменты для ввода и оперирования данными, управления базой данных (DBMS или СУБД), инструменты поддержки анализа, отображения и поддержки пространственных данных, графический пользовательский интерфейс (GUI) (Геоинформационные ..., 2009)

Данные о пространственном положении и связанные с ними табличные данные, например, о мощности пахотного слоя в данной точке, рельефе местности, содержания гумуса, загрязнении тяжелыми металлами, плотности почвы, результаты химического анализа. Это один из самых важных компонентов ГИС.

Геоинформационный менеджмент. Широкое применение ГИС-технологии невозможно без людей, которые работают с программными продуктами и разрабатывают планы их применения для решения конкретных задач. Пользователями ГИС могут быть как технические специалисты, разрабатывающие и поддерживающие систему, так и обычные сотрудники (конечные пользователи), которым ГИС помогает выполнять текущие ежедневные дела и проблемы (Что такое ГИС..., www.dataplus.ru).

1.1.2 Предназначение ГИС

Классификация ГИС приведена на рис. 1



Рис. 1 Основные виды ГИС

По проблемной ориентации ГИС разделяют на:

Универсальные географические (комплексные) для решения общих проблем. Сочетают возможности цифровой обработки изображений с функциональными возможностями по моделированию и многофакторному анализу. Такие ГИС находят применение в сферах управления федерального и регионального управления и планирования .

Отраслевые – по проблеме одной отрасли. Проблемная ориентация ГИС определяется решаемыми в ней научными и прикладными задачами, среди них инвентаризация ресурсов (в том числе кадастр), анализ, оценка, мониторинг, управление и планирование, поддержка принятия решений. Круг решаемых проблем может меняться в зависимости и от требований времени и функциональных возможностей, определяемый программно-аппаратной реализацией.

Предметом рассмотрения специализированных ГИС могут быть: недра, природопользование, экология, транспорт, связь, социально-экономические показатели, политология, городское хозяйство (“Геоинформационные..., 2009”).

По целевому назначению ГИС могут быть:

Информационные ГИС. Широко используются для справочных, туристических и образовательных целей. Примерами таких ГИС в сети Интернет могут служить геопорталы типа Google Earth (Гугл Планета Земля), Яндекс карты, портал Космоснимки (kosmosnimki.ru). Так же подобные ГИС распространяются на компакт-дисках виде различных атласов и наборов электронных карт с обширными возможностями по работе с ними (измерение расстояний, прокладка маршрутов и так далее).

ГИС для принятия управленческих решений. Обычно такие ГИС создаются либо на федеральном уровне, либо на уровне различного рода

министерств и ведомств и служат для получения оперативных данных в процессе принятия решений.

ГИС для управления процессами и системами. Такие ГИС помогают оперативно управлять энергоресурсами, планировать работу транспорта, связи и т. д.

По территориальному охвату различают глобальные ГИС, субконтинентальные ГИС, национальные ГИС, зачастую имеющие статус государственных, региональные ГИС, субрегиональные ГИС и локальные, или местные ГИС (local GIS) (“International GIS..., 1995”).

ГИС различаются предметной областью информационного моделирования, к примеру, городские ГИС, или муниципальные ГИС, МГИС (urban GIS), природоохранные ГИС (environmental GIS) и т. п. Отдельно выделяют получили земельные информационные системы, так как они имеют самое широкое распространение (“Муниципальные ГИС..., 2001”).

Интегрированные ГИС, ИГИС (integrated GIS, IGIS) совмещают функциональные возможности ГИС и систем цифровой обработки изображений (данных дистанционного зондирования) в единой интегрированной среде (“Словарь ГИС Ассоциации <http://www.gisa.ru/13058.html>”, ”Понятия и термины, 2000”).

1.2 Опыт использования ГИС в экологии и землепользовании.

На сегодня имеется довольно большое количество примеров успешного создания и использования экологических ГИС (ЭкоГИС), хотя многие созданы не для экологических целей (а, например, для администрации какого-нибудь промышленного предприятия), содержат элементы экологического анализа.

Статьи и публикации по ГИС и в частности, по экологической направленности, результаты разработок по этой области регулярно публикуются и докладываются на различных конференциях.

Первые результаты у нас в стране относятся к середине 90-х годов. Одной из таких работ была ГИС “Черное море” (1999), созданная в результате сотрудничества многих стран на географическом факультете МГУ. В ней содержится около 2000 карт, которые можно открывать, масштабировать, сдвигать, есть возможность анимации и оверлейных операций. Так же успешными оказались и разработки по эколого-географическому картографированию мест нефтедобычи.

Так же на географическом факультете МГУ было проведено исследование бассейна руч. Язвицы, притока реки Исьмы (локальная ГИС). В этой работе при изучении динамики лесов и почвенного покрова бассейна под воздействием хозяйственной деятельности человека были выявлены ряды антропогенной трансформации лесных сообществ, связанные с постоянным лесопользованием. Полученные данные (набор крупномасштабных фитоэкологических, почвенных и аналитических карт бассейна по отдельным компонентам экосистем бассейна) могут быть востребованы для оценки современного состояния и разработки рекомендаций по лесовосстановлению и лесопользованию в районе, в целях мониторинга и т.д. (“Экосистемы широколиственных...”, 2006”).

Вопросы, касающиеся экологического прогнозирования стали реально решаться только в конце 90-х годов (“Agroecology...”, 1998). Так, в Государственном гидрологическом институте была создана и апробирована ГИС по прогнозированию наводнений, работающая по материалам дистанционного зондирования и карт с использованием математико-картографического моделирования. С помощью этой ГИС были даны краткосрочные прогнозы о затоплении в районе Нижней Волги в 1998-99 годах.

ГИС так же находит широкое применение в землепользовании. Мировой опыт использования геоинформационных систем (ГИС) для целей учета и оценки земель имеет уже сорокалетнюю историю. Первым примером эффективного использования ГИС для ведения практического

учета земель принято считать земельную информационную систему штата Миннесота, созданную в середине шестидесятых годов прошлого века.

Другое часто используемое направление применения математико-географического моделирования – это прогноз загрязнения, что обычно делалось для конкретных предприятий, чаще всего горно-промышленного комплекса (“Эколого-геоморфологическое ...”, 2005”).

Довольно широко используются ГИС и геонформационные технологии для радиоэкологических исследований (Маркелов, 2000 и др.) и в эколого-геологических исследованиях (“Новые типы...”, 2001”).

ГИС успешно используется при планировании распределения сельскохозяйственных угодий, проведения ирригационных работ, в лесном хозяйстве, в коммерческих и государственных организациях, где они могут улучшить механизм принятия решений через использование пространственной информации. Возможности пространственного представления и анализа информации дают стратегическое преимущество многим специалистам в отделах планирования, логистики, маркетинга, работы с клиентами, предоставления услуг и т. Д (“Soil and water...”, 1996”).

1.3 Проблемы и перспективы развития ГИС в России.

В России, как и во всем мире, геоинформационные технологии активно развиваются, хоть и с запозданием. ГИС находит применение практически во всех областях науки и технологий.

Несмотря на бурный рост рынка геоинформационных услуг имеется ряд проблем, Часть из них специфична для России, что связано с менталитетом жителей и техническим отставанием от запада. Хочется заметить, что подобное отставание не всегда негативно. В некоторых случаях это позволяет избежать ошибок, допущенных другими странами.

Использование устаревших карт СССР. Основная работа по созданию общегеографических и топографических карт на территории России была выполнена в советское время. К тому же большая часть карт не

оцифрована, табл.1 (“Доклад...,2005”). Как мы видим, охват практически 100% только для обзорных карт, а для крупномасштабных карт количество цифровых аналогов уменьшается в разы.

Таблица 1. Обеспеченность территории Российской Федерации государственными топографическими картами)

Масштаб	Общее количество номенклатурных листов, покрывающих территорию России, шт.	Площадь покрытия, тыс. км ²	В цифровой форме, %	Объем устаревших карт, %
1:10000	247660	4458,0	На отдельные участки	84,6
1:25 000	201 442	17075,4	< 5	69,9
1:50000	54331	17075,4	5	73,1
1:100000	17046	17075,4	20	73,8
1:200000	3571	17075,4	100	69,1
1:500000	497	17075,4	—	78,3
: 1000 000	176	17075,4	100	81,7

Труднодоступность исходных картографических материалов высокого разрешения. Сложность в получении карт высокого разрешения (8 метров) и сверхвысокого (2 м). Частично это связано с “закрытостью” многих крупно и даже среднемасштабных карт. (“Эколого-геоморфологическое ...,2005”).

Вопрос ограничений на использование данных ДЗЗ сверхвысокого разрешения (лучше 2 м) до настоящего времени урегулирован не до конца.

Публичные заявления официальных представителей Роскартографии, прозвучавшие в рамках XIV Всероссийского форума «Рынок геоинформатики России. Современное состояние и перспективы развития» (5–7 июня 2007 г., Москва), о снятии ограничений на использование данных ДЗЗ зарубежного производства не получили правового подтверждения.

Данные зонального зондирования (ДЗЗ), которые сейчас чаще всего используются как исходная информация при составлении различных карт, в основном предоставляются коммерческими фирмами и стоят довольно

дорого. Тем не менее, объем продаж на российском рынке данных ДЗЗ, сегментированном на секторы поставок данных, услуг и технологий, с 2004 г. вырос в 14 раз и составил в 2007 г. 34 438,9 тыс. дол. (“ИБ ГИС-Ассоциации №3(65)2008 Рынок геоинформатики России — 2007”).

Недостаток квалифицированных кадров. В России наблюдается недостаток квалифицированных кадров, обладающих знаниями в использовании ГИС-технологии, которые могут потребоваться для исследования или принятия решений. Хотя сейчас эта проблема и не стоит уже так остро, как 5-10 лет назад (ИБ ГИС-Ассоциации, 1996, 3) эта проблема все еще не перестает быть актуальной.

Проблемы с программным обеспечением. Как таковой проблемы с ПО для ГИС нет, разработаны тысячи различных технологий и сотни прикладных программ. Проблема актуальна в России в связи с тем, что подавляющее большинство программных продуктов являются коммерческими и имеют стоимость от 500 долларов. Бесплатные приложения ввиду их ограниченной функциональности не получили широкого распространения.

Текущее состояние рынка геоинформатики и перспективы развития. Применение ГИС из стадии экспериментов начинает переходить в сферу практического использования, причем не только в отдельных сферах, но и во всех научных, практических и управленческих областях. Идет процесс существенного пересмотра учебных программ по геоинформатике, совершенствование подготовки кадров пользователей ГИС. Все больше проектов стало выполняться с широким использованием компьютерных сетей (.

В 2008 году впервые за несколько лет анализ рынка геоинформатики в России показал отсутствие лидера по показателю “предмет маркетинговой активности”. Если раньше в этом секторе отчетливо лидировали поставщики оборудования, то в 2008 году укрепились позиции поставщиков

программного обеспечения и услуг, а доли их участия распределились равномерно (рис. 2).

Изменилось и соотношение в группе лидеров субъектов маркетинговой активности. Равные позиции (40%) занимают отечественные производители с рекламой собственной продукции и отечественные продавцы зарубежной продукции (рис. 3).



Рис. 2 Предмет маркетинговой активности на рынке геоинформатики



Рис. 3 Субъекты маркетинговой активности на рынке геоинформатики

Наметившееся в прошлом году лидерство отечественных компаний с рекламой собственной продукции (46% по итогам 2007 года) перераспределено в пользу зарубежных организаций (по итогам 2008 года – 20%) (“ИБ ГИС-Ассоциации, 2(69), 2009”).

По итогам XV Всероссийского форума «Рынок геоинформатики в России. Современное состояние и перспективы развития», который прошел 3–5 июня 2008 г. В Москве, участники заседания приняли решение:

- просить Минобрнауки России обратиться в Роскосмос с целью включения вузов РФ в перечень организаций, которые обеспечиваются снимками с КА «Ресурс ДК» по ценам, предусмотренным для государственных организаций;
- обратить внимание Минобрнауки России. Роскартографии на состояние подготовки кадров высшей квалификации по специальностям «геодезия», «картография», «аэрокосмические исследования Земли», «фотограмметрия»;
- просить Комитет по ГИС-образованию ГИС-Ассоциации разработать предложения по подготовке учебников по прикладной и специальной геоинформатике и современным методам обработки и использования данных ДЗЗ.

Если все эти предложения будут выполнены на должном уровне, то российские ВУЗы получат огромный потенциал для подготовки высококвалифицированных кадров и развития отечественной геоинформатики и смежных наук и технологий.

Глава 2. Объекты и методы исследований

2.1 Краткая характеристика района исследования

Центральный Федеральный Округ (ЦФО), в котором у нас находится объект исследований объединил два экономических района: Центральный и Центрально-Черноземный. Его площадь - 650,7 тыс. кв. км, численность постоянного населения на 1 января 2000 г. - 36,9 млн чел. В состав ЦФО входят 18 субъектов Российской Федерации (17 областей и город федерального значения - Москва). (Википедия <http://ru.wikipedia.org/wiki/ЦФО>) (рис. 4)

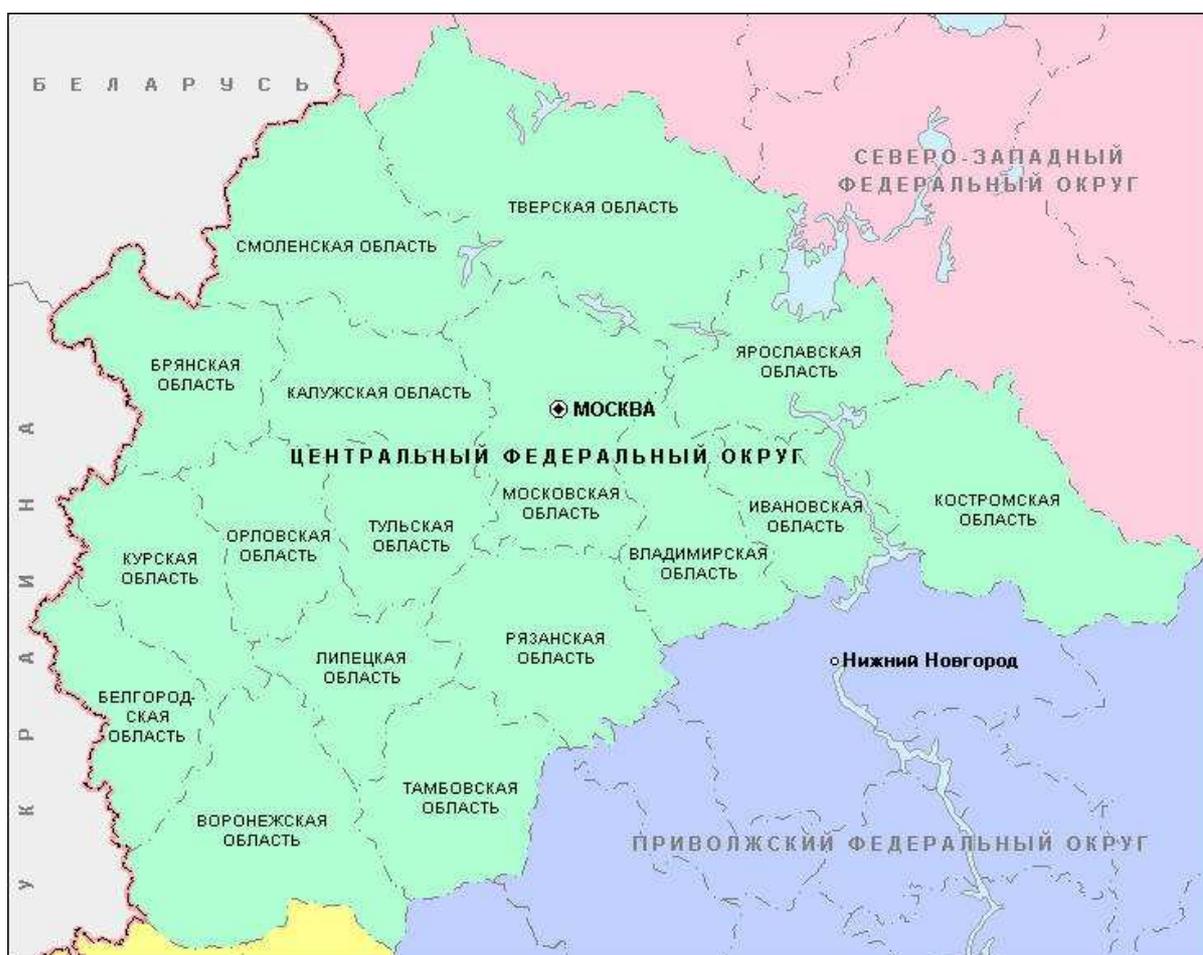


Рис. 4 Центральный федеральный округ

В Центральном федеральном округе недра играют наименьшую роль в экономике. Хотя по некоторым полезным ископаемым этот округ занимает лидирующее положение в России. Здесь сосредоточено 66% всех

промышленных запасов железных руд (добыча составляет более половины от общероссийской), 25% запасов фосфоритов, 25% цементного сырья (добыча - более 40%) и 15% запасов бокситов. Наиболее используемыми из всех природных ресурсов являются стройматериалы (глина, песок, гравий, щебень) и подземные воды. Добывали в этом округе и уголь (Подмосковный бассейн). Однако сейчас развитие этого производства нерентабельно.

