

Документ подписан Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
Информация о владельце: высшего образования
ФИО: Комин Андрей Эдуардович
Должность: ректор
Дата подписания: 31.10.2021 г. «Приморская государственная сельскохозяйственная академия»
Уникальный программный ключ:
f6c6d686f0c899fdf76a1ed8b448452ab8cac6fb18f547b6d40cd1bdcf60x2 Инженерно-технологический институт

Кафедра Инженерное обеспечение
предприятий АПК

Геоинформационные системы в агропромышленном комплексе

Пособие для обучающихся по направлению подготовки 35.04.06

(Агроинженерия)

Электронное издание

Ломоносов Дмитрий Александрович. Геоинформационные системы в агропромышленном комплексе: пособие для обучающихся по направлению подготовки 35.04.06 (Агроинженерия): / сост. Ломоносов Дмитрий Александрович; ФГБОУ ВО Приморская ГСХА. – Электрон. текст. дан. – Уссурийск: ФГБОУ ВО Приморская ГСХА, 2020. – 155 с.

Методические указания составлены в соответствии с учебным планом и рабочей программой дисциплины (модуля). Предназначены для обучающихся по направлению подготовки 35.04.06 (Агроинженерия)

Электронное издание

Рецензент: Редкокашин Александр Анатольевич, к.т.н., доцент.

Издается по решению методического совета ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
СОДЕРЖАНИЕ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	9
1.1. Понятие геоинформационной системы.....	9
1.2. История развития геоинформационных систем и её функции.....	10
1.3. Сферы применения геоинформационных систем.....	15
1.4. Геоинформационные системы как инструментальное средство.....	21
1.5. Классификация геоинформационных систем.....	22
2. МОДЕЛИ ДАННЫХ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	26
3. СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ.....	34
3.1. Общие понятия о спутниковой навигационной системе.....	34
3.2. Основные элементы спутниковой навигационной системы.....	34
3.3. Система глобального позиционирования GPS.....	37
3.4. Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС).....	45
3.5. Европейский проект спутниковой системы навигации Galileo.....	56
3.6. Индийская региональная спутниковая навигационная система IRNSS...	59
3.7. Китайская спутниковая навигационная система «BeiDou2».....	60
3.8. Японская система синхронизации времени и дифференциальной коррекции (QZSS).....	63
4. ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ.....	65
4.1. Общие понятия о дистанционном зондировании Земли.....	65
4.2. Техника получения материалов дистанционного зондирования Земли...	71
4.2.1. Фотосъемки поверхности Земли.....	71
4.2.2. Сканерные съемки поверхности Земли.....	74
4.2.3. Радарные съемки поверхности Земли.....	75
4.2.4. Тепловые съемки поверхности Земли.....	76

4.2.5. Спектрометрические съемки поверхности Земли.....	77
4.2.6. Лидарные съемки поверхности Земли.....	78
4.3. Области применения дистанционного зондирования Земли	81
4.4. Космические аппараты (КА) дистанционного зондирования Земли.....	86
5. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ.....	90
5.1. Системы точного земледелия.....	90
5.2. Системы навигации для самоходных сельскохозяйственных машин.....	105
5.3 Автопилоты для сельскохозяйственной техники.....	113
5.4. Системы параллельного вождения для сельскохозяйственной техники..	123
5.5. Системы контроля и мониторинга на предприятиях агропромышленного комплекса.....	138
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	146
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	148
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	155

ВВЕДЕНИЕ

Агропромышленный комплекс (АПК) является одной из важнейших отраслей экономики любого государства: на территории Российской Федерации более 400 млн. га составляют земли сельскохозяйственного назначения и 221 млн. га из них сельхозугодия; на этих землях трудятся 22 млн. человек.

Развитие земледелия в России в течение последних 20 лет происходит под знаком биосферной парадигмы природопользования, принятой конференцией ООН в Рио-де-Жанейро в 1992 году. Суть ее заключается в экологизации хозяйственной деятельности, приведении ее в соответствие с законами и правилами природопользования на основе экологического императива, сохранения жизнеобеспечивающих экологических функций биосферы.

В отличие от других отраслей АПК находится в самом невыгодном положении, так как при сравнимых вложениях является самой низкодоходной отраслью, что обусловлено множеством факторов, неподвластных человеку. В связи с этим ведется упорная работа над усовершенствованием форм ведения сельского хозяйства и внедрением инновационных технологий для сокращения издержек производства.

Одной из таких инноваций является применение геоинформационных технологий в сельском хозяйстве, оснащение сельскохозяйственной техники системами спутниковой навигации, автоматизации производственных процессов. Именно динамичное развитие аграрного производства требует внедрения высокоэффективной системы земледелия, современных технологий сбора и обработки информации, необходимой для решения многочисленных производственных и управленческих задач с использованием современных технологий, в том числе — географических информационных систем (ГИС).

Эпоха открытия радиоволн существенно упростила задачу навигации и открыло новые перспективы перед человечеством во многих сферах жизни и деятельности, а с открытием возможности покорения космического пространства совершился огромный прорыв в области определения координат местоположения объекта на Земле.

Применение космических и информационных технологий позволяет придать процессу управления сельским хозяйством страны (и/или отдельного региона) такие свойства как глобальность, системность, оперативность, непрерывность. Имеющаяся федеральная программа по созданию системы ГЛОНАСС в целом достигла своих целей, но еще предстоит проделать дополнительную работу по повышению надежности аппаратов, увеличению сроков эксплуатации, показателей точности, а также внедрению этой системы в рынок. В рамках реализации программы на орбиту был выведен 31 космический аппарат, 24 из них в настоящее время действуют, остальные находятся в резерве или на регламентных работах. Последние космические аппараты ГЛОНАСС уже способны работать на орбите не два-три года, а шесть-семь лет.

Применение геоинформационных технологий в сельском хозяйстве на сегодня является одним из перспективных и интенсивно развивающихся направлений в АПК Центрального федерального округа. Но ввиду новизны компьютерного мониторинга сельскохозяйственной деятельности на сегодняшний день этому вопросу уделяется недостаточно внимания.

В настоящий момент основная масса сельскохозяйственных предприятий региона испытывает финансовые затруднения, и каждый руководитель пытается снизить уровень затрат, более рационально использовать рабочее время, более эффективно использовать ресурс техники, чтобы добиться меньшей себестоимости конечной продукции. По «старинке» улучшить работу предприятия уже не получается, поэтому требуется принципиально иной подход к механизмам управления предприятием и

всеми технологическими процессами, полностью автономное и одновременно дисциплинирующее работников.

Как следует из стоящих перед сельским хозяйством задач, внедрение геоинформационных технологий в сельхозпредприятии и компьютерный мониторинг его деятельности является наиболее перспективным направлением развития АПК.

Это позволит повысить эффективность технологических процессов сельскохозяйственного предприятия, более рационально использовать сельскохозяйственные угодья, сельхозтехнику и рабочее время и, как следствие, повысить рентабельность предприятий АПК региона.

Учебное пособие по дисциплине «Геоинформационные системы в сельском хозяйстве» содержит общие понятия о геоинформационных системах и сферах их применения, сведения о применении геоинформационных систем в агропромышленном комплексе.

Учебное пособие по дисциплине «Геоинформационные системы в сельском хозяйстве» составлено с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) направления подготовки «Агроинженерия» с использованием модульно-кластерной структуры и способствует формированию следующих общекультурных компетенций (ОК), профессиональных (общепрофессиональных) компетенций (ПК), а также профессионально-прикладных компетенций.

Учебное пособие по дисциплине «Геоинформационные системы в сельском хозяйстве» рекомендовано УМО по агроинженерному образованию для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки «Агроинженерия», а также предназначено для студентов прочих направлений подготовки специалистов для АПК и широкого круга лиц, заинтересованных в совершенствовании агропромышленного комплекса нашей страны.

1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

1.1. ПОНЯТИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.

Система - это группа взаимосвязанных элементов и процессов.

Информационная система - это система, выполняющая процедуры над данными для получения информации, полезной для принятия решений.

Географическая информационная система (геоинформационная система, ГИС) – это система аппаратно-программных средств и алгоритмических процедур, созданная для цифровой поддержки, пополнения, управления, манипулирования, анализа, математико-картографического моделирования и образного отображения географически координированных данных. Отличительным признаком ГИС является то, что эти системы имеют дело с координатной и смысловой информацией об объектах, расположенных на той или иной территории. Именно по этому признаку ГИС отличаются от всех других информационных систем, признак территориальности и подчеркивается в приставке «гео».

Геоинформатика - это область знаний, которая изучает принципы, технику и технологию получения, обработки и анализа пространственно-временной и содержательной информации о той или иной территории с целью получения на этой основе новых сведений (Таблица 1).

Таблица 1. Геоинформатика в нашей жизни.

Геоинформатика – это...	... наука	... технология	... производство
... задачи	Изучение природных и социально-экономических геосистем	Сбор, обработка, отображение и распространение пространственно-координированной информации	Изготовление аппаратных средств и программных продуктов
... цели	Компьютерное моделирование на основе баз данных и географических знаний	Обеспечить решение задач инвентаризации, оптимизации и управления геосистемами	Создание баз и банков данных, систем управления, стандартных (коммерческих) геоинформационных систем разного целевого назначения и проблемной ориентации

1.2. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ЕЁ ФУНКЦИИ.

В развитии ГИС можно выделить пять основных этапов.

В 60-е годы XX века пионерами информационных систем впервые выдвигаются идеи и проекты создания ГИС. Тогда же энтузиастами-одиночками, зачастую в перерывах основной работы, исследуются потенциальные возможности информационных систем, пограничные области знаний и технологии, идет наработка эмпирического опыта. Большое воздействие на развитие ГИС оказала Гарвардская лаборатория компьютерной графики и пространственного анализа. В Канаде и Швеции впервые выдвинуты проекты ГИС для учета земельных ресурсов, земельного кадастра и налогообложения. Однако отсутствие необходимой вычислительной техники, средств ввода-вывода и хранения данных не дало в то время возможности в полной мере реализовать выдвинутые идеи. Но по сей день, к примеру, Географическая Информационная Система Канады (Canada Geographic Information System; CGIS) – один из лидеров автоматизации процесса ввода геоданных, расчленения картографической информации на тематические слои и разработки концептуального решения о «таблицах атрибутивных данных».

Через десяток лет начался «период государственных инициатив». Развиваются крупные геоинформационные проекты, поддерживаемые государством, формируются государственные учреждения в области ГИС, отнявшие инициативу и влияние у отдельных исследователей и небольших групп. Именно тогда в США потребовалась методика, обеспечивающая корректную географическую «привязку» данных переписи населения. Для этих целей Национальное Бюро Переписей США (U.S. Census Bureau) разработало комплексный подход к «географии переписей». И 1970 год, год

очередной Национальной Переписи США, проводимой раз в десять лет, впервые стал годом «географически локализованной переписи».