Калужская область севере граничит с Московской и Смоленской областями, на западе — с Брянской областью, на юге — с Орловской и Тульской областями, на востоке — с Тульской и Московской областями. На западе и северо-западе — Смоленско-Московская возвышенность (высота до 279 м), на востоке — Среднерусская возвышенность. Рельеф эрозионный.

С севера на юг территория области протянулась более чем на 220 км от 53°30' до 55°30' северной широты, с запада на восток — на 220 км. Площадь области — 29,9 тыс. кв. км. По размерам территории Калужская область больше Армении, ненамного уступает Молдавии, а также таким государствам Европы, как Бельгия (31 тыс. км²) и Нидерланды (34 тыс. км²).

Основные реки относятся к бассейнам Волги (Ока с притоками Жиздра, Угра, Протва) и Днепра (Болва, Ветьма, Снопоть). Полезные ископаемые: бурый уголь, фосфориты, железная руда, стройматериалы и др. (Калужская область <http://www.kalugaobl.ru/>).

2.1.1 Климат

Отдаленность региона от больших водных пространств - океанов и морей - обуславливает в основном континентальный характер климата. Его отличительные черты - сравнительно продолжительные и холодные зимы и умеренно теплое лето. Впрочем, моря и океаны оказывают влияние на климат. Доказательство тому - зимние оттепели и сырые летние сезоны с длительными осадками. Этот климат можно рассматривать как переходный от мягкого-Западной Европы к резко континентальному - Азии. Температура воздуха характеризуется следующими данными: среднегодовая температура -

+4-5°; самый холодный месяц - январь, средняя температура-10-11°; самый теплый-июль, средняя температура +17-18°. Колебания температуры бывают довольно значительными (“По тропам ..., 1969”). Особенностью климата являются частые весенние заморозки, а также чередование жаркого сухого и холодного влажного лета, что определяет рискованный характер сельского хозяйства в регионе (Агроэкологическое..., 2004).

Климат области характеризуется чётко выраженными сезонами года: умеренно жарким и влажным летом и умеренно холодной зимой с устойчивым снежным покровом. Средняя температура июля +18 °С, января –9°С. Теплый период (с положительной среднесуточной температурой) длится 215—220 дней.

2.1.2 Геологические особенности

Калужская область расположена в центральной части Восточно-Европейской платформы. Мощность верхнего (осадочного) структурного яруса изменяется от 400-500 м на юге до 1000-1400 м на севере. Большая часть осадочного чехла сложена отложениями девона. Их доля на юге области превышает 80 % от мощности всей осадочной толщи (включая четвертичные образования).

Формирование современного рельефа началось с конца мезозоя. когда большая часть нынешней территории области освободилась от моря. Благодаря неравномерным тектоническим поднятиям блоков кристаллического фундамента поверхность оказалась приподнятой на разную высоту. По пониженным участкам заложилась древние долины, многие из которых сохранились до настоящего времени. Таковы, например, долины Оки, Жиздры, Суходрева, Протвы. Повышенные участки стали древними водоразделами.

Недра содержат значительные запасы огнеупорных и тугоплавких глин (общие запасы составляют 220 млн. м³), запасы стекольного сырья — 11,6 млн. т, имеются запасы фосфоритов в Хвастовичском и на границе

Думиничского и Людиновского районов в размере 94,7 млн. т. руды (7,5 млн. т. в пересчете на P_2O_5).

Обнаружены месторождения бурого угля Подмосковного угольного бассейна с суммарными балансовыми запасами достигающими 1240 млн. т., среди них: Воротынское (410 млн. т.), Северо-Агеевское (151), Середейское (150), Студёновские участки (103) и другие, несмотря на невысокое качество углей представляют интерес в силу близости к крупным потребителям. Балансовые запасы торфа составляют около 24 млн. т.

2.1.3 Почвы и почвообразовательные породы

Преобладающими почвами региона являются дерново-подзолистые почвы (занимают примерно 75,6%). На водоразделах распространены дерново-сильноподзолистые почвы. В северной части территории на востоке и юго-востоке области преимущественно дерново-слабоподзолистые, в поймах рек — аллювиальные. На юге широко распространены дерново-подзолистые глеевые и глееватые почвы. В центральной части и на востоке — преимущественно серые и светло-серые почвы (занимают около 12,4%).

Географическое положение Калужской области, расположенной на стыке лесной и лесостепной зон определило весьма значительную пестроту почвенного покрова. Однако, на большей части территории области господствующими являются дерново-подзолистые почвы различного механического состава. В центральных и восточных районах области дерново-подзолистые почвы сменяются серыми лесными, обладающими более высоким естественным плодородием. Наряду с этими основными типами почв на территории области встречаются и другие: дерновые, дерново-карбонатные, подзолистые, полуболотные, болотные, пойменные. Процесс почвообразования в северных, западных и южных районах области протекал на разнообразных по происхождению и механическому составу породах.

К северу от границы московского ледника почвы формируются главным образом на покровных суглинках. На вершинах моренных холмов местами почвообразование происходит на моренных суглинках, а между холмами и вдоль долин рек — на водноледниковых супесях и песках. В западных и южных районах области и пределах зандровых равнин, расположенных к югу от границы московского ледника, процесс почвообразования обычно развивается на двучленных породах: сверху залегают маломощные пески и супеси (до 0,5 м), а под ними—либо морена, либо коренные породы (известняки, опоки, трепелы, пески, глины). Все почвообразующие породы четвертичного возраста, особенно пески и супеси, в связи с особенностями своего происхождения, обеднены минеральными веществами, в том числе и карбонатами. Почвообразование на этих породах происходило под смешанными лесами.

Ежегодно отмирающие растительные остатки под смешанными лесами полностью не минерализуются: низкие температуры или недостаток тепла в отдельные сезоны года угнетают или вовсе прекращают жизнедеятельность микроорганизмов, разлагающих органические вещества. Вместе с тем общее количество ежегодно отмирающих растительных остатков в смешанных лесах сравнительно невелико и поэтому почвы, формирующиеся под смешанными лесами, небогаты гумусом. К тому же возникающий здесь гумус частично способен растворяться в воде и вымываться из верхних горизонтов почвы. Одновременно с накоплением гумуса в этих почвах происходит процесс оподзоливания — процесс разрушения, растворения и вымывания минеральных соединений под влиянием кислых продуктов, возникающих при разложении органических остатков, а также почвенного раствора, имеющего кислую реакцию. Сочетание процесса накопления гумуса (дернового) и процесса оподзоливания и приводит к образованию дерново-подзолистых почв.

На профиле дерново-подзолистых почв выделяются три горизонта. Верхний перегнойный горизонт A_1 мощностью в 10 - 20 см имеет светло-

серую окраску и непрочную комковато-пылеватую структуру. Под ним — белесый подзолистый горизонт A_2 , обедненный элементами питания растений. Ниже расположен уплотненный горизонт вымывания В красно-бурой или желто-бурой окраски. Дерново-подзолистые почвы подразделяются на три вида: дерново- сильно-, средне- и слабоподзолистые.

Дерново-подзолистые почвы не имеют в области широкого распространения. Они формируются обычно на морене и тяжелых покровных суглинках в условиях плоских водоразделов. Для них характерна небольшая мощность горизонта A_1 (8-12 см), под которым залегает более мощный горизонт A_2 . Горизонт В обильно пронизан кремнеземистой присыпкой. Содержание гумуса а горизонте A_1 — 1.0-1,5 процента. Господствующими в области являются дерново-среднеподзолистые почвы, сформировавшиеся на покровных суглинках, реже на морене, песках и супесях. У дерново-среднеподзолистых почв мощность горизонта A_1 (10-20 см) больше мощности горизонта A_2 (10 см и менее). Кремнеземистая присыпка не проникает так глубоко в горизонт В, как у сильно подзолистых почв, содержание гумуса 1,5—2,0 процента. Дерново-слабоподзолистые почвы могут образовываться как на покровных суглинках, так и на супесях. Мощность горизонта A_1 у дерново-слабоподзолистых почв — до 20 см. Ясно выраженного горизонта A_2 эти почвы не имеют, хотя он и намечается в виде отдельных пятен и линз. Содержание гумуса горизонте A_1 - до 2,5 процента.

Все дерново-подзолистые почвы нуждаются во внесении органических и минеральных удобрений, а также в известковании (“География Калужской области..., 1989”).

2.1.4 Растительность и история землепользования

Общая площадь лесов составляет около 1380 тыс. га (46% территории) (2006). Общий запас древесины 228,3 млн. м³. В лесном фонде доминируют мягколиственные породы (березовые и осиновые).

Сельскохозяйственные угодья на начало 2005 года занимали 1350 тыс. га (44% территории), под пашней 32%, под кормовыми угодьями 12% земель региона. Основные культуры: кормовые, картофель, овощные, кормовое зерно (пшеница, ячмень, рожь, овес, гречиха), лён-долгунец.

Заболоченность сравнительно невелика — около 0,5 % общей площади и уменьшается с запада на восток, преобладают низинные болота.

Калужская область расположена в лесной зоне, в пределах которой выделяются две подзоны — подзона смешанных и подзона широколиственных лесов. Интересно, что граница между ними и на значительном протяжении совпадает с границей московского оледенения. Восточная и юго-восточная части области, которые подвергались московскому оледенению, относятся к подзоне широколиственных лесов, а остальная — большая её часть - к подзоне смешанных лесов. Каждая подзона подразделяется на ботанические районы, отличающиеся друг от друга особенностями растительности.

Значительные площади па территории области занимают различного типа луга. Луга, расположенные на водоразделах и на склонах речных долин, называются материковыми в отличие от заливных лугов, расположенных в поймах рек (“Растительность и геоботанические районы..., 1947”)

2.2 Характеристика объекта исследований

Для исследования было выбрано опытное поле Калужского филиала РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Актуальность такого выбора была продиктована современными экологическими задачами в рамках исследовательских проектов кафедры экологии РГАУ-МСХА и кафедры экологии и радиологии Калужского филиала университета. Калужский филиал был основан в 1988 году, до этого времени Опытное поле принадлежало Карачевской птицефабрике, расположенной по соседству, и служило местом для хранения навоза.

2.2.1 Географическое положение.

Учебно-опытное поле Калужского филиала с/х академии им. Тимирязева расположен в пригородной зоне областного центра г. Калуги. Данный участок расположен между д. Белая и Черносвитино (рис. 5,6). Транспортная связь осуществляется по дороге с асфальтовым покрытием, которая соединяет д. Анненки и поселок Силикатный.



Рис. 5 Спутниковый снимок опытного поля. Высота камеры 1,5 км, угол наклона 40°, масштаб 1:200 000. Дата съемки 20 апреля 2006 года.



Рис. 6 Общий вид опытного поля. Фото май 2009 года.

2.2.2 Почвенно-климатическая характеристика опытного поля

Район местонахождения учебно-опытного поля характеризуется умеренно-континентальным климатом, с теплым летом, умеренно-холодной зимой, устойчивым снежным покровом и хорошо выраженными переходимыми сезонами (таблица 2).

Таблица 2 средняя месячная и годовая температура воздуха (в градусах)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средне годовая
От	-10,5	-10,0	-5,0	3,5	11,5	15,5	17,5	15,5	10,0	4,0	-2,0	-7,5	3,5
До	-9,0	-9,0	-4,0	4,0	12,0	16,0	18,0	16,0	10,5	4,5	12,0	-6,5	4,2

Из приведенных данных видно, что теплом здесь могут быть обеспечены все сельскохозяйственные и плодово-ягодные культуры, даты перехода средней суточной температуры воздуха через 0°, +5°, +10° и продолжительность периодов с температурой выше указанных пределов приведены в таблице 3.

Таблица 3 Продолжительность периодов и сумма положительных температур

Периоды	Продолжительность периода (дни)	Начало	Конец	Сумма положительных температур
С температурой выше 0°	214-219	2-4/IV	5-8/XI	2400-2500
С температурой выше 5°	174-177	18-19/IV	II-III/X	2300-2400
С температурой выше 10°	130-138	3-8/V	16-19/IX	1950-2100

Из приведенных данных видно что переход среднесуточной температуры воздуха через +5° приходится на 18 апреля и 13 октября, а продолжительность периода с температурой выше 5° составляет 174-177 дней и соответствует активной вегетации с/х культур и ягодников. Продолжительность периода с температурой +10° составляет 130-138 дней, что является благоприятным в оценке температурных условий при возделывании плодовых культур, так как температура +10° является активной вегетационной температурой для плодовых. Весенние заморозки на равных открытых местах кончаются в среднем 6-10 мая, осенние начинаются 24-27 сентября. Продолжительность безморозного периода составляет 135-145 дней. Следует учитывать, что поздние заморозки в мае иногда могут совпадать с цветением плодово-ягодных культур и в результате цветы и завязи повреждаются. Вероятность повреждения цветов и завязей плодовых растений весенними заморозками составляет для яблони 20%, для вишни 25-40%.

Полное оттаивание почвы наблюдается 23-24 апреля. Но влагообеспеченности район расположения учебно-опытного поля можно отнести к зоне достаточного увлажнения, что видно из приведенной ниже таблицы 4.

Таблица 4 Влагообеспеченность района

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	годовое

35	35	35	40	55	70	85	75	55	50	45	40	620
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Из приведенных данных видно что переход среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$ приходится на 18 апреля и 13 октября, а продолжительность периода с температурой выше 5° составляет 174-177 дней и соответствует активной вегетации с/х культур и ягодников. Продолжительность периода с температурой $+10^{\circ}$ составляет 130-138 дней, что является благоприятным в оценке температурных условий при возделывании плодовых культур, так как температура $+10^{\circ}$ является активной вегетационной температурой для плодовых. Весенние заморозки на равных открытых местах кончаются в среднем 6-10 мая, осенние начинаются 24-27 сентября. Продолжительность безморозного периода составляет 135-145 дней. Следует учитывать, что поздние заморозки в мае иногда могут совпадать с цветением плодово-ягодных культур и в результате цветы и завязи повреждаются. Вероятность повреждения цветов и завязей плодовых растений весенними заморозками составляет для яблони 20%, для вишни 25-40%.

Полное оттаивание почвы наблюдается 23-24 апреля. Но влагообеспеченности район расположения учебно-опытного поля можно отнести к зоне достаточного увлажнения, что видно из приведенной ниже таблицы.

Среднемесячное и годовое количество осадков в мм. Сумма осадков за период с температурой выше 10° составляет 300-320 мм, испаряемость за тот же период 195-210 мм. Для определения влагообеспеченности плодовых культур очень важно учитывать распределение осадков и их колебания по месяцам, особенно в апреле, мае, июне, так как эти месяцы наиболее ответственны для их развития. Две трети годового количества осадков выпадает в виде дождя, одна треть в виде снега. Продолжительность периода с устойчивым очажным покровом составляет в среднем 130-135 дней, наибольшая высота снежного покрова наблюдается во второй половине зимы

и составляет 30-38 см. Условия перезимовки плодовых и ягодных культур в целом благоприятны.

Наступление спелости почвы приходится на 23-26 апреля, ветровой режим характеризуется преобладанием северо-западных и западных ветров в теплый период года и юго-западных в холодный. Скорость ветра в теплый период в среднем \bar{x} сутки составляет 2,5-3,0 м/сек, в холодный 3,5-5,0 м/сек.

2.2.3 Рельеф

По природно-географическому районированию Калужской области территория учебно-опытного поля относится к Угрюмовско-Суходревскому району Смоленско-Московской провинции. Район представляет собой плоскую или слабоволнистую равнину, пересеченную ложбинами и долинами рек/ Зандровые равнины с поверхности сложены песками, местами с включение валунов, гальки и гравия. Мощность песков непостоянна и обычно невелика. Чаще всего она колеблется в пределах от 0,5 до 1-2 метров. Пески всюду подстилаются мореной. Поверхность морены волнистая. Кое-где на междуречьях морена выступает, образуя невысокие пологие повышения, а иногда и целые островки холмисто-моренного рельефа.

Территория учебно-опытного поля делится ложбинами стока на несколько слабоприподнятых участков. Эти участки характеризуются слабоповышенным рельефом с небольшим уклоном к ложбинам стока. Здесь сформировались дерново-среднеподзолистые супесчаные и песчаные почвы на водно-ледниковых отложениях подстилаемых мореной. Грунтовые воды здесь залегают на значительной глубине и существенного влияния на почвообразовательный процесс не оказывают. В ложбинах стока грунтовые воды подходят ближе к поверхности, а также здесь происходит застой дождевых и талых вод, в результате этого происходит процесс оглеения почв. Здесь сформировались дерново-среднеподзолистые глееватые почвы. К

ложбинам стока примыкают слабопониженные участки равнины, где сформировались дерново-среднеподзолистые слабоглееватые почвы.

Более половины территории учебно-опытного поля занято лесом. Леса представлены сосной, елью с примесью березы, осины. В подлеске встречаются рябина, можжевельник, лещина, крушина, ива серая, бересклет бородавчатый. Травянистый покров под пологом леса представлен копытнем европейским, звездчатко.1 дубравной, костяником, снытью обыкновенной, хохлаткой средней, ландышем и др.

2.2.4 Почвообразующие породы

В геологическом строении территории учебно-опытного поля большая роль принадлежит четвертичным отложениям. Четвертичная толща залегает на породах нижнего карбона. В составе четвертичной толщи главное значение имеют моренные суглинки и супеси.

Почвообразующие породы на данной территории представлены водноледниковыми отложениями, которые с различной г дубины подстилаются мореной суглинистой.

Водноледниковые отложения представлены рыхлыми, хорошо отсортированными, однородными, слоистыми различающаяся по крупности песчаных "зерен" песками, встречаются также мелковалунные водноледниковые пески, содержащие гравии и гальку. Эти породы, по литературным данным, крайне бедны вольными элементами, кварц в них составляет от 85 до 98% от общей массы. Они обладают крайне низкой емкостью поглощения. В механическом составе водноледниковых отложений преобладают фракции песка размер фракций (1-0,05 мм), содержание их от 40 до 50%. Почвы, сформировавшиеся на водноледниковых отложениях имеют супесчаный или песчаный механический состав, практически бесструктурны.

Морена - характеризуется неоднородностью и несортированностью материала, включающего валунчики, хрящ, гальку. Морена имеет

краснобурю или охристую окраску и представлена различными по мощности сильноопесчаными легкими и средними суглинками, в механическом составе которых характерно, как правило, наличие большого процента песчаных фракций (1-0,05 мм), содержание их до 40%.

Почвы, сформировавшиеся на водоледниковых отложениях подстилаемых мореной отличаются ухудшенными химическими и физическими свойствами (“Агрофизика..., 2006”). Подстиание водоледниковых отложений мореной оказывают существенное влияние на формирование почвенного профиля. При подстиании водоледниковых отложений мореной резко меняется водный режим, т.к. морена являясь хорошим водоупором, задерживает влагу, которую при сильном иссушении могут использовать растения. Подстиание верхних супесчаных и песчаных горизонтов мореной суглинистой имеет и свои отрицательные свойства, т.к. в весеннее время, а во влажные годы в течение всего вегетационного периода, морена держит верховодку, что сильно затрудняет своевременную вспашку и дальнейшую обработку (“Почвы учебно-опытного поля..., г. Калуга, 1990”).

2.3 Методы исследований

2.3.1 Метод GPS измерений

Данный метод заключается в определении географических координат точек на местности с помощью GPS (Глобальная система позиционирования) и занесении их в журнал для последующей камеральной обработки. Измерения проводились с помощью GPS **GPSmap 76CS** фирмы Garmin (рис. 7).



Рис. 7 Garmin 76CS

Сущность метода заключается в том, что GPS проводит поиск спутников над местностью, где проводятся измерения и отображает данные о географических координатах в выбранной системе, высоте и другие данные.

Для возможности приема спутниковых сигналов необходимо находиться на улице в месте с беспрепятственным обзором неба. Спутниковые сигналы не могут проходить сквозь твердые материалы (кроме стекла) или плотную крону деревьев.

Полученные координаты сохраняются в памяти GPS приемника и записываются в полевой журнал (“Garmin.., 2005”, “Глобальные системы..., 2002”, “Основы спутникового..., 1998”).

2.3.2 Морфогенетическое описание почвенных разрезов.

Данный метод заключается в морфогенетическом описании почвенных разрезов на изучаемой территории во время полевых исследований.

В наиболее типичных и представительных местах копают полнопрофильные разрезы. Ширина как правило составляет метр, длина 1,5-2 метра и глубина от 1 метра. Разрез должен быть с отвесными вертикальными стенками. Передняя стенка, по которой преимущественно делается все описание должна быть на хорошо освещаемой солнцем стороне (рис. 8).



Рис. 8 Почвенный разрез на опытном объекте

В промежуточных точках для морфогенетического описания используют почвенный бур. Далее почву раскладывают на бумагу или другую поверхность и делают описание (рис. 9).



Рис. 9 Анализ образцов, отобранным почвенным буром.

В разрезе выделяют горизонты почв и делают подробное геоморфологическое описание. Так же описывают растительность возле разреза и дают характеристику почвенного покрова (“Экологическое почвоведение...”, 2005).

Из каждого горизонта отбирают образцы на анализ.

2.3.4 Пространственный анализ основанный, на векторном представлении данных

Метод пространственного анализа (Dimensional Analysis..., 1967) основан на векторизации исходной картографической информации, т.е. перевод отсканированной карты в приемлемый для работы вид. Вначале с помощью различных инструментов (полигон, линия, полилиния, нанесение текст) обводятся все элементы, расположенные на карте. Этот процесс называется оцифровка или векторизация. Векторные фигуры, их форма,

размер и другие параметры задаются математическими функциями, основной из которых являются кривые Безье (“Математические основы..., 2001”). Благодаря этому у такой фигуры можно посчитать площадь, диаметр и выполнять другие операции.

Растровая графика основана на сочетании мельчайших цветных точек, называемых пикселями. Эти точки, сливаясь, образуют в нашем зрительном представлении единое изображение (IBM PC..., 1997). Так как данный вид графики не имеет каких-либо линейно-площадных характеристик, он годится только для просмотра изображения, а не для работы с ними.

После векторизации на карту наносятся дополнительные пространственные объекты, которые отсутствовали на карте, но их отображение необходимо для решения поставленной задачи. Затем карту насыщают необходимой информацией, в данном случае почвенно-экологической и анализируют средствами ГИС (рис. 10, 11).

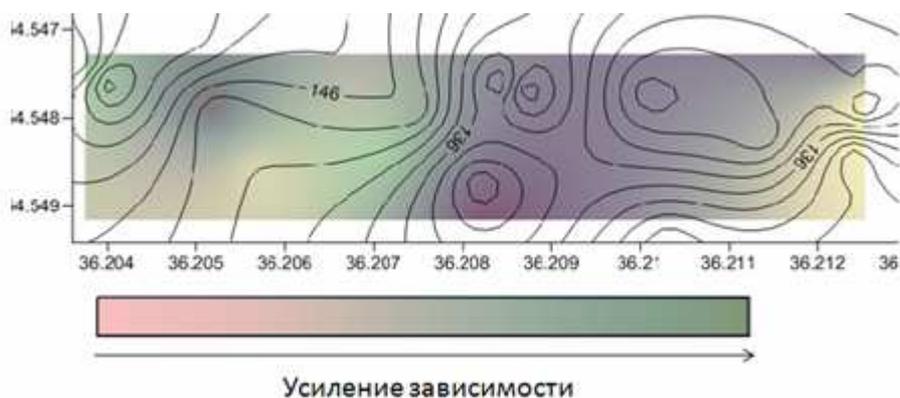


Рис. 10 Визуальный анализ зависимости содержания гумуса от мощности пахотного горизонта

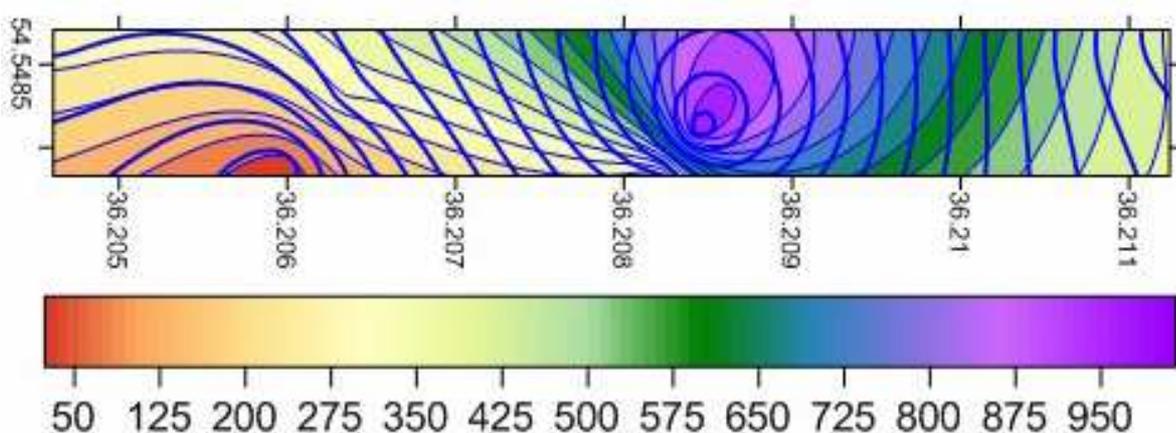


Рис. 11 Динамика изменения содержания подвижного фосфора на опытном поле. Заливкой показаны данные по состоянию на 1989 год, синий контур – данные текущего обследования 2009 года.

2.3.5 Методы геостатистики

Аппроксимация, или приближение - математический метод, состоящий в замене одних математических объектов другими, в том или ином смысле близкими к исходным, но более простыми (“Математическое моделирование..., 2007”). Аппроксимация позволяет исследовать числовые характеристики и качественные свойства объекта, сводя задачу к изучению более простых или более удобных объектов (например, таких, характеристики которых легко вычисляются, или свойства которых уже известны).

Пространственная интерполяция. Восстановление функции на заданном интервале по известным ее значениям в конечном множестве точек, принадлежащих этому интервалу. Если допустить, что приращение функции пропорционально приращению аргумента (линейная интерполяция), то функция заменяется ломаной, состоящей из отрезков прямой, соединяющих пары соседних значений.

Интерполяция и аппроксимации используются, в частности, в картографическом методе исследования, математико-картографическом моделировании и ГИС, в том числе в операциях обработки цифровой модели рельефа для восстановления поверхностей по множеству ее дискретных значений и проведения изолиний (например, горизонталей по совокупности высотных отметок). Необходимость учета особенностей, связанных с пространственностью интерполируемых данных (сферичность Земли, искажения картографических проекций и др.), позволяет выделять так называемую пространственную интерполяцию (spatial interpolation) с присущими ей особенностями реализации методов интерполяции (“Statistics..., 1993”, “Towards..., 1987”).

Кригинг или вариограмный анализ является одним из основных методов, используемых в геостатистике и включает в себя использование выше описанных методов аппроксимации и пространственной интерполяции.

Кригинг основан на том, что как правило, объекты, явления и процессы, которые расположены ближе в пространстве, являются более подобными между собой сравнительно с теми, которые более удалены друг от друга (“Geostatistics,..., 1997”). Вариограмма — график, который показывает зависимость между дисперсией признака в определенных местоположениях и расстоянием между последними. Эта зависимость используется для предсказания значений в других местоположениях, то есть при пространственной интерполяции. Например, по известным значениям высоты земной поверхности в некоторых точках, можно определить значения в неизвестных точках между ними. Геостатистика используется для анализа пространственных распределений в геологии, климатологии, почвоведении, экологии (“Surfer...,2009”).

Глава 3. Формирование локальной ГИС на примере опытного поля Калужского филиала РГАУ-МСХА.

3.1 Подбор исходной информации с оцифровкой данных.

В первую очередь для формирования локальной геоинформационной системы потребуется топографическая основа, масштаб которой зависит от размеров исследуемого объекта, а так же другие, необходимые для формирования тематических слоев.

В качестве базовой платформы выбрана программа Mapinfo Professional. Данный выбор обусловлен рядом факторов, таких как широкая известность программы в кругу специалистов, ее доступность, умеренная стоимость и опыт успешного использования на кафедре экологии РГАУ-МСХА.

Основные варианты получения исходной картографической информации.

- Сканирование или фотографирование с бумажной основы
- Дистанционное спутниковое зондирование (ДЗЗ)
- Данные наземной съемки

3.2 Формализация требований и формирование ГИС

3.2.1 Векторизация исходной картографической информации.

Это один из основных подготовительных этапов, связанный с оцифровкой данных.

Для решения данной задачи была выбрана ГИС Mapinfo, являющаяся очень популярной программой в России и одним из лидеров на рынке программного обеспечения в области геоинформатики. Так же при выборе платформы для создания локальной ГИС важным фактором является преимущество на кафедре экологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Организация данных в Mapinfo.

В Mapinfo как в любой ГИС данные представленные в виде отдельных слоев, содержащих различную тематическую информацию. Каждому слою соответствует таблица базы данных, где может содержаться атрибутивная информация. Например, отметив точки на карте, мы можем внести в базу данных ее название, высоту, мощность пахотного слоя в этом месте, данные химического анализа и другие важные данные.

Для каждого слоя создается несколько файлов в служебных форматах Mapinfo, куда сохраняется все информация. Для эффективной работы рекомендуется создавать отдельный слой для каждого значимого параметра. Слои можно показывать по одному, накладывать друг на друга отдельные слои или все сразу, но редактировать одновременно можно только один слой.

Векторизация картографической информации.

Работа по оцифровке карт начинается обычно с импорта растрового изображения (отсканированной бумажной карты или полученного в электронном виде).

- 1) Файл → Новая таблица
- 2) Выберите Добавить поле. Назовем его “Основа”.
- 3) Далее будет предложено сохранить файл. Создадим отдельную папку, где будут все файлы проекта и сохраним этот файл, назвав его Основа.tab
- 4) Теперь нужно открыть предварительно отсканированную бумажную основу. Лучше поместить отсканированное изображение в папку проекта. Выберите Открыть и выберите в списке Растр.

После открытия растра появится диалоговое окно, где будет предложено выбрать, показать или регистрировать изображение (рис. 12). Открытая нами схема откроется в новом окне. В Mapinfo лучше любые изображения регистрировать перед формированием пространственных объектов.

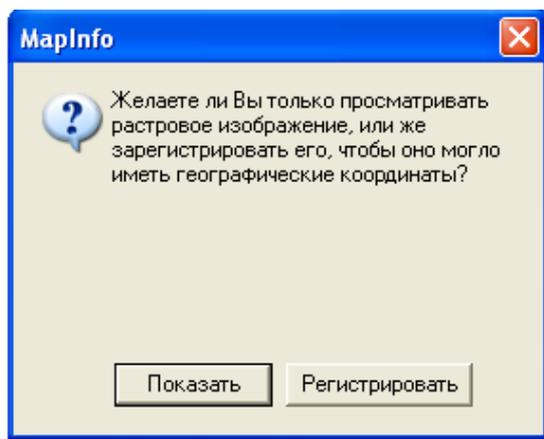


Рис. 12 Диалоговое окно при открытии изображения

Процесс регистрации заключается в том, что на карте отмечаются опорные точки и указываются их координаты, которые нам заранее должны быть известны (рис. 13).

Без пространственной привязки работать с MapInfo бессмысленно, так как по опыту работу с данной программой можно судить о том, что растровая основа живет своей жизнью от пространственных объектов, на нее наложенных.

Если оцифровку делать поверх пространственно привязанного (зарегистрированного) изображения, то и все объекты, создаваемые на ней будут иметь тоже свои реальные координаты.

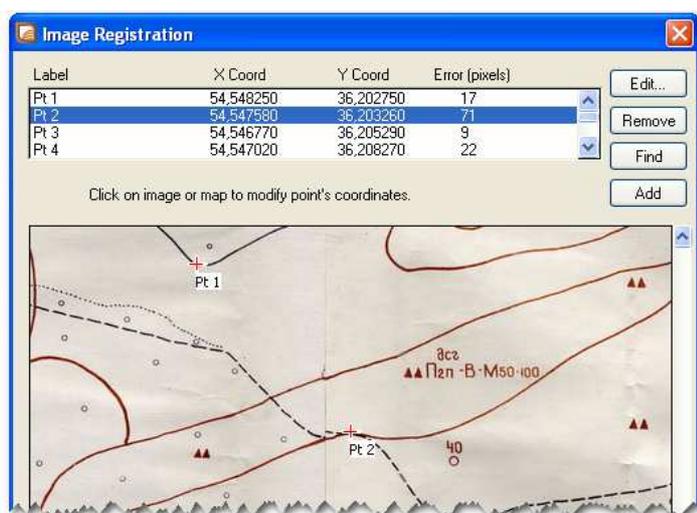


Рис. 13 Процесс регистрации изображения

Если регистрацию изображения делать в самом конце, то оно будет иметь координаты, а все объекты на ней нарисованные так и останутся в углу карты имея координаты 0° по широте и долготе (“Преобразование сканерного снимка..., 1998”).

3.2.2 Формирование пространственных объектов.

3.2.2.1 Выделение границы.

Для этого потребуется создать новый слой. Чтобы в MapInfo сделать новый слой нужно создать новую таблицу и она должна иметь хотя бы одну колонку, даже если никаких данных содержать не будет. Файл→ Новая таблица. Укажите имя поля (без использования пробелов) и сохраните таблицу.

Зайдите в меню Карта→ Управление слоями. Тот слой, с которым мы собираемся работать должен быть обозначен как активный.

Для того, чтобы провести границу мы будем использовать инструмент Полигон. Особенность инструмента Полигон в том, что последовательно отмечая узловые точки контура, мы получаем в итоге замкнутую линию.