В 80-е годы XX века рынок геоинформационных систем стал активно коммерциализовываться. Появился широкий рынок разнообразных программных средств, позволяющих сделать ГИС буквально «настольными», расширились области их применения за счет интеграции с базами непространственных данных, появились сетевые приложения и значительное число непрофессиональных пользователей. Тогда же системы, поддерживающие индивидуальные наборы данных на отдельных компьютерах, открыли путь системам, поддерживающим корпоративные и распределенные базы геоданных. Джек Денджермонд (Jack Dangermond) организовал Исследовательский институт экологических систем (Environmental Systems Research Institute; ESRI, Inc.), деятельность которого основывалась на методах, технологиях и идеях, разработанных в Гарвардской лаборатории и других организациях. В том же году была создана компания Intergraph.

К концу XX века повышенная конкуренция среди коммерческих производителей геоинформационных технологий и услуг дает преимущества пользователям ГИС. Доступность и «открытость» программных средств позволяет использовать и даже модифицировать программы. Появляются пользовательские «клубы», проводятся телеконференции территориально разобщенных, но связанных единой тематикой пользовательских групп, формируется мировая геоинформационная культура и инфраструктура.

В наше время возросшая потребность в геоданных для различных сфер жизнедеятельности, в том числе и в агропромышленном комплексе, позволяет решать традиционные задачи новыми методами, анализировать и планировать рабочие процессы с большей степенью точности и вероятности, иметь оперативный доступ к большому объему данных, прежде трудно поддающихся автоматизации.

Таблица 2. Этапы развития ГИС.

Этапы	Общепринятое наименование этапа	Краткая характеристика этапа
60-е годы XX века	«Пионерный период»	Впервые выдвигаются идеи и проекты создания ГИС. Исследуются принципиальные возможности, пограничные области знаний и технологии, идет наработка эмпирического опыта
70-е годы XX века	«Период государственных инициатив»	Развитие крупных геоинформационных проектов поддерживаемых государством, формирование государственных институтов в области ГИС, снижение роли и влияния отдельных исследователей и небольших групп
80-е годы XX века	«Период коммерческого развития»	Широкий рынок разнообразных программных средств, развитие настольных ГИС, расширение области их применения за счет интеграции с базами непространственных данных, появление сетевых приложений, появление значительного числа непрофессиональных пользователей
90-е годы XX века	«Пользовательский период»	Повышенная конкуренция среди коммерческих производителей геоинформационных технологий услуг дает преимущества пользователям ГИС, доступность и «открытость» программных средств позволяет использовать и даже модифицировать программы
Начало XXI века, наше время	«Период отсутствия тайн»	Решение традиционных задач новыми методами, анализ и планирование процессов с большей степенью точности и вероятности, оперативный доступ к большому объему данных, прежде трудно поддающихся автоматизации

Началом развития отечественной спутниковой радионавигационной системы (СРНС) чаще всего считают запуск 4 октября 1957 года в Советском Союзе первого в истории человечества Искусственного Спутника Земли (ИСЗ).

Впервые высказывания о необходимости создания такой системы, удовлетворяющей потребности многих ведомств, прозвучали на научно-техническом совете в 1946 г. в выступлениях специалистов Ленинградского Научно-Исследовательского Радиотехнического Института.

В середине 70-х в СССР была создана спутниковая навигационная система «Цикада», а в 60-х в США — система «Транзит», которая в дальнейшем претерпела множество изменений и технологических усовершенствований. Эти системы разрабатывались по заказу Министерств Обороны стран и были специализированы для оперативной глобальной навигации наземных передвижающихся объектов

Но лишь в декабре 1976 г. было принято Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О развертывании Единой космической навигационной системы».

У имеющихся тогда систем спутниковой навигации потребителей не устраивали точность результатов и время, необходимое для определения координат – требовалось создание систем следующего поколения. В результате в Советском союзе в начале 80-х годов прошлого века и была изобретена Система спутниковой навигации.

«Родившиеся» системы спутниковой навигации получили название GPS - в США, и ГЛОНАСС - в СССР. В результате первый американский спутник был запущен в феврале 1978 года, а первый советский позже - 12 октября 1982 г.

Тогда же было определено, что для любой ГИС характерны четыре функции:

ПЕРВАЯ: сбор сведений о территории, т.е. получение координатной и смысловой информации об изучаемых объектах этой территории;

ВТОРАЯ: генерализация собранной информации в виде тематической карты, плана, схемы и т.п., т.е. условное отображение расположения и свойств объектов на картографической основе;

ТРЕТЬЯ: обработка и анализ генерализованной информации о территории;

ЧЕТВЕРТАЯ: принятие решения (или выводов) по результатам анализа.

Генерализация – это обобщение геоизображений мелких масштабов относительно более крупных, осуществляемая в связи с назначением, тематикой, изученностью объекта или техническими условиями получения самого геоизображения.

Простой пример — ГИС земельного кадастра области. Здесь необходимы:

- средства сбора и хранения сведений о земельных участках - это

местоположение, размеры, качество земли, стоимость, в чьей собственности и т.п.;

- электронная карта земельных угодий области;
- средства генерализации и отображения сведений о земельном кадастре;
- организационно-технические средства управления земельными ресурсами (купля-продажа, сбор налогов, изменение границ и т.п.).

Аналогичны по структуре и функциям ГИС для управления лесными, сельскохозяйственными, водными и другими природными ресурсами.

Информационной основой любой ГИС является картографическая среда, на фоне которой рассматривается пространственное (геометрическое) размещение объектов, изменение во времени их положения, свойств и характеристик.

Геопространственные данные - данный термин обозначает информацию, которая идентифицирует географическое местоположение и свойства естественных или искусственно созданных объектов, а также их границ на земле. Эта информация может быть получена с помощью (помимо иных путей), дистанционного зондирования, картографирования и различных видов съемок.

В любой обобщенной ГИС можно выделить три системных уровня:

1-й уровень - сбор разнородной информации, преобразование её в унифицированную форму и архивация;

2-й уровень - генерализация пространственной и атрибутивной информации;

3-й уровень - моделирование и анализ различных ситуаций, получение выводов и принятие решений.

Любая ГИС должна обеспечивать:

- естественный для пользователя язык общения;
- организацию необходимого взаимодействия с пользователем в процессе и по окончании работы;

- высокую интеллектуальность системы, связанную с наличием подсказок, необходимых для решения прикладной задачи.

1.3. СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Из приведенных выше характерных признаков ГИС ясно, что хотя они и называются географическими информационными системами, их нельзя полностью отнести к системам для географии (или геологии, геодезии). Они имеют более широкую область практического использования. Как уже отмечалось, приставка «гео» означает лишь использование «географического», то есть пространственного принципа организации и использования информации. Поэтому ГИС сегодня находят применение почти во всех сферах человеческой деятельности. Приведем несколько примеров:

- управление земельными ресурсами, земельные кадастры;
- инвентаризация и учет объектов распределенной производственной инфраструктуры и управление ими;
- проектирование, инженерные изыскания и планирование в градостроительстве, архитектуре, промышленном и транспортном строительстве;
- тематическое картографирование для различных областей применения;
- морская картография и навигация;
- аэронавигационное картографирование и управление воздушным движением;
- навигация и управление движением наземного транспорта;
- дистанционное зондирование Земли;
- управление природными ресурсами;
- мониторинг окружающей среды;
- реагирование на чрезвычайные ситуации;

- оперативное управление транспортными перевозками;
- маркетинг и анализ рынка;
- управление территориями;
- сельское хозяйство;
- лесное хозяйство;
- военное дело и разведка.

В широкой области приложений ГИС следует выделить три основных направления. Первое связано с решением задач учетно-инвентаризационного типа, в которых акцент делается на данных и координатных измерениях. Это наиболее распространенная сфера приложения ГИС. Другое направление связано с управлением и принятием решений. В третьем направлении акцент делается на моделировании и анализ сложных ситуаций и явлений.

Эпоха открытия радиоволн существенно упростила задачу навигации и открыла новые перспективы перед человечеством во многих сферах жизни и деятельности, а с открытием возможности покорения космического пространства совершился огромный прорыв в области определения координат местоположения объекта на Земле.

Искусственные спутники Земли стали опорными станциями для радионавигации и на сегодняшний день системы спутниковой навигации стали доступны не только военным или морякам, но и простым людям, частным лицам и компаниям, для которых навигация необходима.

Виды навигации:

Автомобильная навигация — технология вычисления оптимального маршрута проезда транспортного средства по дорогам и последующего ведения по маршруту с помощью визуальных и голосовых подсказок о манёврах. Использует GPS/Инерциальную навигацию, автомобильную навигационную карту и оперативную информацию о пробках.

Астрономическая навигация — метод определения координат судов и летательных аппаратов, основанный на использовании радиоизлучения или светового излучения небесных светил.

Бионавигация — способность животных выбирать направление движения при регулярных сезонных миграциях.

Воздушная навигация — прикладная наука о точном, надёжном и безопасном вождении в воздухе летательных аппаратов; на ранних этапах развития именовалась «Аэронавигация» (дисциплина, которая учит, как можно определить направление полета самолета или дирижабля, не пользуясь картой).

Инерциальная навигация — метод определения параметров движения и координат объекта, не нуждающийся во внешних ориентирах или сигналах.

Информационная навигация — процесс вождения пользователя по логически связанным данным.

Космическая навигация — управление движением космического летательного аппарата; включает в себя подвид — Астроинерциальная навигация — метод навигации космического летательного аппарата, комбинирующий средства инерциальной системы навигации и астрономической навигации.

Морская навигация — основной раздел судовождения.

Радионавигация — теоретические вопросы и практические приёмы вождения судов и летательных аппаратов с помощью радиотехнических средств и устройств.

Подземная навигация — практическое применение различных средств измерений, для определения местонахождения и направления движения подземных проходческих комплексов.

Навигационная система - это электронная система, установленная на борту судна или транспортного средства в целях вычисления оптимального маршрута движения.