Отметим, что полигон по умолчанию с белой заливкой и поэтому после того, как мы обозначим контур, он закроет собой нашу основу. Чтобы нормально работать на первом этапе нужно, чтобы подложка была всегда верхним слоем. Для этого зайдите в Управление слоями и отметив слой с подложкой (отсканированной бумажной основой) переместите его наверх (рис. 14).

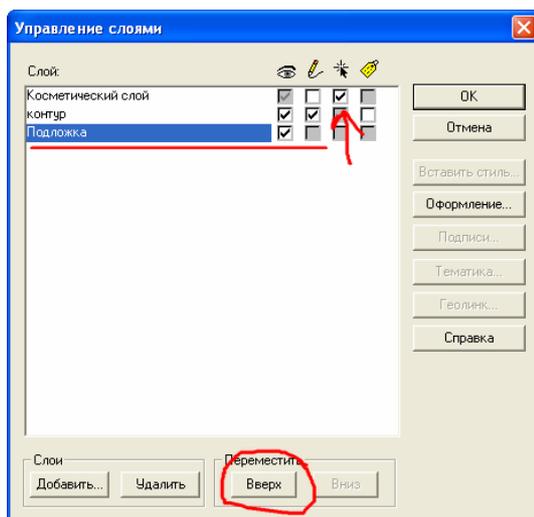


Рис. 14 Операции со слоями карты

3.2.2.2 Как выделить изолинию или изогнутый контур.

Рассмотрим как выделить изогнутый контур на примере фрагмента схемы (рис. 15)

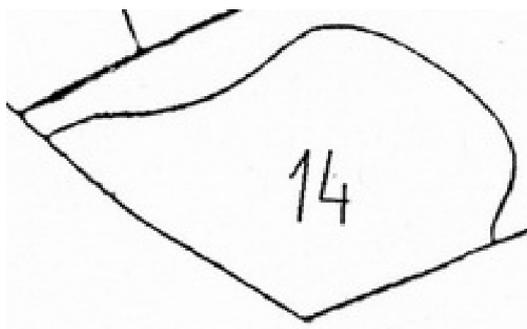


Рис. 15 Контур

Используя инструмент Полигон выделим контур 14. Линия в данном случае выходит ломаная (рис. 16).

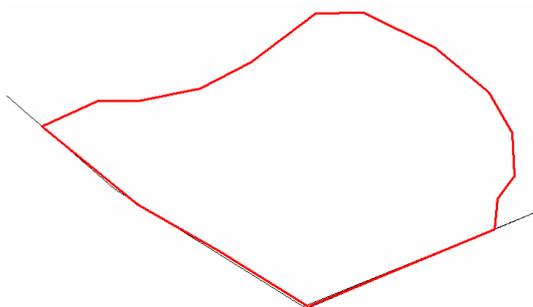


Рис. 16 Обведенный контур

Выделите полученный контур и в контекстном меню выберите Объекты → Сгладить углы.

Линия получилась сглаженной, но все равно как правило, не совпадает с контуром (рис. 17)..



Рис. 17 Сглаженный контур

Для того, чтобы завершить операцию добавим дополнительные узлы.

Выберите инструмент Форма и Добавить узлы, который появится после этого (рис. 18).

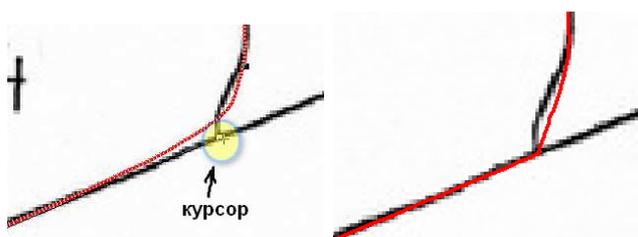


Рис. 18 Добавление узлов для максимального повторения контура

Так же при нажатии кнопка Форма (без добавления узлов) можно перемещать уже созданные узлы для создания более точного контура.

В итоге мы получили контур полностью повторяющий исходный (рис. 19).

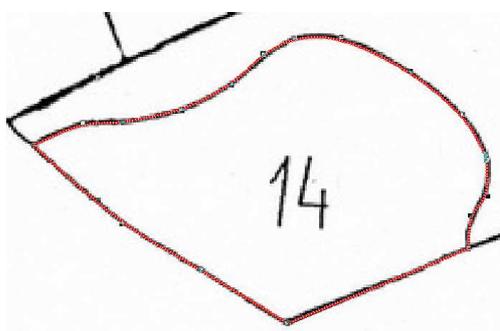


Рис. 19 Контур полностью повторяет исходный

Как изменить цвет линии.

Выберите инструмент Выбор и щелкните два раза левой кнопкой мыши по проведенной границе.

Работа с полигонами.

Выделение областей цветом. Заливка. С помощью инструмента Полигон обведите необходимый контур. В итоге получается замкнутый контур с заливкой (рис. 22).

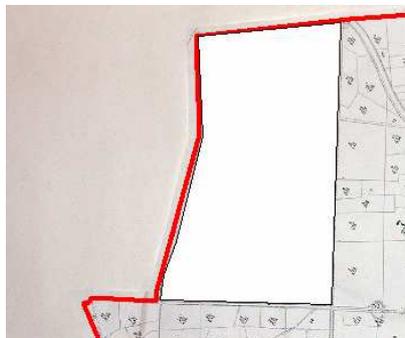


Рис. 22 Контур с заливкой

Далее два раза щелкните по полигону левой кнопкой мыши и выберите стиль (рис. 22).

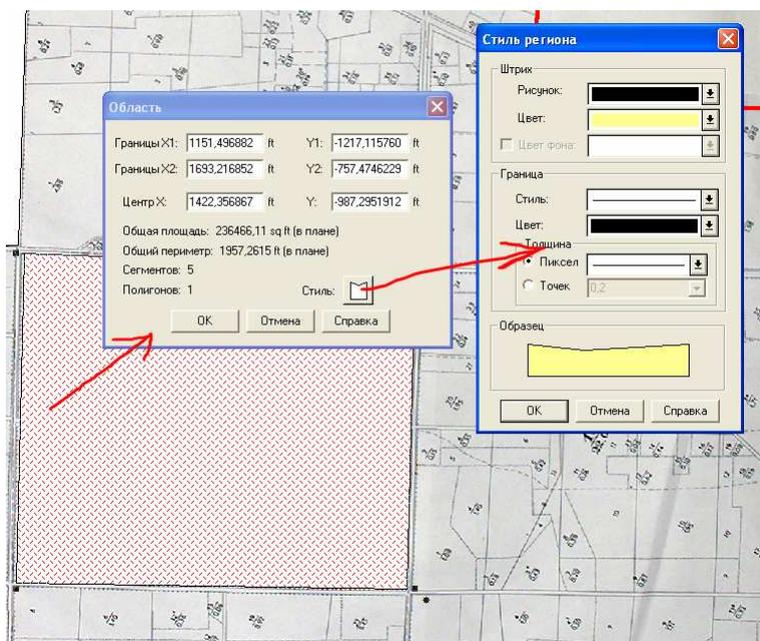


Рис. 22 Порядок работы при изменении стиля полигона

Если нужно выделить полигон сложной формы со сглаженной линией, то нужно просто добавить больше сегментов, так как углы у полигонов не сглаживаются как у полилиний.

Преобразование полилинии в полигон.

Если требуется сделать заливку области, выделенной полилинии (если у вас замкнутый контур), то можно преобразовать полилинию в полигон. Для этого выделите полилинию и в контекстном меню выберите Объекты → Превратить в области. Далее придайте полигону нужный стиль как было описано выше.

Создание полигонов с общей границей.

Для того, чтобы у двух соседних полигонов совпадали границы, т.е. не было двойных линий воспользуемся функцией Узлы. При наведении на узел (угол ранее созданного полигона) курсор меняет свой вид на перекрестие.

При проведении линии по общей границе ведите курсор по границе до тех пор, пока он не примет вид перекрестия и там ставьте новый узел (нажмите на левую кнопку мыши). В этом случае общая граница будет совпадать точно с границей первого полигона.

3.3 насыщение почвенно-экологической информацией.

При подходе к этому вопросу нужно понимать, что в ГИС системе данные организуются слоями, которые можно показывать поочередно, накладывая друг на друга, в том числе с разной прозрачностью.

Для построения карт нам потребуются координаты точек и специальная информация, которая будет определять тематику карты. Это могут быть высоты, мощности горизонтов почв, данные химического анализа образцов почвы в выбранных точках и другие данные.

3.3.1 Географические координаты

Координатами называют угловые или линейные величины, определяющие положение точки на какой-либо поверхности или в пространстве (“Справочник..., 1953”). Географические координаты определяют положение точки на земной поверхности

Широта — угол между местным направлением зенита и плоскостью экватора, отсчитываемый от 0 до 90° в обе стороны от экватора. Географическую широту точек, лежащих в северном полушарии, (северная

широта) принято считать положительной, широту точек в южном полушарии — отрицательной. К тому же, принято говорить о широтах, бóльших по абсолютной величине — как о высоких, а о близких к нулю (то есть, к экватору) — как о низких.

Широту места можно определить с помощью таких астрономических инструментов как секстант или гномон (прямое измерение), также можно воспользоваться системами GPS или ГЛОНАСС (косвенное измерение). От широты, как и от времени года, зависит продолжительность дня.

Долгота — угол между плоскостью меридиана, проходящего через данную точку, и плоскостью начального нулевого меридиана, от которого ведётся счёт долготы. Сейчас на Земле за нулевой меридиан принят тот, что проходит через старую обсерваторию в городе Гринвич, и поэтому он называется Гринвичским меридианом. Долготы от 0 до 180° к востоку от нулевого меридиана называют восточными, к западу — западными. Восточные долготы принято считать положительными, западные — отрицательными. В отличие от широты, для системы долгот выбор начала отсчёта (нулевого меридиана) произволен и зависит только от соглашения. Так, кроме Гринвича, в качестве нулевого ранее выбирались меридианы обсерваторий Парижа, Кадиса, Пулково (на территории Российской империи) и т. д. От долготы зависит местное время.

Чтобы полностью определить положение точки трёхмерного пространства, необходима третья координата — высота. Расстояние до центра планеты не используется в географии: оно удобно лишь при описании очень глубоких областей планеты или, напротив, при расчёте орбит в космосе (“Глобальные спутниковые..., 2004”).

В пределах географической оболочки применяется обычно высота над уровнем моря, отсчитываемая от уровня «сглаженной» поверхности — геоида. Такая система трёх координат оказывается ортогональной, что упрощает ряд вычислений. Высота над уровнем моря удобна ещё тем, что связана с атмосферным давлением.

Расстояние от земной поверхности (ввысь или вглубь) часто используется для описания места, однако не служит координатой ввиду неровности поверхности.

3.3.2 Системы географических координат.

Самыми распространенными системами координат для территории России являются: универсальная общеземная система WGS-84 (World Geodetic System - 1984) базирующаяся на эллипсоиде WGS-84 с центром в центре масс земли и референцная (используемая в России и некоторых окружающих странах) - Pulkovo-1942 (СК-42) базирующаяся на эллипсоиде Красовского, начало координат смещено относительно центра масс расстояние около 100 м (поэтому эта система и носит название референцной или относительной). Система WGS-84 широко применяется зарубежом, ее используют практически для всех данных производимых в мире (“Rectangular Coordinates..., 1988”). СК-42 широко используется в российской картографии, на ней основаны все топографические материалы ВТУ ГШ РФ (Военно-топографического управления Генерального штаба Российской Федерации).

При сравнении этих двух систем координат разница может составлять порядка 140м в Калининградской области или 100м на Урале. Области максимального соответствия двух систем координат находятся в Центральном Китае и Чили, в этих областях разница между точками в разных системах координат минимальна (Географические информационные системы <http://gis-lab.info/qa/wgs-pul-compare.html>).

При работе с GPS особое внимание обращайте для работы в какой системе координат он настроен, чтобы потом избежать проблем при сопоставлении с другими данными (рис. 23). Перевод в другую систему координат осуществляется с помощью специальных формул, так же многое специализированное программное обеспечение имеет такую функцию

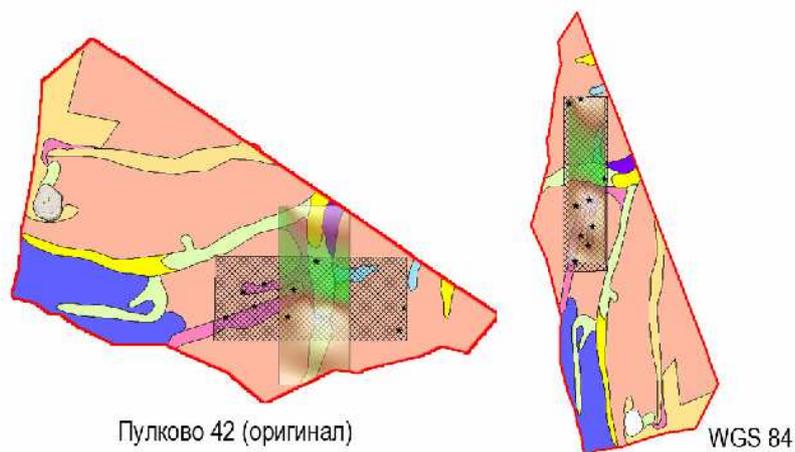


Рис. 23 Опытное поле отображенное в разных системах координат

На рисунке 23 видно как сильно может отличаться одна и та же карта, представленная в разных системах координат. Обе карты построены по одним и тем же данным на опытном поле. Слева оригинал карты с географической системой координат Пулково 42, справа ошибочный вариант – было указано, что координаты в WGS 84. Мы здесь видим, что карта получилась повернутая на 90%, сильно вытянутая и с зеркальным отображением, в отличие от оригинальной карты. Особенно существенны отклонения по долготе, около 115 метров, по высоте разница составила около 5 метров.

3.3.3 Создание тематических карт в Surfer

В данной работе для создания большинства карт использовалась программа Surfer, которую разрабатывает американская фирма Golden software. Эта программа существует довольно давно и хорошо себя зарекомендовала при решении практических задач и освоения студентами курса “Системный анализ и моделирование экосистем”. Все карты были выполнены в версии 9, которая была актуальна на момент написания дипломной работы.

В новой версии Surfer 9, вышедшей в апреле 2009 года никаких принципиальных изменений в подходе в созданию тематических карт не было, потому большая часть приводимых здесь методик выполнения

поставленных задач может быть использована и при работе с более ранними версиями Surfer, которые тоже широко используются.

3.3.3.1 Построение карты горизонталей.

Горизонталями называют линии на плане или карте, соединяющие линии с одинаковыми высотами.

Традиционно горизонтали проводят следующим образом. На бумаге в выбранном масштабе строят сетку квадратов и около вершин выписывают данные из журнала нивелирования. Далее методом интерполирования с помощью палетки проводят горизонтали (Нивелирование ..., 1997).

Современный подход к решению подобных задач предусматривает использование специального картографического программного обеспечения.

- 1) Для начала работы нужно подготовить исходные данные. Они должны быть представлены в виде таблицы Excel или набраны в таблице непосредственно в программе Surfer. Чтобы создать таблицу для ввода данных в Surfer нужно выбрать File → New worksheet (Файл → Новая таблица).
- 2) Для создания карты горизонталей. Из полевого журнала или с GPS при сохранении данных в его памяти, выписать название точки (если присутствует), значения широты и долготы в отдельные столбцы, высоты (рис. 24).

	A1	№			
	A	B	C	D	E
1		54E		h	
2	KFF101	54,54757	36,20407		165
3	kff008	54,54831	36,20461		152
4	kff009	54,54855	36,20565		147
5	kff010	54,54869	36,20633		146
6	kff011	54,54883	36,20701		146

Рис. 24 Исходная информация для построения картосхем

- 3) Полученную таблицу сохраните с расширением .bin или .xls (если планируете дальше работать с ней в Excel или других программах).
- 4) Следующим этапом является создание сетки координат (grid). Она является основой для создания любой карты. Переключитесь на вкладку Plot1 для работы с новым чертежом.

Выполните Grid → Data и в открывшемся окне выберите файл с таблицей, сохраненный в предыдущем шаге или excel файл с этой информацией).

Далее укажите в каком столбце какие данные у вас находятся. X и Y это широта и долгота, а Z - данные о высотах. Метод создания сетки координат – kriging (кригинг) (рис. 25). Выберите папку, куда сохранить полученный файл с сеткой координат в поле output grid file. Файл сохранить с расширением .grid,

- 5) В меню Map (Карта) выберите New → Contour map (Контурная карта) и укажите ранее сохраненный .grid файл.