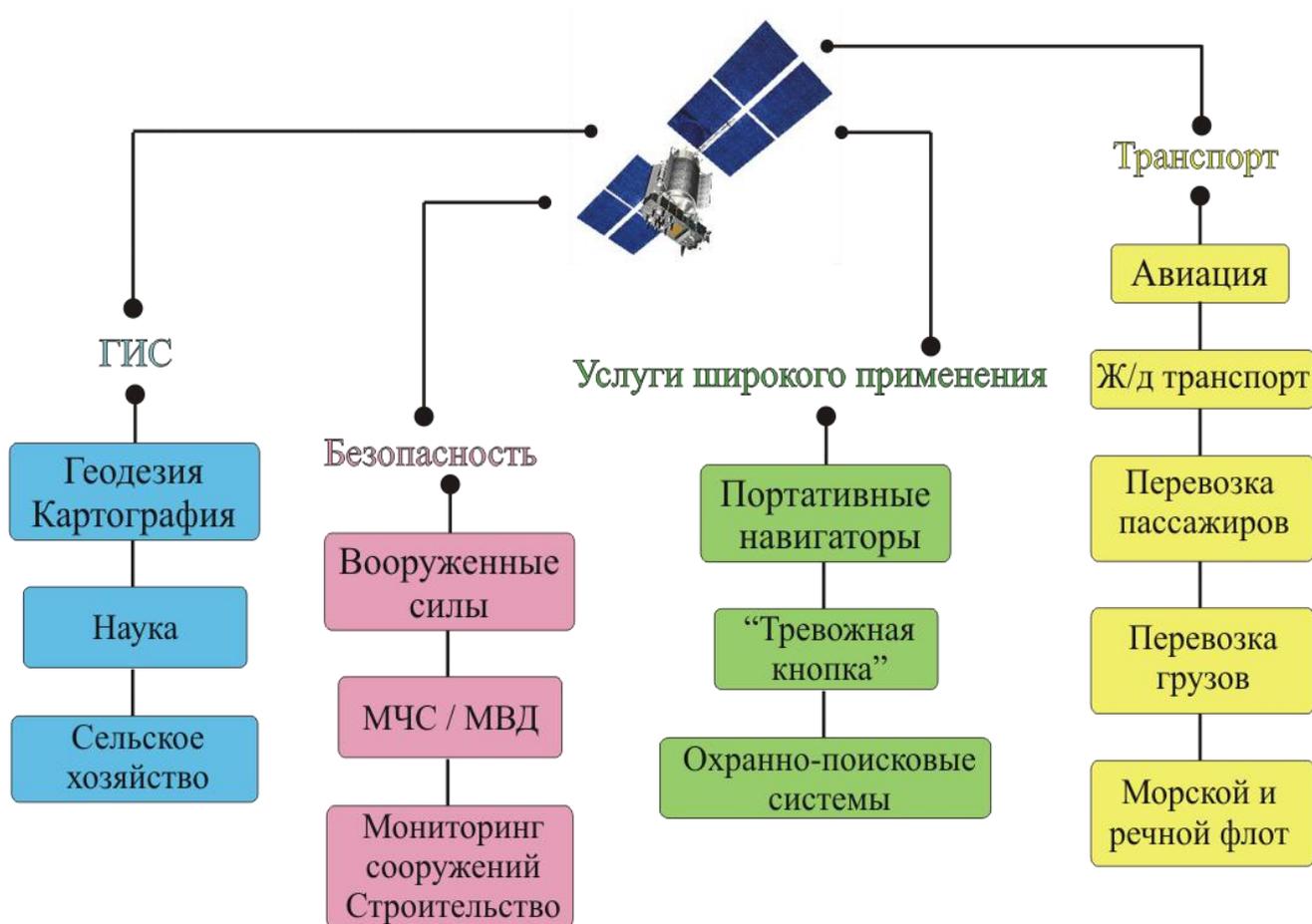


Рисунок 1. Спутниковая навигация — практическое применение средств ГЛОНАСС/GPS для определения местонахождения и направления движения.

Навигационные системы обеспечивают ориентацию с помощью:

- карт, имеющих видео, графический или текстовый форматы;
- определяют местоположение с помощью датчиков или других внешних источников;
- автономных средств, таких как спутниковая связь и т.п.;
- получают информацию от других объектов.

Спутниковая система навигации — комплексная электронно-техническая система, состоящая из совокупности наземного и космического оборудования, предназначенная для определения местоположения (географических координат и высоты), а также параметров движения

(скорости и направления движения и т. д.) для наземных, водных и воздушных объектов.

Основные элементы (сегменты) спутниковой системы навигации:

- Космический сегмент, состоящий из навигационных спутников (от 2 до 30), излучающих специальные радиосигналы, представляет собой совокупность источников радионавигационных сигналов, передающих одновременно значительный объем служебной информации. Основные функции каждого спутника – формирование и излучение радиосигналов, необходимых для навигационных определений потребителей и контроля бортовых систем спутника;

- Наземный сегмент – наземная система управления и контроля, включающая блоки измерения текущего положения спутников и передачи на них полученной информации для корректировки информации об орбитах.

В его состав входят космодром, командно-измерительный комплекс (КИК) и центр управления.

Космодром обеспечивает вывод спутников на требуемые орбиты при первоначальном развертывании навигационной системы, а также периодическое восполнение спутников по мере их выхода из строя или выработки ресурса. Главными объектами космодрома являются техническая позиция и стартовый комплекс. Техническая позиция обеспечивает прием, хранение и сборку ракет-носителей и спутников, их испытания, заправку и состыковку. В число задач стартового комплекса входят: доставка носителя с навигационным спутником на стартовую площадку, установка на пусковую систему, предполетные испытания, заправка носителя, наведение и пуск.

Командно-измерительный комплекс служит для снабжения навигационных спутников служебной информацией, необходимой для проведения навигационных сеансов, а также для контроля и управления ими как космическими аппаратами. Центр управления, связанный информационными и управляющими радиопередачами с космодромом и

командно-измерительным комплексом, координирует функционирование всех элементов спутниковой навигационной системы;

- Пользовательский сегмент – это приёмное клиентское оборудование (аппаратура потребителей - «спутниковые навигаторы»), используемое для определения координат. Она предназначена для приема сигналов от навигационных спутников, измерения навигационных параметров и обработки измерений. Для решения навигационных задач в аппаратуре потребителя предусматривается специализированный встроенный компьютер. Разнообразие существующей аппаратуры потребителей обеспечивает потребности наземных, морских, авиационных и космических (в пределах ближнего космоса) потребителей;

- Оptionальный сегмент: информационная радиосистема для передачи пользователям поправок, позволяющих значительно повысить точность определения координат.

Основной принцип использования системы — определение местоположения путём измерения расстояний до объекта от точек с известными координатами. Расстояние вычисляется по времени задержки распространения сигнала от посылки его спутником до приёма антенной GPS-приёмника. То есть, для определения трёхмерных координат GPS-приёмнику нужно знать расстояние до трёх спутников и время GPS системы. Но поскольку разница между часами спутника и приёмника может внести в решение огромную ошибку, один из космических аппаратов (КА) используется как «базовый», с него получают время, остальные три используются для определения координат. Таким образом для определения координат и высоты приёмника, используются сигналы как минимум с четырёх спутников.

Навигационная спутниковая система (GNSS) – это очень сложный и дорогостоящий механизм и принадлежит он государству (министерству обороны той страны, где разрабатывался и внедрялся). GNSS являются также

стратегическим видом вооружения тех стран, которым принадлежат. В случае возникновения боевых действий мирная с виду технология может быть задействована для наведения высокоточного оружия, десантирования грузов, ориентирования на местности целых подразделений, проведения разведывательно-диверсионных операций и, как результат - серьезное преимущество в скорости и точности позиционирования перед противником, не имеющим собственных технологий спутникового позиционирования.

1.4. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ КАК ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ СРЕДСТВО

По типу выполняемых функций и по режиму использования геоинформационные системы могут быть различны.

ГИС **запросного (информационно-поискового)** типа используются для поддержки принятия оперативных решений, может потребоваться практически непрерывно и быстро отвечать на запросы по получению информации. Например, в системе контроля и управления сельскохозяйственным предприятием с помощью электронной карты отображается текущее положение всех тракторов, сельскохозяйственных и авто- машин в реальном времени и параметры их работы (более подробно данный материал представлен в пятом разделе учебного пособия). Здесь функция системы заключается в быстрых ответах на множественные частные вопросы, что требует выполнения определенного пространственного анализа (например, для нахождения кратчайшего пути следования).

В другом случае система может быть ориентирована на подготовку и оформление в заданном виде информации для ее последующего использования уже вне системы, например, данные по определенному запросу в виде таблиц или карт. Эти выходные документы могут готовиться на любом носителе - в бумажной или цифровой форме. Независимо от этого, такие

формы выдачи результатов анализа или запроса, будучи предназначенные для последующего использования, содержат обычно гораздо больше информации, чем в первом случае, и более сложны по форме выходные документы. Режим же поддержки принятия оперативных решений требует быстрой реакции на запросы, которые должны быть по возможности сформулированы очень четко и конкретно, а объем выдаваемой информации обычно небольшой.

Для обеспечения любого из рассмотренных режимов система должна выполнять ряд типовых функций:

- ГИС должна обеспечивать средства для формирования цифрового представления пространственных объектов и явлений, т.е. выполнять функции сбора, кодирования и ввода информации.

- Для поддержания массива данных в актуальном состоянии ГИС должна выполнять функции редактирования, обозначения, эффективного хранения данных, реорганизации данных и преобразования их в разные формы, а также функцию контроля правильности и качества данных.

- В ГИС должны быть реализованы функции генерализации входной информации и ее анализа, моделирования ситуаций и процессов.

- ГИС должна обеспечивать выполнение сложных запросов на получение информации.

- ГИС должна обладать способностью представлять результаты работы в виде наглядных документов - таблиц, карт, диаграмм и т.п.

Как правило, ГИС является важной частью гораздо более общей инфраструктуры информационного обеспечения специалистов, работающих в различных областях хозяйственной деятельности.

1.5. КЛАССИФИКАЦИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

По территориальному охвату выделяют три уровня:

- **Глобальный (планетарный) уровень.** В данном случае ГИС

строятся на базе использования электронных карт масштаба 1:1000000 и мельче. На них отображаются целые континенты и страны.

- **Региональный уровень.** Здесь используются электронные карты с масштабами 1:100000, 1:200000 (среднемасштабные). На них отображаются области и регионы.

- **Локальный уровень.** В данном случае используются электронные карты и планы масштаба 1:25000 и крупнее. Это уровень охвата городских и районных (в городах) территорий, планов крупных предприятий и территориальных комплексов, заповедников, лесничеств, сельскохозяйственных предприятий и т.д.

По области применения различают:

- инженерные коммуникации,
- земельные кадастры,
- картографирование территорий,
- экология,
- строительство,
- землепользование,
- нужды министерства внутренних дел,
- нужды министерства чрезвычайных ситуаций,
- транспорт и т.д.

По сложности построения ГИС:

- многоцелевые для решения наиболее общих проблем (например, региональное планирование);
- проблемные для решения отдельной проблемы (например, транспортные);
- узкоспециализированные (например, кадастровые).

По формату представления данных:

- растровые;

- векторные;
- векторно-растровые (смешанные).

С точки зрения функционального назначения ГИС можно рассматривать как:

⇒ систему управления, предназначенную для обеспечения принятия решений по оптимальному управлению разнообразными пространственными объектами (земельные угодья, природные ресурсы и т. д.);

⇒ автоматизированную информационную систему, объединяющую технологии и технологические процессы известных информационных систем типа САПР, АСНИ, АСИС;

⇒ геосистему, включающую технологии таких систем, как географические информационные системы (ГИС), системы картографической информации (СКИ), автоматизированные системы картографирования (АСК), автоматизированные фотограмметрические системы (АФС), земельные информационные системы (ЗИС), автоматизированные кадастровые системы (АКС) и т. д.;

⇒ систему, использующую базы данных, характеризуемую широким набором данных, собираемых с помощью различных методов и технологий, и объединяющие в себе как базы данных обычной (цифровой) информации, так и графические базы данных. При этом особую роль здесь приобретают экспертные системы;

⇒ систему моделирования, использующую в максимальном объеме методы и процессы математического моделирования, разработанные и применяемые в рамках других автоматизированных систем;

⇒ систему получения проектных решений, использующие методы автоматизированного проектирования в САПР, но и решающую ряд других специфических задач, например согласования принципиальных проектных решений с землепользователями, заинтересованными ведомствами и организациями;

⇒ систему представления информации, являющуюся развитием автоматизированных систем документационного обеспечения (АСДО) и предназначенную, прежде всего, для получения картографической информации с различными нагрузками и в различных масштабах;

⇒ интегрированную систему, объединяющую в единый комплекс многообразный набор методов и технологий на базе единой географической информации;

⇒ прикладную систему, не имеющую себе равных по широте применения, в частности, на транспорте, навигации, военном деле, топографии, географии, геологии, экономике, экологии, демографии и т. д.;

⇒ систему массового пользования, позволяющую применять картографическую информацию на уровне деловой графики для широкого круга пользователей, когда используют картографические данные, далеко не всегда создавая для этой цели топографические карты.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «географическая информационная система».
2. Что геоинформатика представляет собой как наука, технология, производство?
3. Перечислите основные исторические этапы развития геоинформационных систем.
4. Каковы основные сферы применения геоинформационных систем?
5. Приведите классификацию геоинформационных систем.
6. Назовите основные секторы применения ГИС в агропромышленном комплексе.
7. Предложите новые направления, где геоинформационные системы могли бы быть полезны в АПК.

2. МОДЕЛИ ДАННЫХ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Моделирование является одним из инструментов системного подхода. Под моделированием понимается такой способ отображения реальной действительности, при котором для изучения оригинала применяется специально построенная модель, воспроизводящая существенные свойства и характеристики исследуемого реального объекта (группы объектов) или процесса. Модель используется как условный образ, сконструированный для упрощения их исследования.

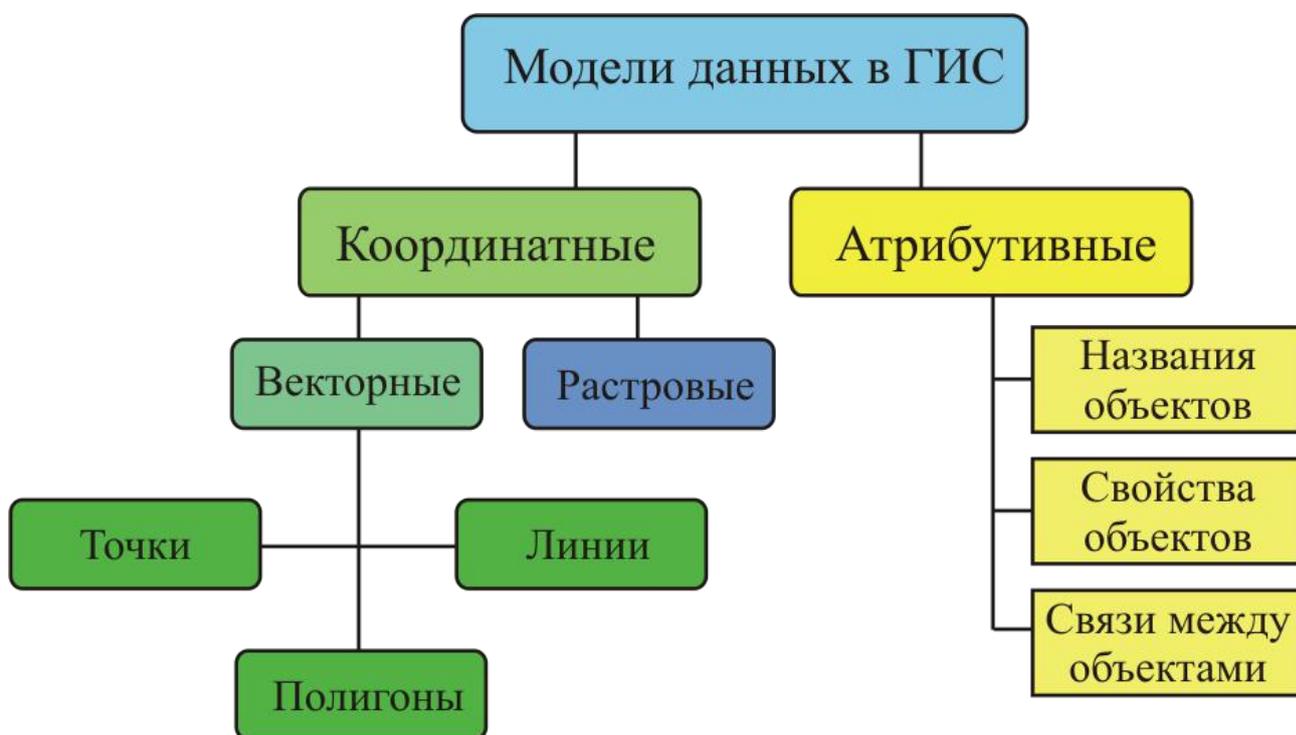


Рисунок 2. Модели данных в геоинформационных системах.

Данные – это сведения о состоянии любого объекта, большой системы или отдельного элемента, представленные в формализованном виде и предназначенные для обработки (или уже обработанные). Данные об объектах

и явлениях рассматриваются в ГИС в 3-х аспектах: пространственном, тематическом и временном.

Пространственный аспект связан с определением местоположения и геометрических связей объектов. Основным требованием, предъявляемым к пространственным данным, является **точность**.

Тематический (атрибутивный) аспект связан с определением характеристик, свойств и связей объектов. Эти данные должны обладать достаточной **полнотой**.

Временной аспект предполагает рассмотрение двух уже указанных аспектов во времени. Основное требование, предъявляемое к временным данным – **актуальность**.

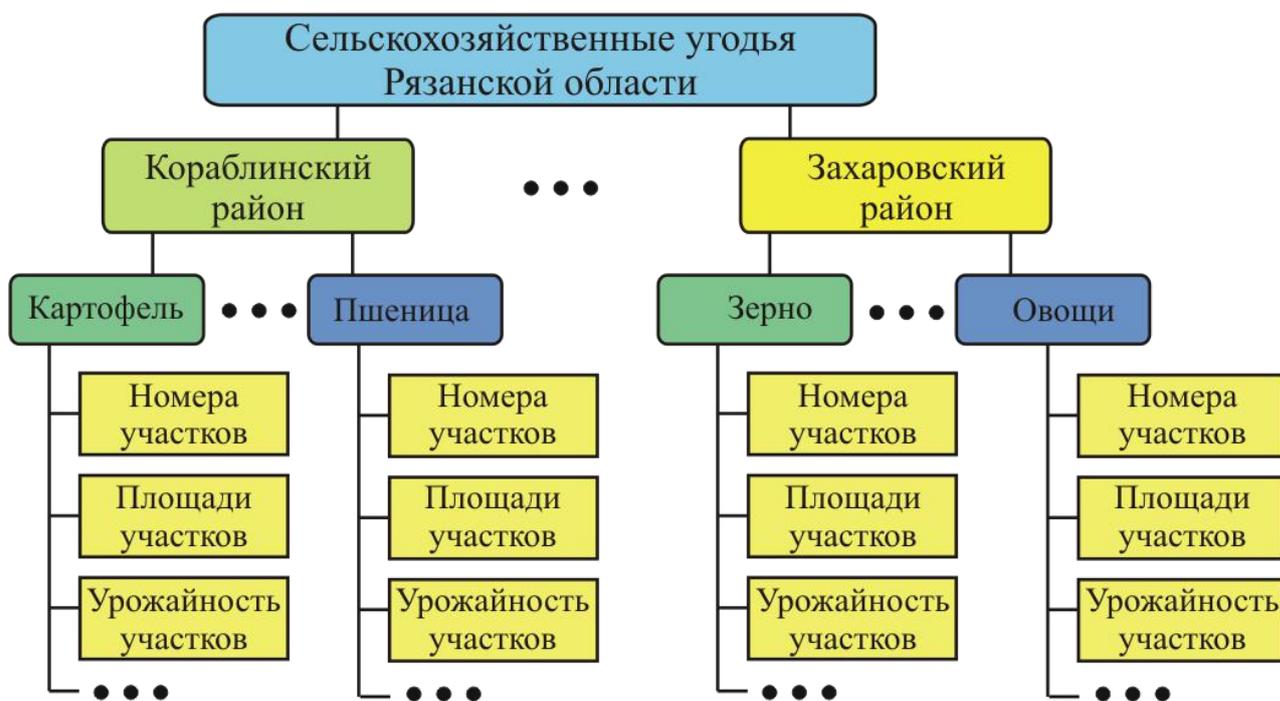


Рисунок 3. Пример атрибутивных данных для сельскохозяйственных угодий (на примере Рязанской области).

В геоинформатике объекты реального мира изучаются посредством построения их информационных моделей, которые создаются на основании

всей информации, получаемой при использовании различных средств сбора данных. Информационная модель получается на основе обработки исходных данных. Информационная модель включает в себя два основных класса данных:

- координатные модели данных;
- атрибутивные модели данных, объединяющие в себе временные и тематические данные.

Цифровая карта (ЦК) — цифровая модель местности, записанная на машинном носителе информации в установленных кодах, сформированная на базе законов картографии в принятых для карт проекции, разграфке, системе координат и высот, по точности и содержанию соответствующая карте определенного масштаба.

Цифровые карты создаются следующими способами или их комбинацией:

- оцифровка (цифрование) традиционных аналоговых картографических произведений (например, бумажных карт);
- фотограмметрическая обработка данных дистанционного зондирования;
- полевая съёмка (например, геодезическая тахеометрическая съёмка или съёмка с использованием приборов систем глобального спутникового позиционирования);
- камеральная обработка данных полевых съёмок и иные методы.

Электронная карта (ЭК) — векторная или растровая топографо-тематическая карта, сформированная на машинном носителе информации в принятой проекции, системе координат и высот, условных знаков, предназначенная для отображения, анализа и моделирования, а также для решения расчетных и информационных задач по данным о местности и текущей обстановке.

Координатные модели бывают векторными и растровыми.