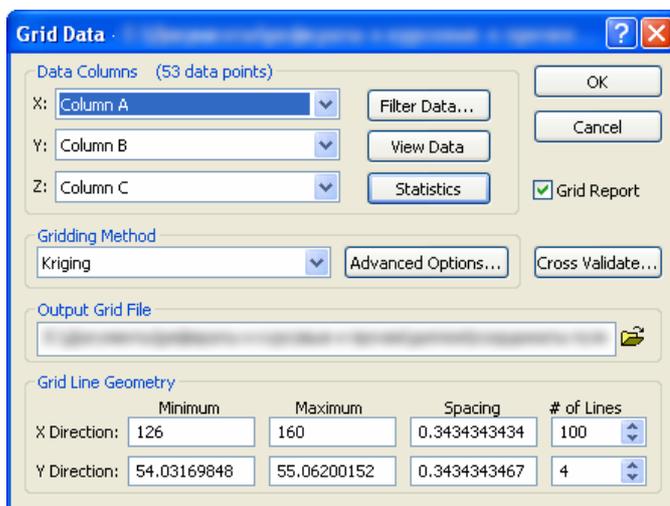


Рис. 25 Создание сетки координат с помощью кригинга

- 6) В меню Map (Карта) выберите New → Contour map (Контурная карта) и укажите ранее сохраненный .grid файл.
- 7) На основании координат и высот будет построена контурная карта (рис. 26).

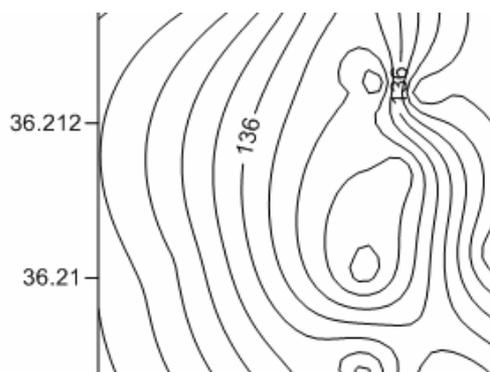


Рис. 26 Фрагмент карты горизонталей созданной по табличным данным.

- 8) Если горизонталы кажутся ломанными линиями, то можно использовать сглаживание. Это даст небольшую погрешность в результате некоторого смещения точек, но погрешность обычно не значительная и на мелкомасштабных картах ею можно пренебречь. Для сглаживания щелкните два раза левой кнопкой мыши по созданной карте и выберите Smoothing contour (Сглаживание контура), так же можно задать интенсивность сглаживания.

3.3.3.2 Трехмерная цифровая модель рельефа

Цифровая модель рельефа (ЦМР) позволяет очень наглядно представить данные. В Surfer 9, вышедшего в 2009 году появилась уникальная возможность накладывать на 3D поверхность другие карты.

- 1) Для создания ЦМР выберите Map → New → 3D surface и укажите grid файл, использованный при создании карты горизонталей (рис. 27).
- 2) Для того, чтобы придать карте привлекательный и наглядный вид нужно сделать ее цветной. Дважды щелкните по нему левой кнопкой мыши и выберите Show color scale и Show base (Показывать цветовую шкалу и показывать основу). При желании можно изменить набор используемых цветов.
- 3) Выберите инструмент Trackball (Map → Trackball). Он позволяет повернуть карту в произвольной проекции.

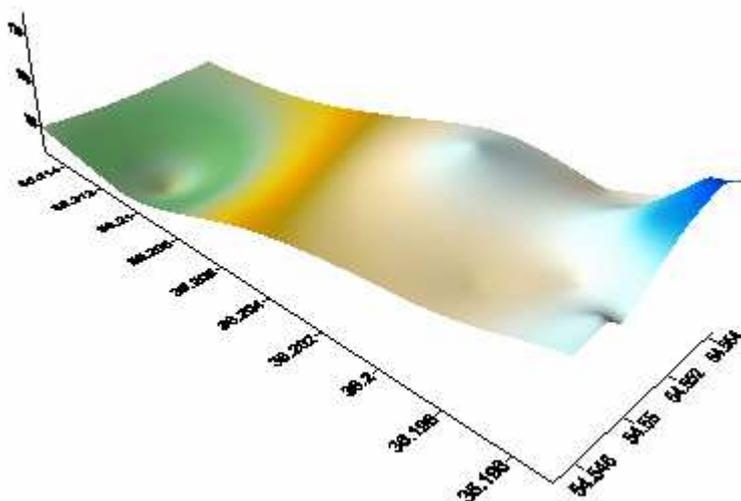


Рис. 27 Трехмерная модель рельефа

- 4) Если трехмерная модель выглядит слишком темной в отдельных местах попробуйте изменить угол освещенности или отключить его на вкладке Lighting (освещенность) в свойствах. Окончательный вид показан на рис. 28.

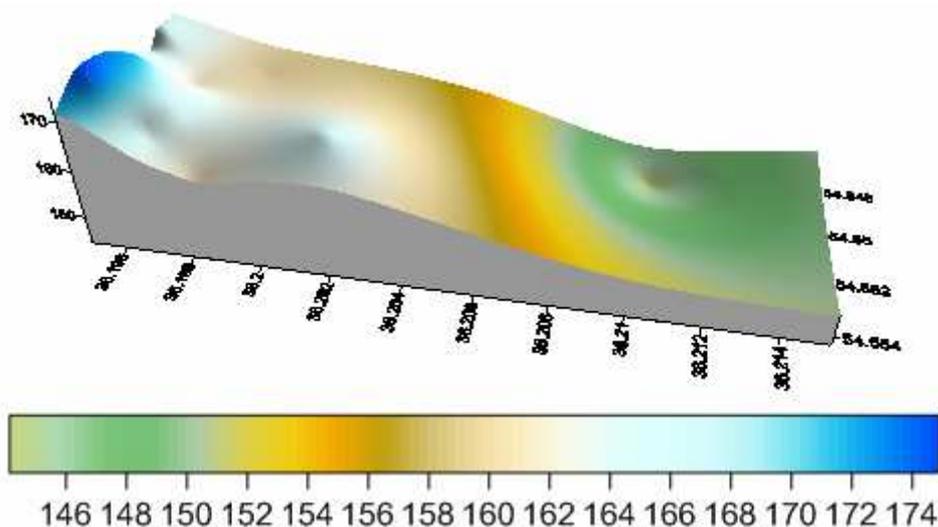


Рис. 28 Окончательный вид ЦМР

3.3.3.3 Создание почвенно-экологических карт

Отличие тематических карт в отличие от карты горизонталей в том, что у нас как правило намного меньше точек, и задача получить карту поверхности, где в градациях серого, штриховкой или цветом показано распределение интересующего нас фактора. При этом программа самостоятельно произведет интерполяцию данных между точками (плавное

увеличение или уменьшение значений для достижения значения второй точки с соответствующей отмывкой цвета карты).

Например, построив картосхему содержания подвижного фосфора, можно сгруппировать почвы по обеспеченности фосфором, и там где это необходимо рекомендовать внести дополнительные удобрения. Особенно это может быть актуально для систем точечного земледелия

Процесс создания подобной карты следующий:

- 1) Подготовить grid файл с сеткой координат и данными по интересующему параметру, в нашем случае по гидролитической кислотности. Можно модифицировать предыдущую таблицу, заменив столбец с высотой данными по гидролитической кислотности.
- 2) В меню Map → New → Image map в открывшемся окне выберите подготовленный .grid файл.
- 3) Будет построена карта, по умолчанию в градациях серого. Щелкните два раза на созданной карте и в настройках выберите Interpolate pixels (интерполяция точек) для более гладкого изображения без крупных квадратов, а так же Show color scale (Показать цветовую шкалу).

В поле Colors можно выбрать набор цветов для оформления карты (рис. 29). Результат выполненных действий показан на рис. 30

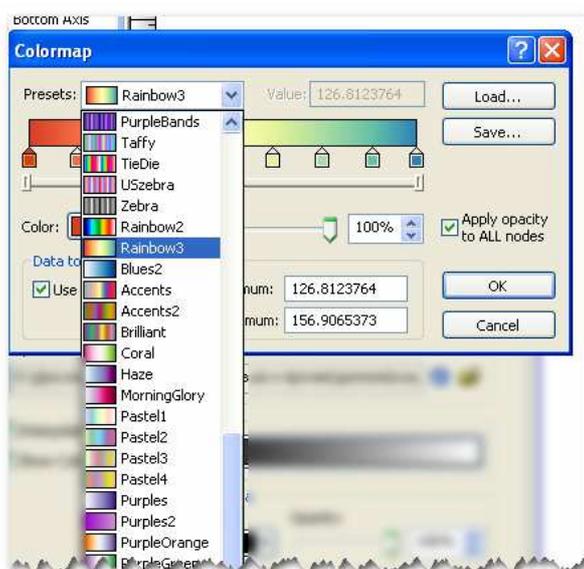


Рис. 29 Выбор цветового набора для экологической карты

Следует так же отметить, что рассмотренным способом можно сделать любую почвенную, экологическую или иную карту. Окончательный вариант показан на рис. 30

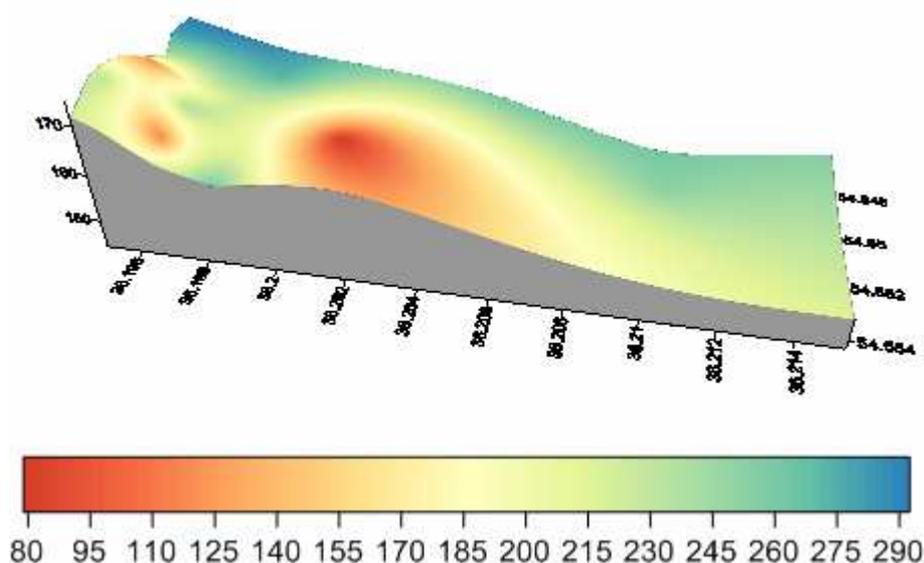


Рис. 30 Пример выполненной карты.

3.3.3.4 Создание тематических карт в Mapinfo

Насыщение почвенно-экологической информацией карт в Mapinfo производится путем создание нового слоя для каждой карты и создание на ней.

В данной программе можно создавать тематические карты, а так же насыщать существующие карты почвенной, экологической и иной информацией двумя способами.

Первый способ заключается в оцифровке (векторизации) готовых растровых карт по тому же принципу как это делается с топографической основой для ГИС. Он был рассмотрен ранее.

Второй способ создание новых карт на основе табличных данных.

1) Для этого выберите Файл → Открыть и укажите файл в формате Microsoft Excel, как это делалось в программе Surfer.

Mapinfo отобразит имеющиеся в таблице столбцы с данными и нужно будет выбрать их тип (целочисленное, с плавающей точкой, текстовое и т.д.) (рис. 31).

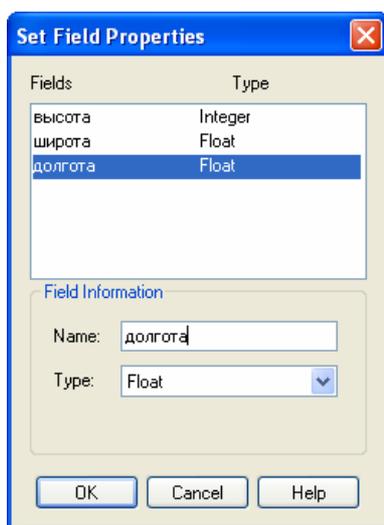


Рис. 31 Импорт табличных данных

После этого на экране отобразится таблица с данными и автоматически создан tab файл.

- 2) Таблица → Создать точечный объект. В появившемся окне выберите ранее созданную таблицу и укажите столбцы с координатами X и Y (рис. 32). Обратите внимание на систему географических координат, совпадает ли она с системой координат на карте и если нет, то выберите другую.
- 3) Для создания тематических карт нужно выполнить Карта → Управление слоями → Добавить и в списке выберите нужный слой. Если по этим данным планируется построить картосхемы, а сами точки отображать не надо, то просто скройте этот слой.

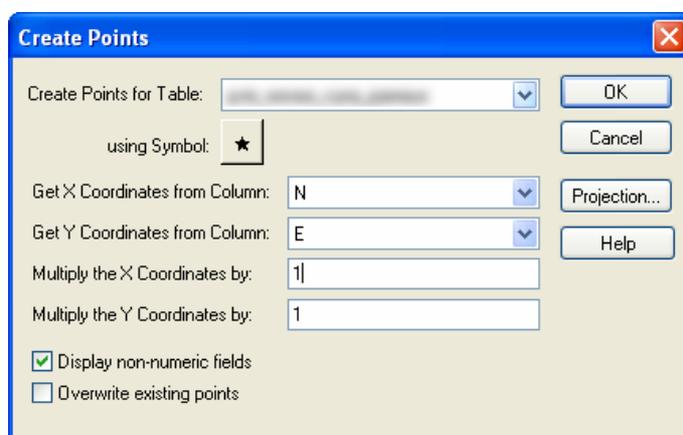


Рис. 32 Создание точечных объектов

- 4) Для создания тематической карты в меню Карта выберите Создать тематическую карту → Поверхность, затем необходимые настройки и нажмите ОК. Будет создана карта по выбранному параметру.
- 5) Для использования остальных вариантов, таких как картосхема и некоторые другие необходимо иметь не набор точечных объектов, а замкнутые полигоны.

3.4 Разработка и редактирование синтетических картосхем и рабочих наборов.

3.4.1 Создание синтетических картосхем

Создав базовые и тематические карты и картосхемы, рассмотрим создание сборных карт на их основе, полученных при сочетании нужных нам слоев с топографические, почвенной, экологической и иной информацией.

Синтетические картосхемы в Surfer

Создание синтетических картосхем сводится по большому счету к управлению слоями. Задача заключается в том, чтобы представить созданные ранее карты не в виде отдельных карт, а в виде слоев, т.е. карт наложенных друг на друга.

Это делается описанными выше способами создания карт и насыщения их экологической информацией, но вместо создания новой карты нужно использовать команду Добавить (Map → Add). Так же можно на готовой карте щелкнуть правой кнопкой и в контекстном меню выбрать Add → Название карты. Например, для того, чтобы наложить горизонталь на трехмерную модель нужно выбрать Add → 3D Surface (рис. 33).

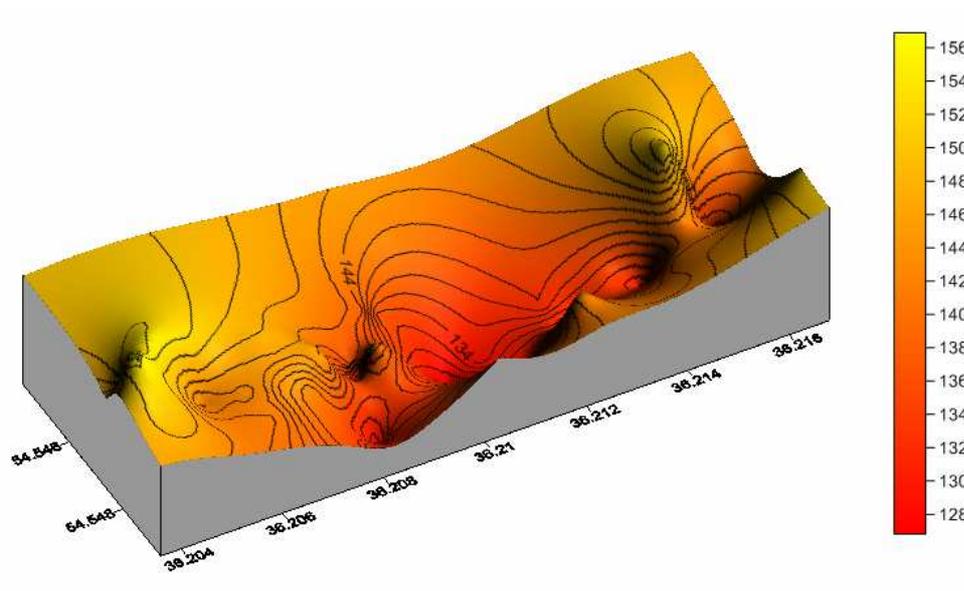


Рис. 33 Трехмерная модель рельефа с наложением горизонталей.

Создание синтетических картосхем в Mapinfo

Создание синтетических картосхем в Mapinfo сводится к отображению нужных для работы слоев и порядке их наложения друг на друга. Операции со слоями в Mapinfo были написаны выше. Далее этот набор карт вместе с параметрами их отображения сохраняется как рабочий набор.

3.4.2 Формирование рабочих наборов карт

Сохранение рабочего набора в Mapinfo

Для того, чтобы конечному пользователю полученной ГИС было удобно работать, рекомендуется объединить составленные наборы карт в рабочие наборы.