Векторные модели данных описывают объект путем соединения точек линиями. Положение и форма объекта определяются значениями координат точек, заданных на объекте.

Растровые модели данных основаны на представлении наблюдаемой сцены (территории) в виде матрицы отсчетов, т.е. путем пространственной дискретизации изображения сцены.

Векторные модели описывают объект за объектом, а растровые – всю сцену в целом без деления её на объекты.

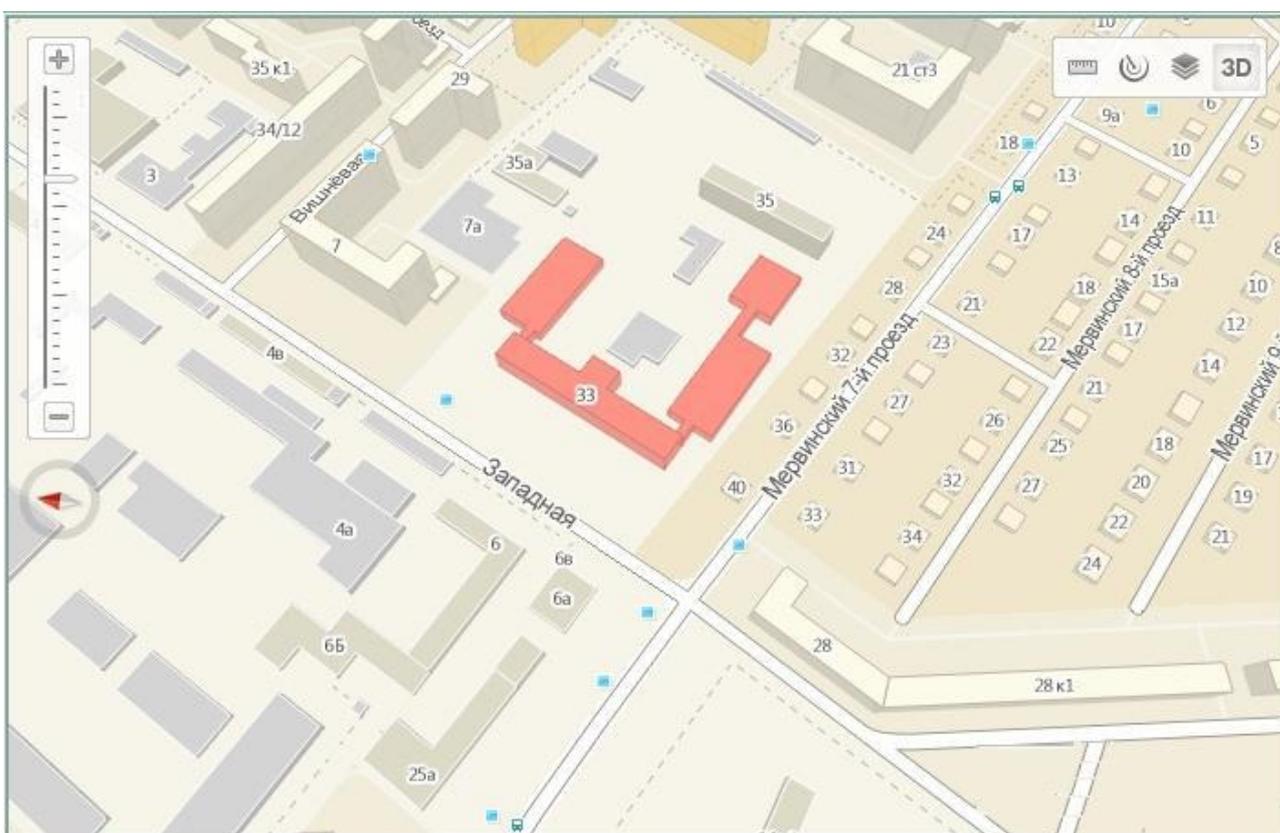


Рисунок 4. Пример электронной карты.

На изображении: корпус инженерного факультета ФГБОУ ВПО РГАТУ (Электронная карта г.Рязани из бесплатного справочника организаций с картой города 2 GIS).

Преобразовать векторную форму в растровую несложно – достаточно нарисовать объекты на решетке отчетов. Обратное преобразование растровой формы в векторную – исключительно сложная задача, так как она

связана с нахождением границ объектов и распознаванием объектов в пределах выделенных границ.

Местоположение точечного объекта, например буровой скважины или колодца, описывается парой координат (x,y). Линейные объекты, например, дороги, трубопроводы, линии электропередач описываются набором координат. Полигональные объекты, например, земельные участки, здания, представляются в виде замкнутого набора координат.

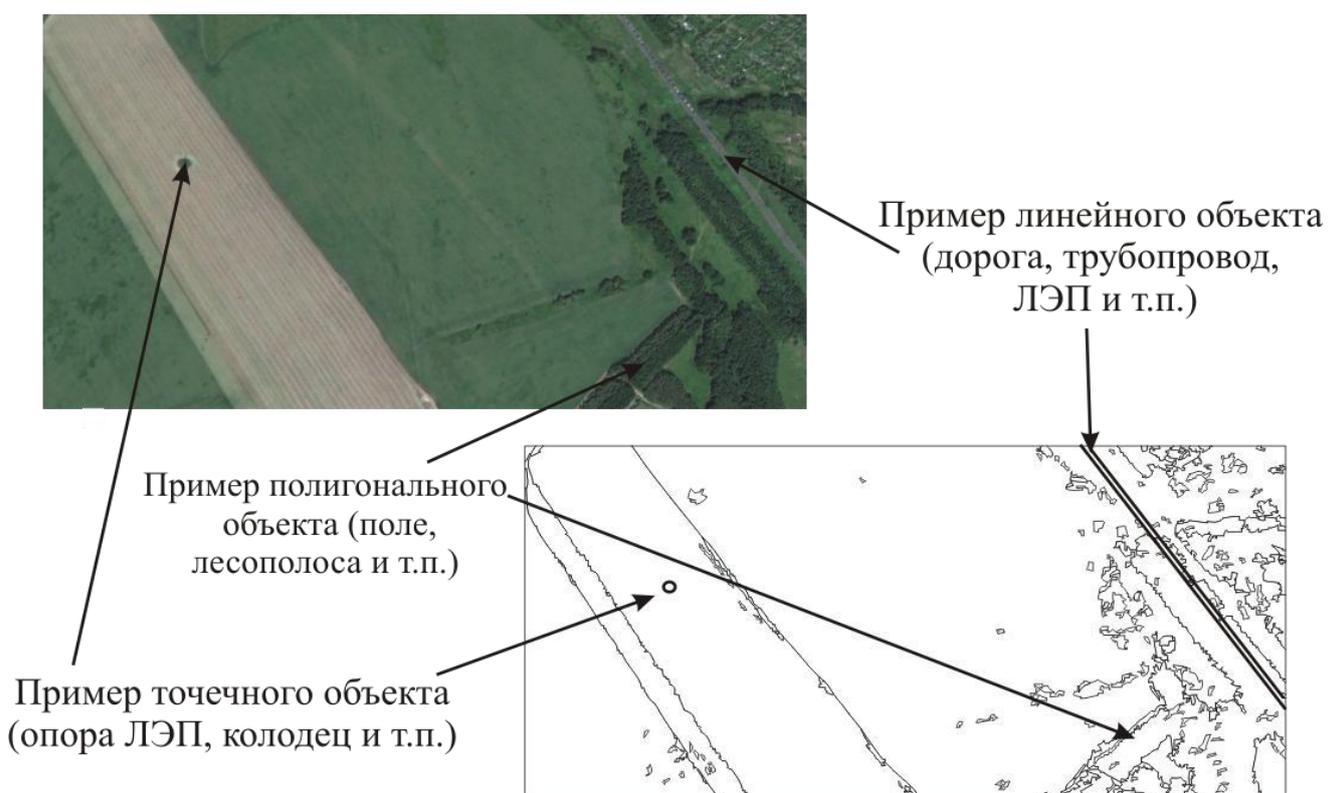


Рисунок 5. Примеры векторных объектов.

Взаимодействие атрибутивных и координатных данных. Существует три подхода к организации совместной работы с пространственной (координатной) и атрибутивной информацией.

Первая, наиболее распространенная модель взаимодействия - **георе-ляционная**. Иногда она называется гибридной или смешанной. В этой модели пространственные и атрибутивные данные организованы по-разному и

независимо друг от друга, связь между ними устанавливается и поддерживается через идентификатор объекта. Пространственная (координатная) информация хранится отдельно от атрибутивных данных. Атрибутивная информация организована в виде таблиц, которые управляются с помощью реляционной СУБД (системы управления базами данных). Эта СУБД может быть встроенной в программное обеспечение ГИС, как его функциональная подсистема, или может быть внешней по отношению к ГИС.

Вторая модель взаимодействия данных называется **интегрированной**. В данном случае предусматривается использование средств реляционных СУБД для хранения как координатной, так и атрибутивной компоненты. В этом случае ГИС выступает в качестве надстройки над СУБД. Этот подход обладает рядом преимуществ, в случае создания крупных хранилищ информации, работающих в режиме активного многопользовательского использования. Однако современные реляционные СУБД мало подходят для работы с пространственными объектами общего вида.

Третья модель - **объектная**. Эта модель может быть эффективно использована при описании очень сложных структур данных, взаимоотношений между объектами и моделировании различных задач. Однако эта модель в чистом виде на практике не используется.

Более распространено комбинированное использование реляционных СУБД и объектного подхода в виде объектно-реляционной модели данных.

Организация данных. В ГИС используются два подхода к организации пространственных данных. Первый - это послойная организация информации (его часто называют классическим), второй - основан на объектно-ориентированном подходе.

Послойный принцип организации информации очень нагляден и хорошо соотносится с приемами традиционной картографии. Он заключается в том, что устанавливается некоторое деление объектов на тематические слои. Объекты, отнесенные к определенному слою, образуют некоторую логически (а часто и

физически) отдельную единицу данных, например, они собираются в один файл или в одну директорию и имеют единую и отдельную от других слоев систему идентификаторов. К слоям можно обращаться как к некоторому множеству.

Например, слой объектов гидрографии, слой шоссежных дорог, слой растительного покрова и т.п. При послойной организации данных очень удобно манипулировать большими группами объектов, представленными отдельными слоями, как единым целым, например, включая или выключая слои для визуализации; определять операции, основанные на взаимодействии слоев.