Пока что созданные нами таблицы и слои не связанные между собой, для того, чтобы объединить их в один проект выберите **Файл** → **Сохранить Рабочий набор** и сохраните в ту же папку, где и все остальные файлы.

Например, отобразив только рельеф и типы почв (соответствующие слои карты) мы получим почвенную карту. Сохранив ее как рабочий набор мы будем иметь готовую почвенную карту, с которой можно будет без предварительного подбора нужных слоев. Для того, чтобы работать с этой картой в дальнейшем нужно открывать именно рабочий набор, а не какую-то

из таблиц. При желании можно сохранить готовую карту как изображение или напечатать.

Сохранение рабочих наборов карт в Surfer

Выполняется аналогичным образом. На панели Object manager (Управление объектами) выбрать какие слои необходимо показать, а какие скрыть. Затем выполнить команду Save as (Сохранить как). Карты созданные в Surfer так же можно распечатывать и сохранять как изображения для дальнейшей работы.

Глава 4. Использование локальных геоинформационных систем для решения задач экологического мониторинга дерново-подзолистых почв.

4.1 История исследования опытного поля Калужского филиала как основа для ГИС.

В данной работе ставилась задача не только создание методической основы для создания геоинформационных систем и насыщение их почвенно-экологической информацией, но в первую очередь создание реально работающей модели ГИС для объекта исследования.

В основу ГИС были положены данные почвенного обследования территории, проводимых кафедрой экологии и сельскохозяйственной радиологии КФ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 1988 году под руководством профессора Сюняева Х.Х. На опытном поле было 44 разреза и взято более 200 почвенных образцов, по которым определялось содержание гумуса, рН солевой вытяжки, подвижный фосфор, обменный калий и другие показатели.

В 1989 году по заказу было проведено обследование опытного поля калужским филиалом института Центргипрозем. Ими была обследована гораздо большая площадь (в 88-м году кафедрой была обследована только часть поля), но количество точек отбора образцов было значительно меньше.

В 1990 году на основании результатов обследования Центргипроземом была выпущена карта опытного поля масштаба 1:2000, на которой были обозначены типы почв, каменистость отдельных участков и виды землепользования (лес, пашня, луг и т.д.).

В 2009 году было решено провести повторное почвенное обследование опытного поля кафедрой экологии и с/х радиологии Калужского филиала и кафедры экологии РГАУ-МСХА г. Москвы (рис. 34). По старым схемам двадцатилетней давности были установлены точки заложения разрезов в 1988 году и с помощью метода GPS измерений зафиксированы их

географические координаты и высоты. На данный момент исследование опытного поля продолжается.



Рис. 34 Спутниковый снимок Опытного поля
Внешний контур – обследование Центргипрозем
Внутренний контур – обследование кафедрой экологии и с/х радиологии КФ
РГАУ-МСХА в 1989 году и совместно с кафедрой экологии РГАУ-МСХА в
2009 году.
Выходные данные снимка аналогично рис. 5.

4.2 Карты и картосхемы построенные на основе данных обследования разных годов.

На основании полученных архивных данных, а так же данных результатов исследования проводимого с мая 2009 года по настоящий момент оперативно разрабатывается ГИС. С использованием текущей версии ГИС был создан набор карт и картосхем.

Трехмерная цифровая модель рельефа. Трехмерная модель рельефа была получена по данным GPS измерений (рис 35). На общем фоне элювиального геохимического ландшафта по микро- и мезо- понижениям можно выделить аккумулятивно-эллювиальный ландшафт. Склон имеет восточную экспозицию, что свидетельствует о том, что он получает умеренное количество тепла (как горизонтальная поверхность или чуть меньше) (Экологические основы..., 1996). Для высева теплолюбивых

сельскохозяйственных культур восточная экспозиция является менее предпочтительной, чем западная или южная.

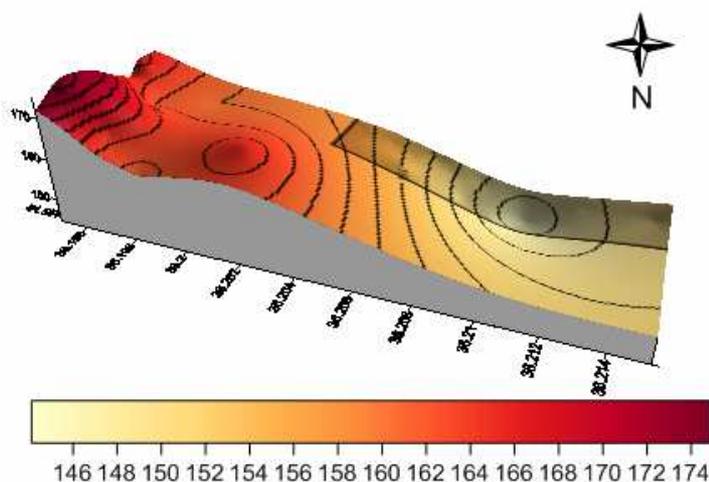


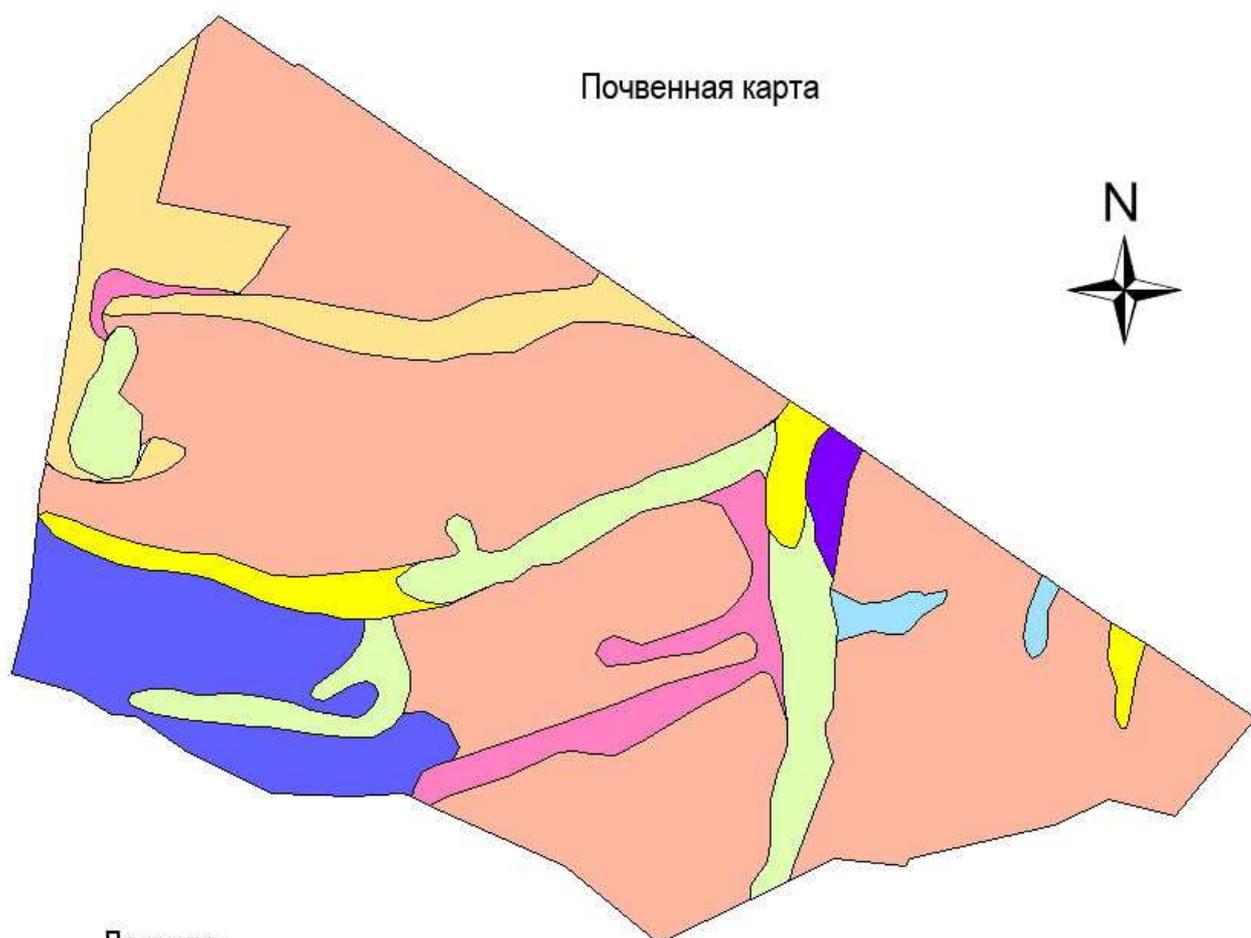
Рис. 35 Цифровая модель рельефа с горизонталями. Темным цветом обозначена исследуемая на данном этапе территория.

Почвенная карта опытного поля. Почвенная карта оцифрована с исходной карты 1990 года, после чего была выполнена ее пространственная привязка на местности для использования в ГИС (рис. 36).

Как видно из карты почвы опытного поля представлены дерново-среднеподзолистыми почвами песчаного или супесчаного гранулометрического состава на двучлене (водноледниковые отложения на морене), часто с признаками оглеения. Глееватая почва встречается в ложбинах склона и составляет более 70% всех почв.

Виды землепользования. Карта по видам землепользования была составлена по данным 1989 года с актуализацией по состоянию на 2009 года (рис. 37).

На всей территории опытного поля преобладает лес, изучаемый участок представлен преимущественно пашней и лугом. Общая площадь составляет 1,2 км² или 120 га. Лес занимает около 60 га, пашня 38 га, 11 га – луг, 6 га – луг, 4 га - остальное. Для того, чтобы агроэкосистема была более устойчива рекомендуется дальнейшее залужение (“Агроэкология..., 2000”).



Легенда

- Дерново-среднеподзолистая глубоко слабо глееватая супесчаная на двучлене
- Дерново-среднеподзолистая намытая глееватая супесчаная на двучлене
- Дерново-среднеподзолистая глееватая супесчаная на двучлене
- Дерново-среднеподзолистая слабосмытая супесчаная на двучлене
- Дерново-среднеподзолистая супесчаная на двучлене
- Дерново-среднеподзолистая глееватая песчаная на двучлене
- Дерново-среднеподзолистая песчаная на двучлене
- Дерново-среднеподзолистая слабоглееватая песчаная на двучлене

Рис. 36 Почвенная карта

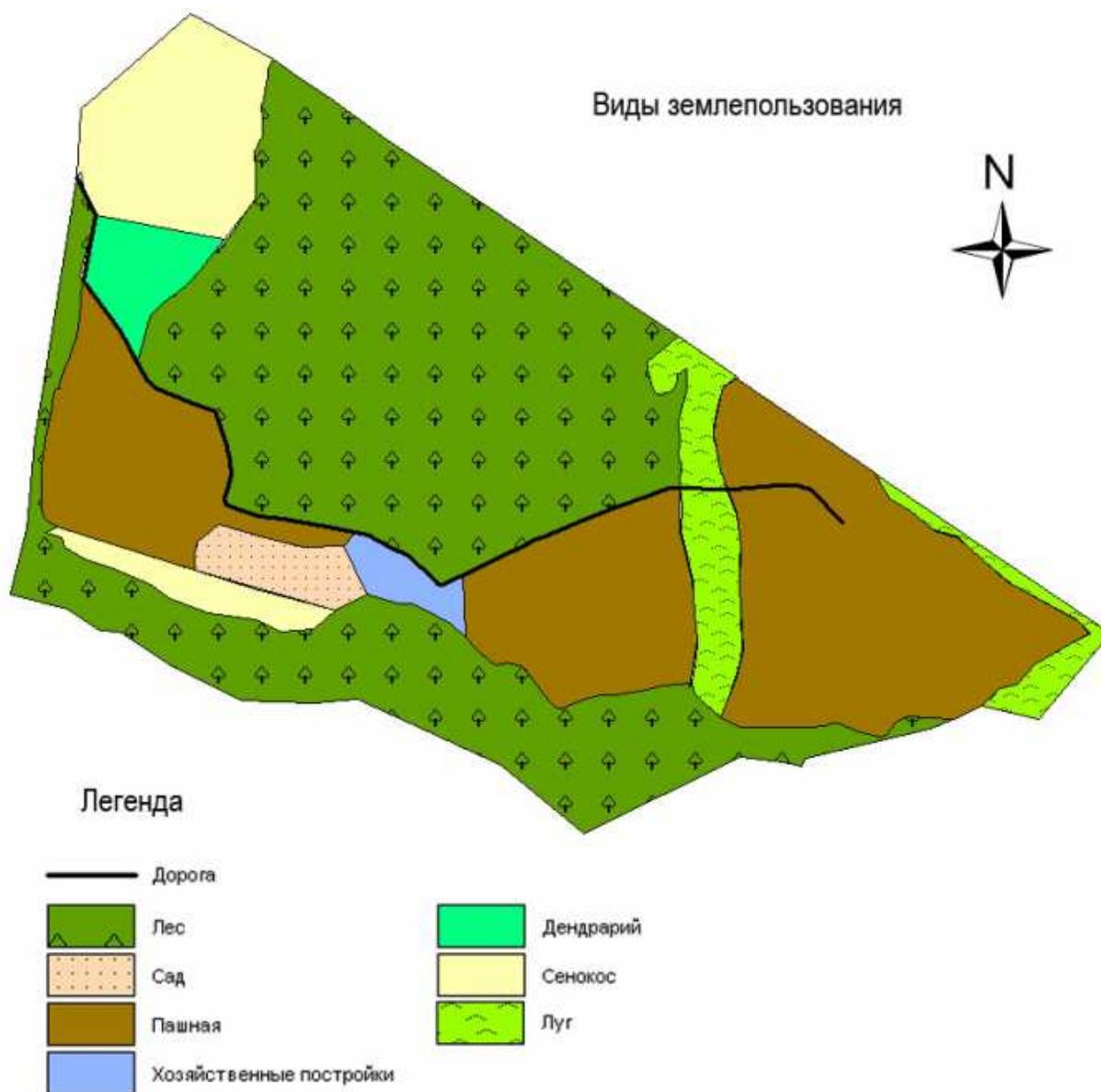


Рис. 37 карта землепользования

4.2.4 Картограммы по почвенным и агрохимическим параметрам

По результатам обследования 1989 года Центргипроземом были составлены обзорные карты по содержанию гумуса, мощность пахотного горизонта, рН, подвижного фосфора в пахотном горизонте. Использовались данные по 15 точкам отбора проб. На эти обзорные картограммы сверху наложены уточненные картограммы по данным исследования Сюняева Х.Х 1988 года. Они были взяты за основу, так как этот участок опытного поля

является объектом исследования и по нему есть данные анализа по 44 точкам.

По объекту исследования уточненные картосхемы для более наглядного представления были перенесены на трехмерную модель рельефа, созданную на основе проведенных GPS измерений.

Второй набор картосхем сделан по результатам исследований 2009 года. На данный момент отобраны и проанализированы образцы из 11 разрезов, взятых в тех же самых точках, что и в 1988 году. Здесь картосхемы по данным Сюняева 1988 года выступают в качестве обзорных, а детально рассматриваются картосхемы построенные по данным 2009 года.

С помощью методов геостатистики дается динамика изменений по сравнению с ситуацией, которая была 20 лет назад. Для этого сравниваются данные по 11 точкам, проанализированными в этом году, и аналогичные точки 1988 года.

Картосхема мощности пахотного слоя представлена на рис. 38.

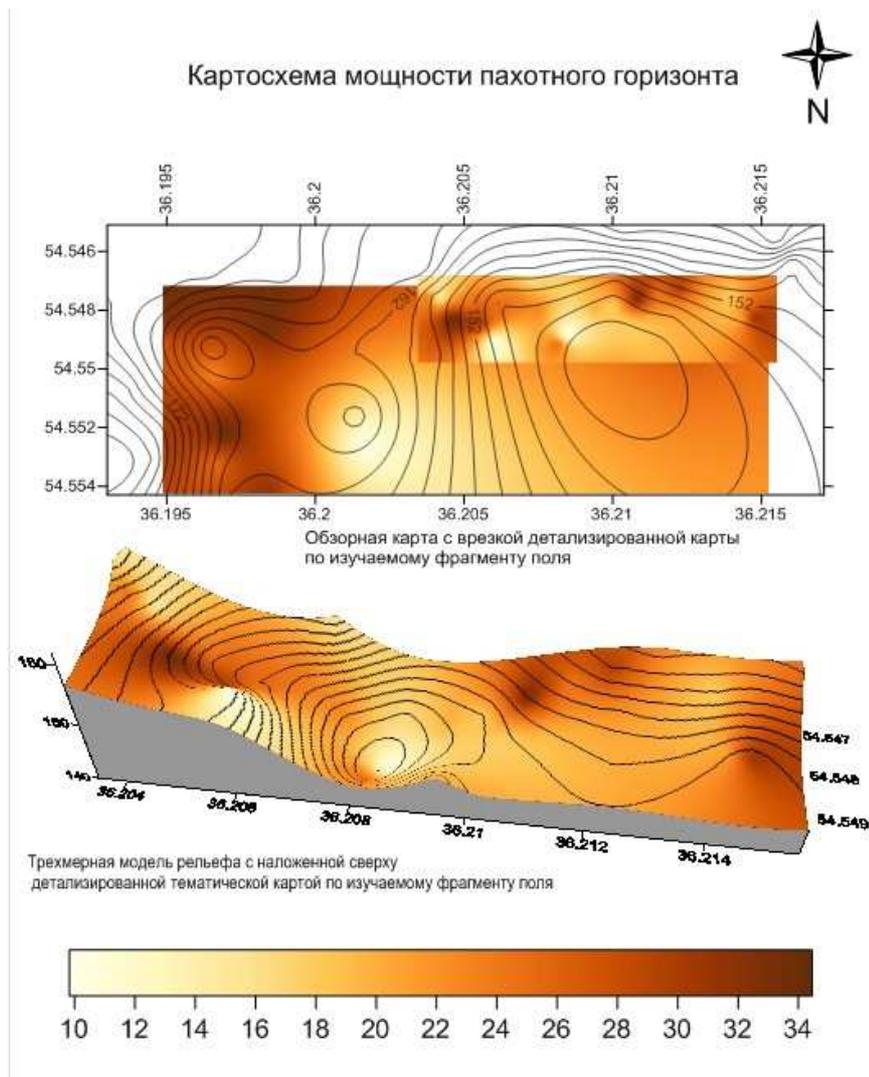


Рис. 38 Картосхема мощности пахотного горизонта.

Почвы с максимальной мощностью пахотного слоя находятся в верхней и нижней части склона.

Что касается изучаемого участка, то максимальная мощность так же наблюдается в середине склона.

Картосхема содержания гумуса. Содержание гумуса определялось по методу Тюринга. Как видно на рис. 39, содержание гумуса совпадает с мощностью пахотного слоя и с рельефом.

Картосхема содержания гумуса (по Тюрину)

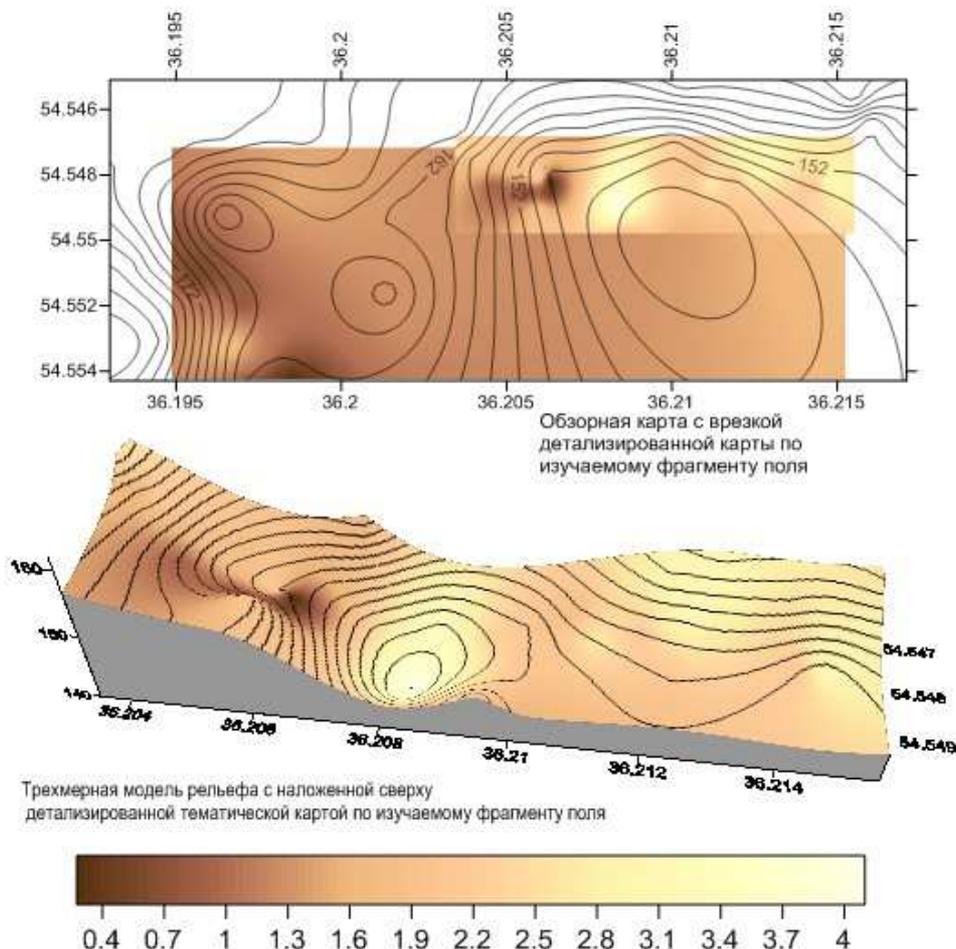


Рис. 39 Картосхема содержания гумуса

На исследуемом участке в месте максимальной мощности пахотного слоя на средней части склона западной экспозиции наблюдается минимальное содержание гумуса. Это приурочено к перегибу на средней части склона.

В настоящее время содержание гумуса в почве снижается (рис. 40), это может быть обусловлено интенсивностью земледелия.

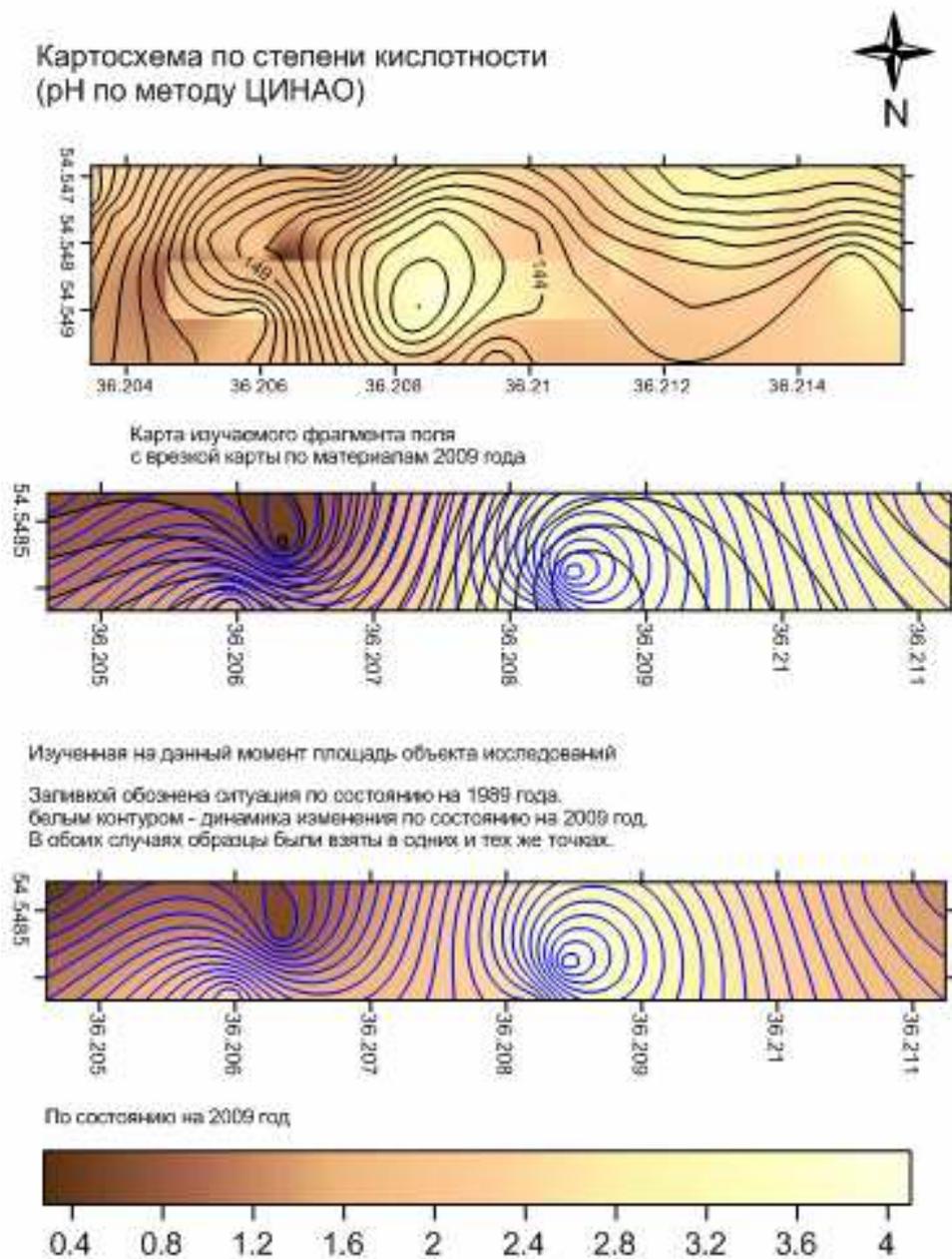
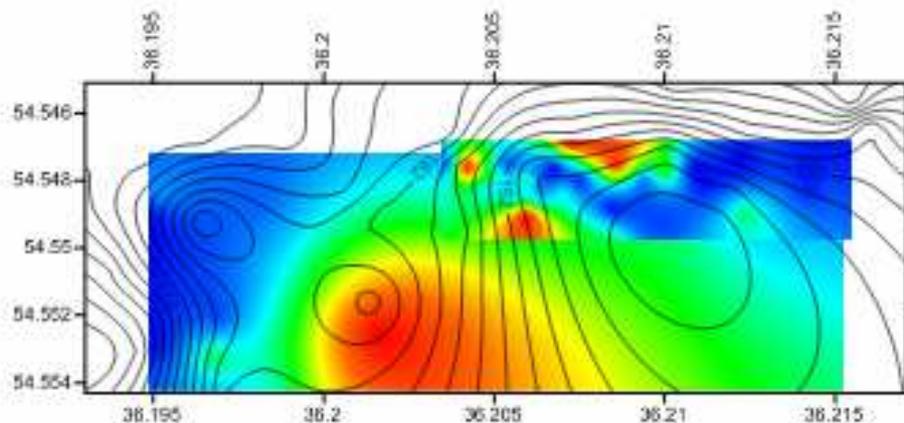


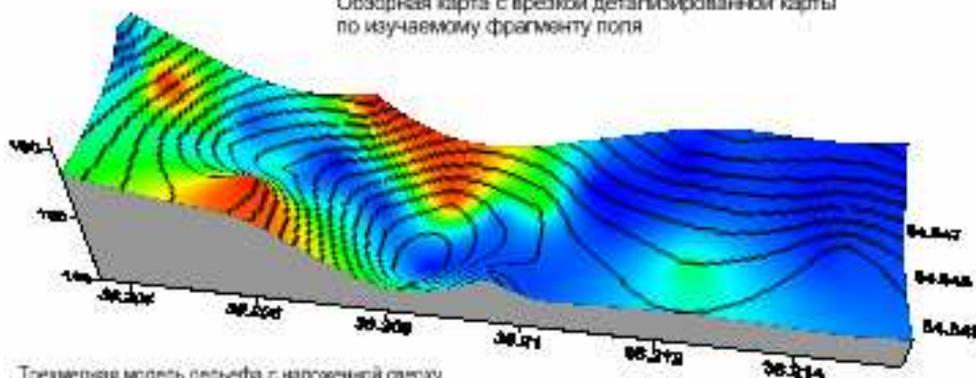
Рис. 40 Динамика изменения содержания гумуса по данным 2009 года

Картосхема по степени кислотности почвы. При рассмотрении картосхемы по степени кислотности (рН по методу ЦИНАО) можно сделать вывод о крайней неоднородности почв по кислотности (рис. 41). Крайне низкая кислотность в отдельных участках может быть связана с тем, что данные почвы находятся в лесу, что видно на рис. 37, и там не применялось известкования при осваивании Опытного поля.

Картосхема по схеме кислотности
(рН по методу ЦИНАО)



Обзорная карта с врезкой детализированной карты
по изучаемому фрагменту поля



Трёхмерная модель рельефа с наложенной сверху
детализированной тематической картой по изучаемому фрагменту поля

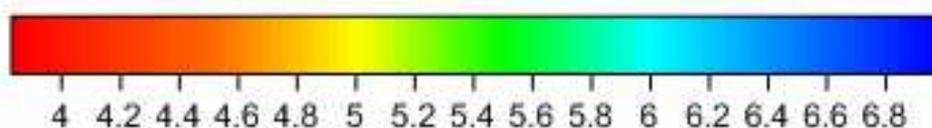


Рис. 41 Картосхема по степени кислотности

Нейтральные по рН почвы находятся на пашне, в понижениях. Близкая к нейтральной кислотность на в центральной части совпадает с мощностью пахотного горизонта и низким содержанием гумуса.

Современные исследования так же показывают, что происходит постоянное подкисление почвы (рис. 42). Те почвы, которые были нейтральные или близкие к нейтральным (5 и 6 класс) становятся слабо- или средне- кислыми, 3 и 4 класса по кислотности, соответственно. Сильнокислые и очень сильнокислые почвы имеют такую кислотность, как было описано ранее, находятся в лесу.

Картосхема по степени кислотности
(рН по методу ЦИНАО)

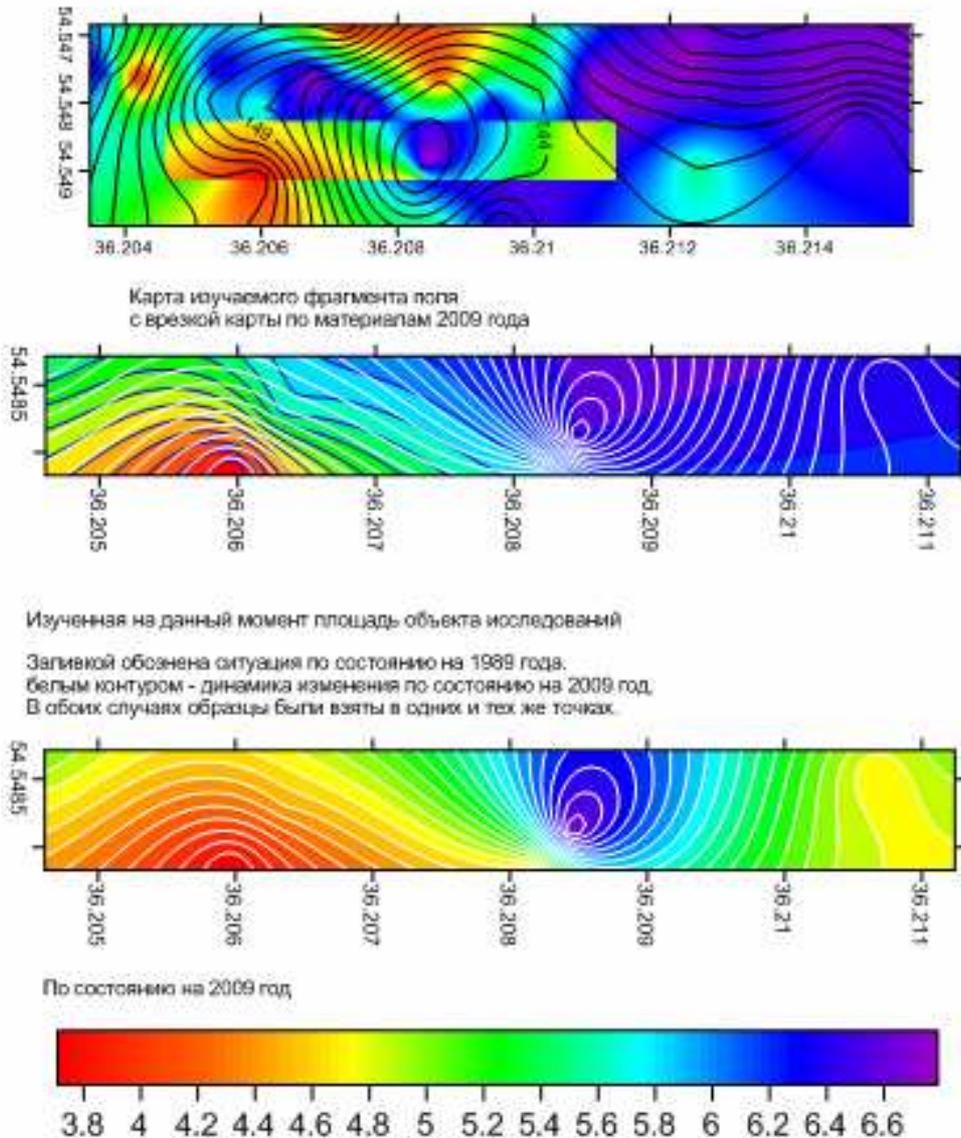


Рис. 42 Динамика изменения степени кислотности по данным 2009 года

Картосхема содержания подвижного фосфора. Подвижный фосфор определялся по методу Кирсанова. Даже при беглом рассмотрении картосхемы на рис. 43 видно сильное зафосфачивание почв.