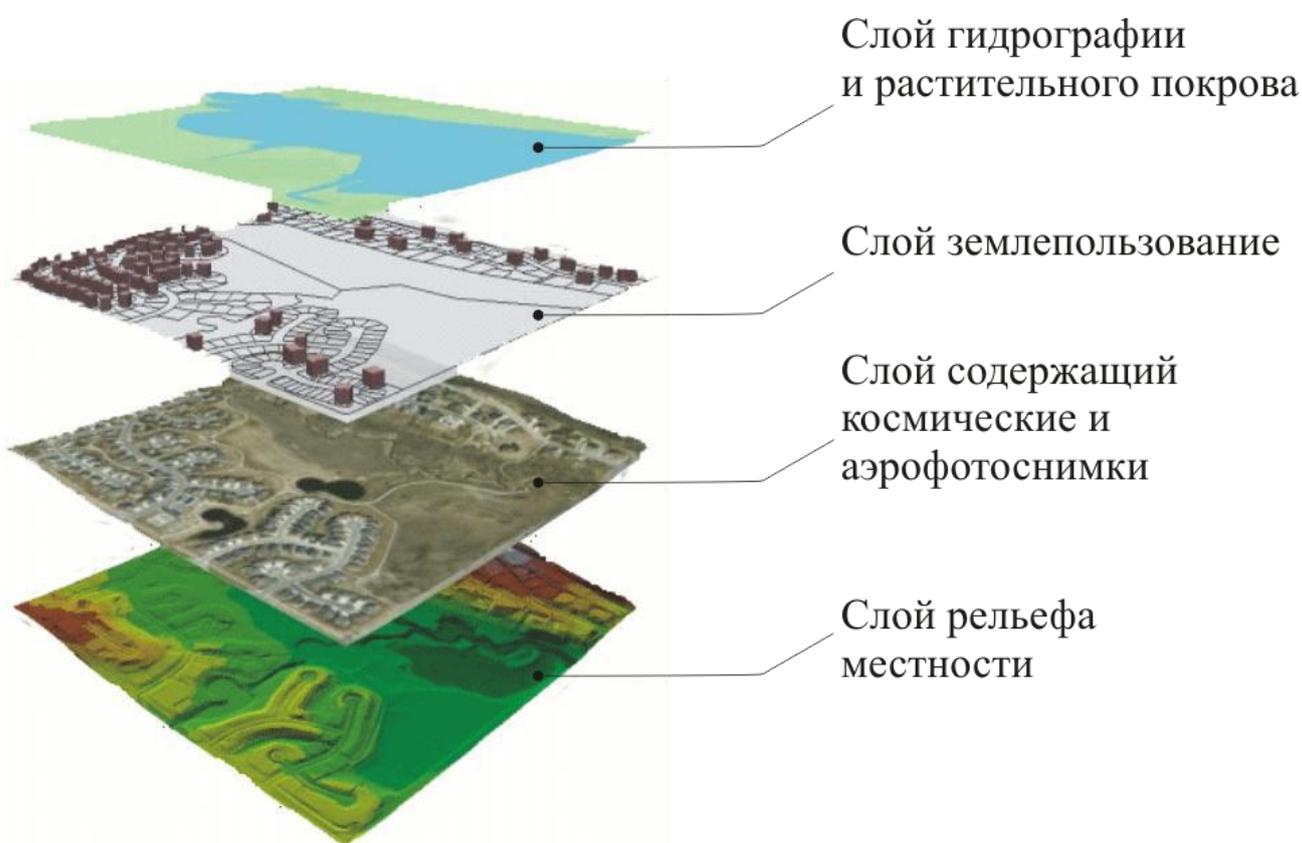


Рисунок 6. Послойный принцип организации информации в ГИС.

Объектно-ориентированный принцип организации данных в ГИС акцентирует внимание не столько на общих свойствах объектов, сколько на их положении в какой-либо сложной иерархической схеме классификации и на взаимоотношениях между объектами. В данном случае удобно отображать различные родственные и генетические отношения между объектами,

отношения соподчиненности, функциональные связи между объектами. В чистом виде этот принцип менее распространен, чем послойный, вероятно, из-за больших трудностей практической организации всей системы взаимосвязей объектов.

Сегодня в моделях данных ГИС преобладает послойный принцип организации информации.

Два рассмотренных подхода не противоречат друг другу и допускают возможность их комбинированного использования.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте понятия: модель, моделирование, данные, база данных (банк данных).
2. Перечислите аспекты рассмотрения данных об объектах и явлениях в геоинформационных системах.
3. Охарактеризуйте понятия: цифровая модель местности, цифровая карта, электронная карта.
4. Опишите векторные и растровые модели данных. В чем их отличие?
5. В чем заключается послойный принцип организации информации в геоинформационных системах?

3. СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

3.1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ.

Спутниковая навигационная система — комплексная система, состоящая из совокупности наземного и космического оборудования, предназначенная для определения местоположения (географических координат и высоты), а также параметров движения (скорости и направления движения и т. д.) для наземных, водных и воздушных объектов.

Целесообразно разделять спутниковые навигационные системы на **глобальные и региональные**.

Глобальные спутниковые навигационные системы позволяют определять местоположение и скорость объектов в любом месте земного шара, а региональные позволяют определять местоположение и скорость объектов на только территории отдельно взятого государства и прилегающих территорий.

3.2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ.

Основными элементами спутниковой навигационной системы являются:

1. Орбитальная группировка, состоящая из нескольких (от 2 до 30) спутников, излучающих специальные радиосигналы;
2. Наземная система управления и контроля, включающая блоки измерения текущего положения спутников и передачи на них полученной информации для корректировки информации об орбитах;
3. Приёмное клиентское оборудование (т.н. «навигаторы»), используемое для определения координат;

4. Системы повышения точности сигналов навигационной системы – базовые наземные контрольные станции и геостационарные спутники позволяющие реализовать так называемый дифференциальный способ наблюдений (Differential GPS или DGPS) и тем самым значительно повысить точность определения координат.

Его суть состоит в выполнении измерений двумя приемниками: одним находящимся в определяемой точке и другим - в точке с заранее известными координатами – вышеупомянутой базовой (контрольной) станции. Вычисленные поправки передаются пользователям по радиоканалу на средних частотах 283,5-325 кГц.

Данная услуга обычно является платной и действует по подписке.

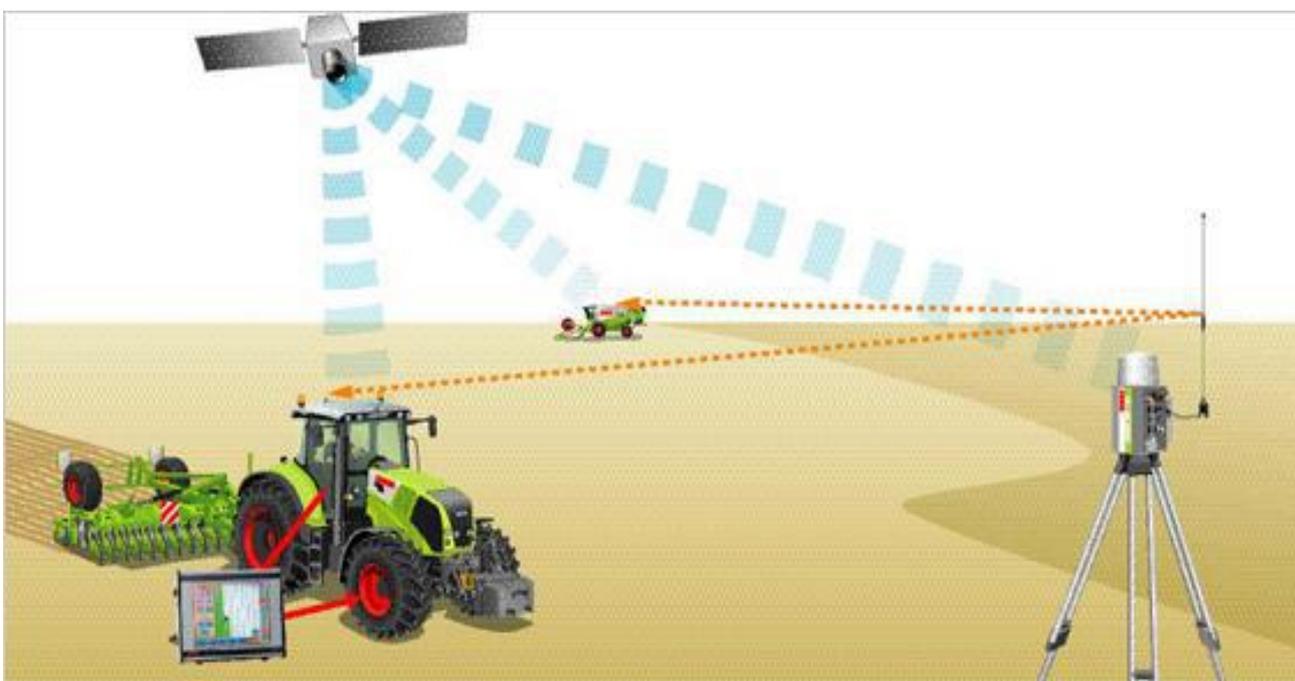


Рисунок 7. Технология Baseline HD, используемая в системах точного земледелия компании Claas. Мобильная базовая станция вырабатывает высокоточный корректирующий сигнал D-GPS, дополнительно передающийся к машине по радиоканалу.

Среди систем распространения дифференциальных поправок в качестве примера целесообразно упомянуть: американскую систему GDGPS

(NASA Global Differential GPS), Европейскую систему European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS), Японскую - Japanese Multi-functional Satellite Augmentation System (MSAS), Российскую СДКМ (систему дифференциальной коррекции и мониторинга).

Реальность сегодняшнего дня такова, что сфера телекоммуникаций играет значительную роль в нашей жизни. Различные страны активно инвестируют в её развитие, понимая, что современная жизнь требует улучшения в этой сфере человеческой деятельности.

Слова GPS, ГЛОНАСС, GALILEO известны многим из новостей, журналов или Интернета. Некоторые даже знают их основные принципы работы, но до сих пор вокруг этих технически сложных систем много мифов, а разные толкования в различных источниках вместо полной ясности вносят еще больше сумятицы.

На сегодняшний день в научной и другой специализированной литературе, а так же во многих официальных документах, аббревиатуру GPS относят исключительно к американской системе NAVSTAR, хотя изначально предполагалось, что так будут называть все глобальные спутниковые системы позиционирования. Спутниковая же система NAVSTAR изначально разработана для нужд американского военного ведомства, на долгие годы стала законодателем в области новых навигационных технологий по всему миру и первой доступной гражданскому пользователю системой спутникового позиционирования. NAVSTAR и по сей день остаётся единственной полностью развёрнутой глобальной спутниковой системой и применяется для определения местоположения во всём мире. Но только военные США могут использовать главный «козырь» этой системы – высокоточное наведение оружия массового поражения и другого вооружения на цель, а все гражданские пользователи во всём мире, включая пассажирские самолёты и корабли, могут по решению Министерства Обороны США быть отключены от возможности принимать сигнал с

американских навигационных спутников. Эта монополия не устраивает большинство ученых из России, Европы, Индии, Китая и Японии, которые разрабатывают собственные системы спутникового позиционирования и в международных документах все системы, включая GPS, получили аббревиатуру – GNSS (Global Navigation Satellites System (англ.) – Глобальная Навигационная Спутниковая Система). Американская же система NAVSTAR стала GPS NAVSTAR или чаще просто GPS.