В отдельных местах концентрация подвижного фосфора достигает 1000 мг/кг и выше. Это связано в первую очередь, что в конце 80-х с южной стороны к Опытному полю примыкали земли Карачевской птицефабрики, а само поле до того, как в 1988 году перешло к Калужскому филиалу РГАУ-

МСХА использовалось фабрикой для складирования куриного навоза с большим содержанием фосфора.

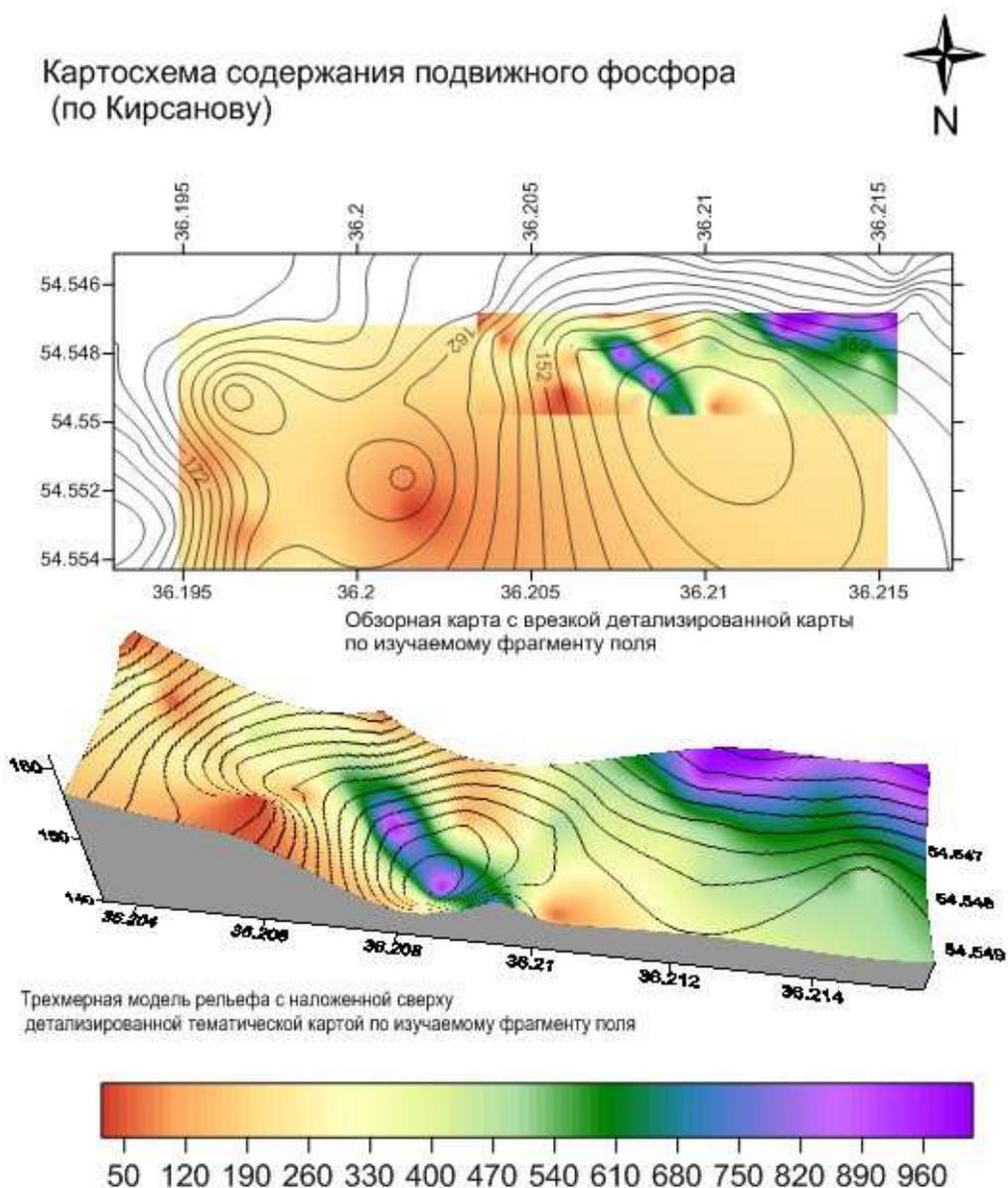


Рис. 43 Картосхема содержания фосфора.

В отдельных местах концентрация подвижного фосфора достигает 1000 мг/кг и выше. Это связано в первую очередь, что в конце 80-х с южной стороны к Опытному полю примыкали земли Карачевской птицефабрики, а само поле до того, как в 1988 году перешло к Калужскому филиалу РГАУ-МСХА использовалось фабрикой для складирования куриного навоза с большим содержанием фосфора.

Там где повышенные концентрации носят очаговый характер, не исключена так же вероятность не рационального внесения удобрений в этом месте, а так как фосфор малоподвижный, то он аккумулируется в месте внесения.

За 20 лет содержимое фосфора, безусловно снижается (рис 44). Тем не менее, это можно назвать положительной тенденцией, так как почвы в почвах было избыточное содержание фосфора. При концентрации обменного фосфора более 250 мг/кг, почву уже относят к шестому, самого высокому классу по обеспеченности фосфором, а в некоторых точках были образцы с концентрацией >1000.

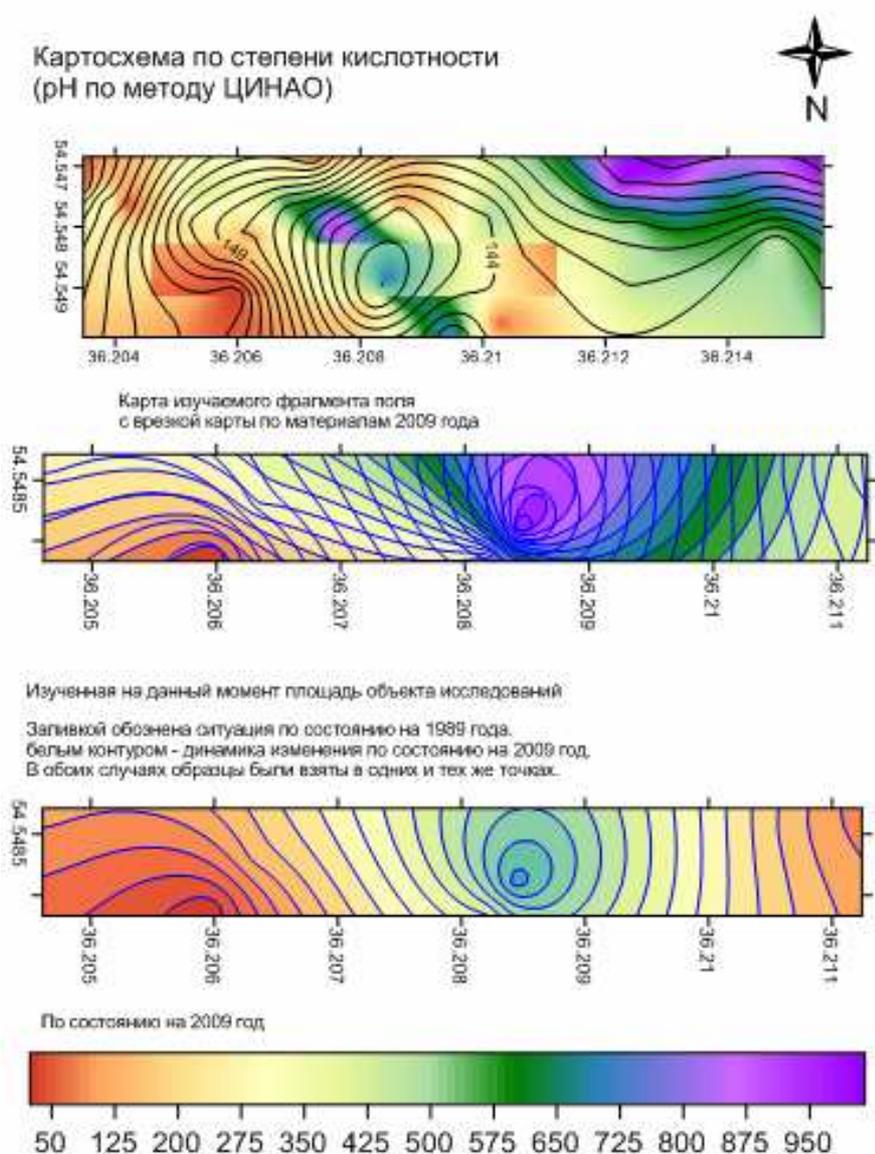


Рис. 44 Динамика изменения содержания подвижного фосфора по данным 2009 года

Те участки, где почвы по содержанию подвижных форм фосфатов можно отнести к первому или второму классу (очень низкое и низкое), находятся в лесу, что можно посмотреть на карте землепользования рис. 37.

Заключение

Решение задач совмещения в рамках одной локальной ГИС исходных карт с разными системами координат и разного масштаба, а так же материалов почвенного обследования и результатов агрохимических анализов разных лет позволило получить ГИС с тематическими агроэкологическими слоями и проследить изменение изучаемых параметров в динамике. Созданная ГИС включает в себя материалы первичного обследования Опытного поля 1988 года, данные предоставленные Центргипроземом 1989 года и наших совместных исследований с кафедрой экологии и сельскохозяйственной радиологии Калужского филиала в 2009 году.

В данный момент начатые исследования продолжаются, и по мере дальнейшего изучения, созданная ГИС будет наполняться новой информацией. Планируется заложить еще не менее 30 разрезов по точкам 1988-89 годов, и обобщить данные агрохимических анализов разных лет не только в горизонтальной плоскости, в пределах пахотного горизонта, но и по вертикали, в пределах всего почвенного разреза вплоть до морены.

Отдельную благодарность хочется выразить нашему научному консультанту, проф. Сюняеву Х.Х, заведующему кафедрой экологии и сельскохозяйственной радиологии Калужского филиала РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, за помощь в организации и проведении исследований

Выводы

- 1) Проведенные исследования позволили формализовать требования к созданию ГИС. Основными требованиями для создания локальной геоинформационной системы предлагается считать следующее:
 - наличие соответствующее программное обеспечение
 - топографическая основа, схема или план объекта исследования
 - географические координаты с привязкой по опорным точкам или карта с горизонталями
 - результаты анализа в сравнимых единицах или переводных таблиц
- 2) При формировании требований к структуре и функциям геоинформационной системы мы пришли к выводу, что она должна обеспечивать:
 - совместимость информации с первичных картосхем разных проекций и разного масштаба
 - совместимость форматов хранения данных с другими ГИС-программами
 - оперативную визуализацию данных
 - быстрое редактирование и обновление информации
 - связь географических координат с результатами GPS измерений
- 3) В процессе создания локальной ГИС было показано, что лучшими источниками для информации для нее являются:
 - оцифровка бумажных карт
 - привязка карты на местности методом GPS измерений
 - обработка результатов агрохимических анализов методами геостатистики
- 4) Анализ агроэкологической информации позволил дать количественную оценку основных процессов агрогенной деградации и изменения агроэкологического качества земель. Было выявлено, что на территории

Опытного поля протекают процессы дегумификации, подкисления, антропогенного истощения, зафосфачивания и другие.

Список литературы

1. Агрэкология / Под ред. В.А. Черникова и А.И. Чекереса. М.: Колос, 2000
2. Алехин В.В. Растительность и геоботанические районы Московской и сопредельной областей. М.: Изд-во МОИП, 1947
3. Бугаевский Л.М. Преобразование сканерного снимка в заданную картографическую проекцию //Тр. Международного Форума по проблемам науки, техники и образования /Л.М. Бугаевский, В.А. Малинников, В.П. Савиных М.: Академия наук о Земле, 1998
4. Генике А.А. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии / А.А. Генике, Г.Г. побединский. М.: Картоцентр, 2004
5. География Калужской области:/ учебное пособие. Составитель К.В. Пашканг. - 3-е изд. Тула. Приокское книжное издательство. 1989.
6. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов // Ю.Б. Баранов, А.М. Берлянт, Е.Г. Капралов и др. — М.: ГИС-Ассоциация, 1999
7. Геонформатика: В 2-х кн. Кн. 1: Учеб. пособие для студ. вузов / Е.Г.Капралов, А.В.Кошкарев, В.С.Тикунов и др.; под ред. В.С.Тикунова. – М.: Издательский центр "Академия", 2008.
8. Доклад министра транспорта РФ И.Е.Левитина на заседании Правительства РФ 29.09.05
9. Доклад министра транспорта РФ И.Е.Левитина на заседании Правительства РФ 29.09.05
- 10.Журкин И.Г., Шайтура С.В. Геоинформационные системы. М: Куниц-пресс, 2009

11. ИБ ГИС-Ассоциации №3(65), 2008 Рынок геоинформатики России — 2007
12. ИБ ГИС-Ассоциации, №2(69), 2009
13. ИБ ГИС-Ассоциации, №3, 1996
14. Капралов Е.Г. Введение в ГИС: Учеб. пособие / Е.Г. Капралов, Н.В. Коновалова. М.: ГИС-Ассоциация, 1997
15. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. М.: ГЕОС, 2005
16. Кирюшин В.М. . Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996
17. Кошкарёв А.В. Понятия и термины геоинформатики и ее окружения: Учебно-справочное пособие. Российская академия наук, Институт географии. М.: ИГЕМ РАН, 2000
18. Лопандя А.В., Немтинов В.А. Основы ГИС и цифрового тематического картографирования. Тамбов, 2007
19. Маркелов А.В. Геоинформационные основы радиозэкологической безопасности. М.: Макс Пресс, 2000
20. Муниципальные ГИС: обеспечение решения экологических проблем / В.С. Поливанов, М.М. Поляков, Т.А. Воробьева и др. Волгоградский научно-координационный центр ЦЭМИ РАН, 2001
21. Муха В.Д. , Картамышев Н.И. , Кочетов И.С. и др. Агрочесоведение. М.: Колос, 1994
22. Нивелирование поверхности по квадратам, М: Издательство МСХА, 1997
23. Новые типы инженерно-геологических и эколого-геологических карт // Труды международной научной конференции. М. 2001
24. Основы геоинформатики: / Под ред. В.С. Тикунова – М.: Академия, 2004.
25. Попадейкин В.И. По тропам родного края / Попадейкин Виталий Иванович?, Струков Владимир Владимирович. - М.: Моск. рабочий, 1969.
26. Почвы учебно-опытного поля Калужского филиала г. Калуга, 1990

- 27.Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. М.: Мир, 2001.
- 28.Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: МГУ, 1983
- 29.Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. — М: Наука, 1997
- 30.Серапинас Б.Б. Глобальные системы позиционирования: Учеб. пособие. М.: Изд. Моск. Ун-та, 1998
- 31.Серапинас Б.Б. Основы спутникового позиционирования. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1998
- 32.Спицнадель В. Н. Основы системного анализа: Учебное пособие. - СПб.: "Изд. дом "Бизнес-пресса", 2000 г.
- 33.Справочник по военной топографии. М.: Воениздат, 1953.
- 34.Сюняев Х.Х, Сюняева О.И. Агроэкологическое исследование параметров плодородия почв Калужской области, Калуга, Изд. Калужского ЦНТИ, 2004
- 35.Фигурнов В. Э, IBM PC для пользователя, 7-е изд., 1997
- 36.Шейн Е.В., В.М. Гончаров. Агрофизика, Ростов на Дону, Феникс, 2006
- 37.Экосистемы широколиственно-хвойных лесов южного подмосковья. Сборник научных работ / Научн. ред. Н.С. Касимов. М.: МГУ, 2006
- 38.Almo Farina. Principles and methods in landscape ecology, University of Urbino, Italy, Springer, 2006
- 39.Cressie, N Statistics for spatial data, Wiley, New York, 1993
- 40.GARMIN GPSMAP 76CS User manual, 2005
- 41.Goovaerts, P. Geostatistics for Natural Resources Evaluation, Oxford University Press, New York, 1997
- 42.Griffith D.A. Toward a theory of spatial statistics: another step forward. Geogr. Anal., 1987
- 43.Heineke H.J., Skelmann W.E., Thomasson A.J. et. al. Land information system, Ispra-Italy, 1998
- 44.Huntley, H. E. Dimensional Analysis, Dover Publications, New York, 1967

45. McDonnell R. International GIS dictionary ?R. McDonnell, K. Kemp. GeoinformationInternational, 1995
46. Moon P, Spencer DE. "Rectangular Coordinates (x, y, z)". Field Theory Handbook, Including Coordinate Systems, Differential Equations, and Their Solutions (corrected 2nd ed., 3rd print ed. ed.). New York: Springer-Verlag. 1988
47. Soil and water management, H. van Es, 1996
48. Stephen R. Cliesnan. Agroecology ecological processes in sustainable agriculture. Sleeping Bears Press, 1998
49. Surfer 9 User manual, 2009
50. www.gisa.ru – ГИС-ассоциации.
51. www.wikipedia.ru – Википедия
52. www.dataplus.ru – Дата+, официальный представитель ESRI Inc. в СНГ.
53. <http://gis-lab.info> – Географические информационные системы и дистанционное зондирование.
54. <http://www.kalugaobl.ru/> - администрации калужской области