3.3. GPS - СИСТЕМА ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ.

Система глобального позиционирования (Global Positioning System GPS) создана Министерством обороны США, система определения местонахождения объектов, основанная на использовании искусственных спутников Земли.



Рисунок 8. Эмблема Global Positioning System GPS.

Она позволяет определять местоположение и скорость объектов в любом месте земного шара, практически при любой погоде. Основной принцип работы системы — определение местоположения путём измерения моментов времени приема синхронизированного сигнала от навигационных спутников до потребителя. Расстояние вычисляется по времени задержки

распространения сигнала от посылки его спутником до приёма антенной GPS-приёмника. Точность от 2 до 100 м в зависимости от вида применяемого терминального оборудования.



Рисунок 9. Современный спутник системы GPS.

Идея создания спутниковой навигации родилась ещё в 50-е годы прошлого века. В тот момент, когда СССР был запущен первый искусственный спутник Земли, американские учёные во главе с Ричардом Кершнером наблюдали сигнал, исходящий от советского спутника и обнаружили, что благодаря эффекту Доплера частота принимаемого сигнала увеличивается при приближении спутника и уменьшается при его отдалении. Таким образом: если точно знать свои координаты на Земле, то становится возможным измерить положение и скорость спутника, и наоборот, точно зная

положение спутника, можно определить собственную скорость и координаты.

Навигационная система Global Positioning System (GPS) является частью комплекса NAVSTAR (NAVigation Satellites providing Time And Range) – навигационной системы определения времени и дальности, которая разработана, реализована и эксплуатируется Министерством обороны США. Разработка комплекса NAVSTAR была начата ещё в 1973 году, в феврале 1978 года был произведён первый тестовый запуск комплекса, а с марта 1978 года комплекс NAVSTAR принят в эксплуатацию.

Система GPS была развернута в 1978 г., придя на смену устаревшей к тому времени, но первой в мире спутниковой системе радионавигации «Tranzit» (также известной как NAVSAT - Navy Navigation Satellite System, 1964-1997 г.г.), применявшейся для обеспечения информацией о точных координатах атомных подводных лодок, надводных судов, а также для гидрографических и геодезических исследований. В Советском Союзе существовала аналогичная низкоорбитальная система под названием «Циклон» (первая спутниковая система навигации в СССР, построенная на базе КА «Циклон» и КА «Залив») и её гражданский вариант «Цикада», созданная в 1976 году для нужд торгового морского флота. Характерной чертой радионавигационных спутниковых систем первого поколения является применение низкоорбитальных спутников и использование для измерения навигационных параметров объекта сигнала одного, видимого в данный момент спутника. По этим измерениям вычисляются параметры движения спутника относительно наземного пункта наблюдения.

Первая штатная орбитальная группировка системы GPS разворачивалась с июня 1989 г. по март 1994 г.: на орбиту были выведены 24 космических аппарата типа «Block II». Окончательный ввод GPS в эксплуатацию состоялся в 1995 г. Погрешность определения координат в этом случае составляла от 50 до 500 м.

Система GPS в целом состоит из трех сегментов - **космического, управляющего и пользовательского.**

Космический сегмент системы GPS состоит из орбитальной группировки спутников, излучающих навигационные сигналы. Спутники расположены на 6-и орбитах на высоте около 20180 км. Период обращения спутников составляет 11 часа и 58 минут, скорость 3,9 км/с. Таким образом, за сутки каждый спутник совершает два полных оборота вокруг Земли. 24 спутника обеспечивают 100% работоспособность системы навигации GPS в любой точке земного шара.

Передающая аппаратура спутника излучает синусоидальные сигналы на несущих частотах 1575,42 МГц, 1227,60 МГц и 1176,45 МГц. Изначально «гражданский» сигнал, передаваемый на частоте 1575,42 МГц, был доступен всем пользователям, и обеспечивал точность позиционирования 3-10 метров. Первоначально GPS — глобальная система позиционирования разрабатывалась как чисто военный проект. Но, по одной из версий, после того, как в 1983 году вторгшийся в воздушное пространство СССР из-за дезориентации экипажа в пространстве самолёт Корейских Авиалиний Korean Air Lines с 269 пассажирами на борту был сбит советским истребителем «Су-15», президент США Рональд Рейган с целью не допустить в будущем подобные трагедии разрешил частичное использование системы навигации для гражданских целей. До 2000 года с помощью специального режима избирательного доступа (SA – Selective Availability) в передаваемый сигнал вносились искажения, снижающие точность позиционирования с 10 метров до 70-100 метров. В 2000 г. это «огрубление» точности сигнала отменил своим указом президент США Билл Клинтон, уравнив, таким образом, в правах «военный» и «гражданский» сигналы. Однако администрация США особо оговорила свое право избирательно отключать доступ к GPS сигналам в регионах, где происходят военные

конфликты. Ограничения на продажу GPS-приемников странам бывшего СССР сняты с 1991 г.

Наземный сегмент системы GPS состоит десяти станций слежения, которые находятся на островах Кваджалейн и Гавайях в Тихом океане, на острове Вознесения, на острове Диего-Гарсия в Индийском океане, а также в Колорадо-Спрингс, в мысе Канаверел, шт. Флорида и т.д., и головной станции управления (MCS - Master Control Station) расположенной на военной базе ВВС США Шривер в штате Колорадо. В задачи станций мониторинга входит прием и измерение навигационных сигналов поступающих с GPS спутников, вычисление различного рода ошибок и передача этих данных на станцию управления. Мониторинг состояния GPS спутников происходит практически непрерывно.

Пользовательский сегмент системы GPS подразумевают навигационные приемники, которые используют сигнал со спутников GPS для вычисления текущей позиции, скорости и времени. Приемник сигналов GPS представляет собой специализированный компьютер. По анализу сигналов, поступающих со спутников, он рассчитывает своё текущее местоположение. Если это положение меняется, то становится возможным расчёт дополнительных параметров - скорость, направление, время прибытия к целевому пункту назначения и т.п. Для отслеживания спутников нужно быть под открытым небом – под крышей или в тесном окружении высотных домов сигналы от спутников частично или полностью гасятся препятствиями. Облачность и осадки влияя на качество сигнала практически не оказывают.

Принцип действия системы GPS основан на определении расстояния от текущего положения до группы спутников. Точное местоположение GPS спутников известно из данных эфемерид (таблицы координат искусственных спутников земли) и альманаха, передаваемых в навигационных сообщениях.

Зная расстояние до трех-четырех спутников, можно определить текущее местоположение, как точку пересечения трех окружностей.

Расстояние до спутников определяется простым уравнением:

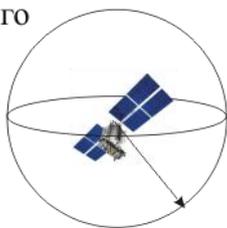
$$R = t * c,$$

где t – время распространения радиосигнала от спутника до наблюдателя,

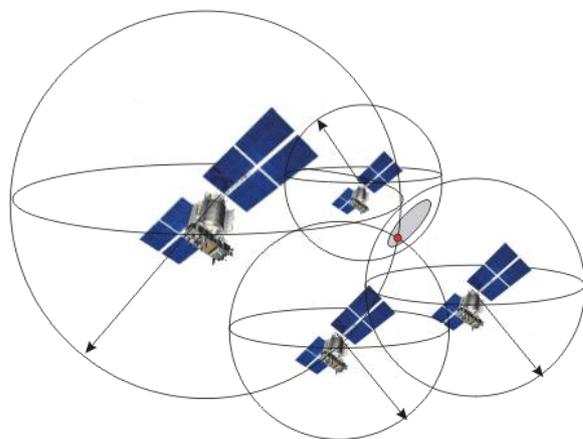
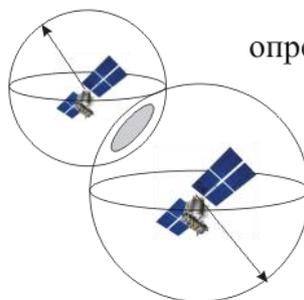
c – постоянная величина, равная скорости света.

Зная время, за которое сигнал дошел от спутника до GPS приемника и, умножив его на скорость света, можно определить расстояние.

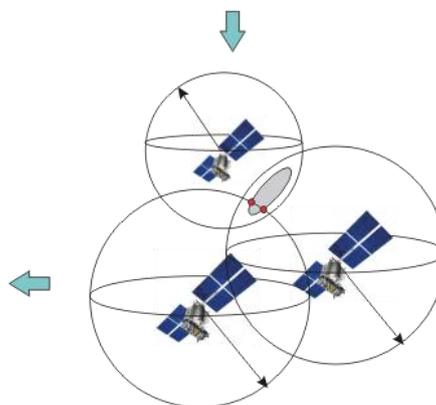
1. Расстояние от одного спутника известно, и мы можем описать сферу заданного радиуса вокруг него



2. Если мы знаем также расстояние и до второго спутника, то определяемое местоположение будет расположено где-то в круге, задаваемом пересечением двух сфер



4. Четвертый спутник точно определяет наше местоположение



3. Третий спутник определяет две точки на окружности

Рисунок 10. Принципы определения местоположения.

Основы работы системы GPS можно разбить на пять основных подпунктов:

1. Спутниковая трилатерация – основа системы определения положения. Трилатерация (от лат. Trilaterus – трёхсторонний) – метод определения положения геодезических пунктов путём построения на местности системы смежных треугольников, в которых измеряются длины их сторон. Является одним из методов определения координат на местности наряду с триангуляцией (измеряются углы соответствующих треугольников) и полигонометрией (производится измерение углов и расстояний).

Предположим, что расстояние от одного спутника известно, и мы можем описать сферу заданного радиуса вокруг него. Если мы знаем также расстояние и до второго спутника, то определяемое местоположение будет расположено где-то в круге, задаваемом пересечением двух сфер. Третий спутник определяет две точки на окружности.

2. Спутниковая дальнометрия – измерение расстояний до спутников. Расстояние до спутников определяется по измерениям времени прохождения радиосигнала от космического аппарата до приёмника умноженным на скорость света. Для того, чтобы определить время распространения сигнала нам необходимо знать когда он покинул спутник. Для этого на спутнике и в приёмнике одновременно генерируется одинаковый псевдослучайный код. Приёмник проверяет входящий сигнал со спутника и определяет, когда он генерировал такой же код. Полученная разница, умноженная на скорость света (~ 300 000 км/с) даёт искомое расстояние.

3. Точная временная привязка – как видно из сказанного выше, вычисления напрямую зависят от точности хода часов. Код должен генерироваться на спутнике и приёмнике в одно и то же время. На спутниках установлены атомные часы, имеющие точность около одной наносекунды.

Атомные часы (молекулярные, квантовые часы) — прибор измерения времени, в котором в качестве постоянного периодического процесса используются собственные колебания атомов или молекул. Периоды этих

колебаний при помощи электронных схем сравниваются с измеряемым промежутком времени.

Шкала атомного времени реализуется путем использования высокостабильных атомных и молекулярных эталонов частоты в сочетании с высокоточными кварцевыми часами. Атомное время обладает большой равномерностью на длительных промежутках времени. Каждая шкала атомного времени определяется конкретным атомным или молекулярным эталоном, при помощи которого регулируется ход кварцевых часов.

Однако это слишком дорого, чтобы устанавливать такие часы в каждый GPS приёмник, поэтому измерения от четвёртого спутника используются для устранения ошибок хода часов приёмника.

4. Расположение спутников – определение точного положения спутников в космосе.

5. Коррекция ошибок – учёт ошибок, вносимых задержками в тропосфере и ионосфере.

Возможные источники ошибок:

- Неточное определение времени (ошибки до 0,6 м);
- Ошибки вычисления орбит (ошибки до 0,6 м);
- Инструментальная ошибка приемника (ошибки до 1,2 м);
- Отражения сигнала (ошибки до 10 – 20 м);
- Ионосферные задержки сигнала (ошибки не регламентированы);
- Тропосферные задержки сигнала (ошибки не регламентированы).

Следует заметить, что основными заказчиками дифференциальной коррекции являются геодезические и топографические службы – для частного пользователя DGPS не представляет интереса из-за высокой стоимости и громоздкости оборудования. Да и вряд ли в повседневной жизни возникают ситуации, когда надо знать свои абсолютные географические координаты с погрешностью 10-30 см.

3.4. ГЛОБАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА .

Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) – разработанная по заказу Министерства обороны СССР, отечественная спутниковая система навигации, предназначенная для оперативного навигационно-временного обеспечения неограниченного числа пользователей наземного, морского, воздушного и космического базирования. Доступ к гражданским сигналам системы в любой точке земного шара предоставляется российским и иностранным потребителям на безвозмездной основе и без ограничений.

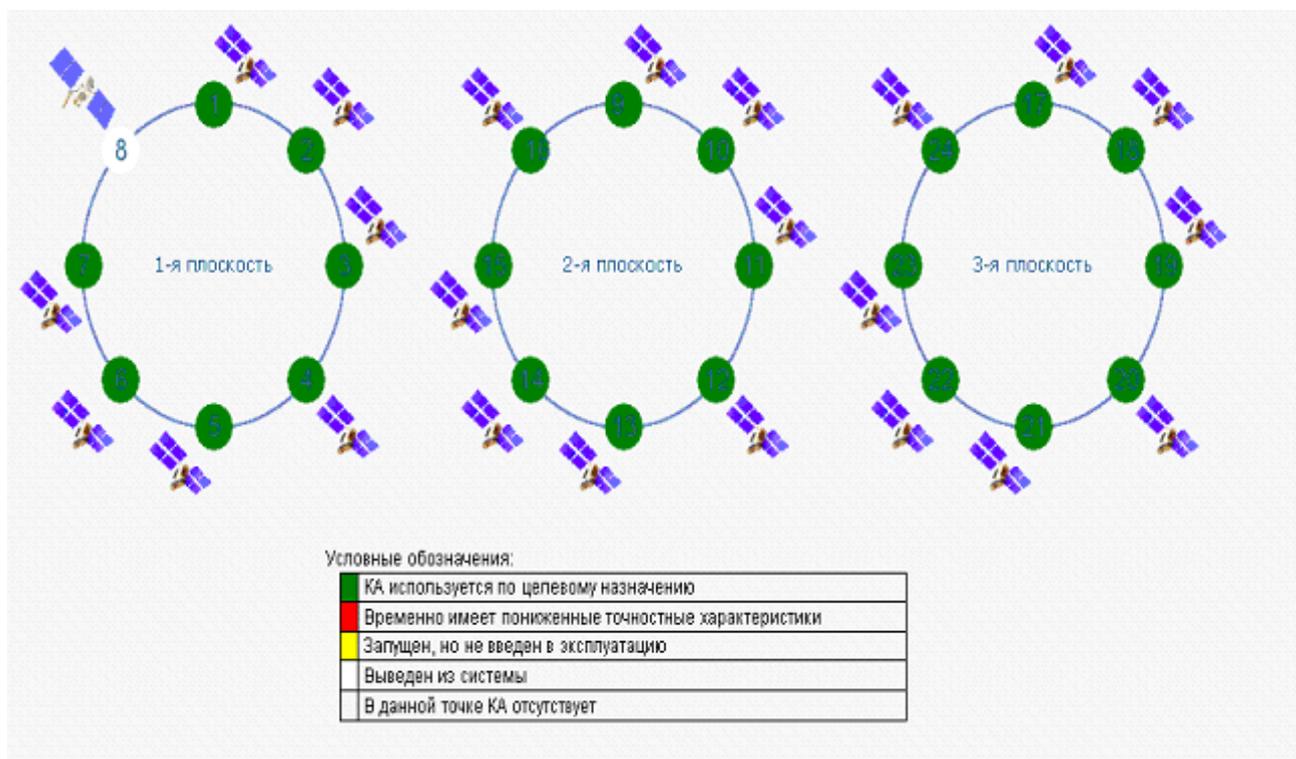


Рисунок 11. Модель орбитальной группировки (ОГ) в системе ГЛОНАСС в виде трех орбитальных колец при взгляде на ОГ со стороны Северного полюса мира.

Исторически ГЛОНАСС и GPS стартовали почти одновременно – разница в развертывании полной группировки 24 спутника была 2 года – но потом пути систем разошлись. GPS развивался планомерно и равномерно, а ГЛОНАСС вместе со всей страной пережил системный кризис начала 90-х.

Начиная с 2000 года, начались работы по восстановлению ГЛОНАСС, и сейчас они дают ощутимые плоды.

24 сентября 1993 года ГЛОНАСС была официально принята в эксплуатацию. В 1995 году её спутниковая группировка составила 24 аппарата. Впоследствии, из-за недостаточного финансирования, число работающих спутников сократилось.

В августе 2001 года была принята федеральная целевая программа «Глобальная навигационная система», согласно которой полное покрытие территории России планировалось уже в начале 2008 года, а глобальных масштабов система достигла бы к началу 2010 года. Для решения данной задачи на орбиту выведены дополнительные спутники.

По данным источника по состоянию на апрель 2012 года в составе орбитальной группировки системы ГЛОНАСС насчитывается 30 космических аппаратов. 24 из них используются по целевому назначению (полностью укомплектованная орбитальная группировка), 3 – находятся в резерве, 1 – на исследовании, 1 – на испытании, 1 – в процессе ввода.

Рассмотрим историю развития ГЛОНАСС более подробно.

Космические навигационные системы I поколения.

Впервые предложение по использованию спутников для навигации было сделано проф. В.С. Шибшаевичем в 1957 г. Эта возможность была открыта им при исследовании приложений радиоастрономических методов в самолетовождении. После этого в целом ряде советских институтов были проведены исследования, посвященные вопросам повышения точности навигационных определений, обеспечения глобальности, круглосуточного применения и независимости от погодных условий. Данные исследования были использованы в 1963 г. при опытно-конструкторских работах над первой отечественной низкоорбитальной системой «Цикада». В 1967 г. был выведен на орбиту первый навигационный отечественный спутник «Космос-192». Навигационный спутник обеспечивал непрерывное излучение

радионавигационного сигнала на частотах 150 и 400 МГц в течение всего времени активного существования.

Система «Цикада» была сдана в эксплуатацию в составе четырех спутников в 1979 г. Навигационные спутники были выведены на круговые орбиты высотой 1000 км с наклоном 83° и равномерным распределением плоскостей орбит вдоль экватора. Система "Цикада" позволяла потребителю в среднем через каждые 1,5-2 часа входить в радиокontakt с одним из спутников и определять плановые координаты своего места при продолжительности навигационного сеанса до 5-6 мин. Навигационная система «Цикада» использовала беззапросные измерения дальности от потребителя до навигационных спутников. Наряду с совершенствованием бортовых систем спутника и корабельной навигационной аппаратуры, серьезное внимание было уделено вопросам повышения точности определения и прогнозирования параметров орбит навигационных спутников.

Космические навигационные системы II поколения.

В дальнейшем спутники системы «Цикада» были дооборудованы приемной измерительной аппаратурой обнаружения терпящих бедствие объектов, которые оснащаются специальными радиобуями. Эти сигналы принимаются спутниками системы «Цикада» и ретранслируются на специальные наземные станции, где производится вычисление точных координат аварийных объектов (судов, самолетов и др.). Дооснащенные аппаратурой обнаружения терпящих бедствие спутники «Цикада» образуют систему «Коспас». Совместно с американо-франко-канадской системой «Сарсат» они образуют единую службу поиска и спасения, на счету которой уже несколько тысяч спасенных жизней. Успешная эксплуатация низкоорбитальных спутниковых навигационных систем морскими потребителями привлекла широкое внимание к спутниковой навигации.

Возникла необходимость создания универсальной навигационной системы, удовлетворяющей требованиям всех потенциальных потребителей.

Выполнить требования всех указанных классов потребителей низкоорбитальные системы в силу принципов, заложенных в основу их построения, не могли. Перспективная навигационная спутниковая система второго поколения должна была обеспечить потребителю в любой момент времени возможность определять три пространственные координаты, вектор скорости и точное время. Была выбрана структура спутниковой системы: высота орбиты навигационных спутников составила 20 тыс. км, их количество в системе должно составлять 24. Были решены две проблемы создания высокоорбитальной навигационной системы. Первая проблема - взаимная синхронизация спутниковых шкал времени с точностью до миллиардных долей секунды (наносекунд). Эта проблема была решена с помощью установки на спутниках высокостабильных бортовых цезиевых стандартов частоты с относительной нестабильностью 10^{-13} и наземного водородного стандарта с относительной нестабильностью 10^{-14} , а также создания наземных средств сличения шкал с погрешностью 3...5 нс. Второй проблемой является высокоточное определение и прогнозирование параметров орбит навигационных спутников. Данная проблема была решена с помощью проведения работ по учету факторов второго порядка малости, таких как световое давление, неравномерность вращения Земли и движение ее полюсов и т.п.

Космические навигационные системы III поколения.

Летные испытания высокоорбитальной отечественной навигационной системы, получившей название ГЛОНАСС, были начаты в октябре 1982 г. запуском спутника «Космос-1413». Система ГЛОНАСС была принята в опытную эксплуатацию в 1993 г. В 1995 г. развернута орбитальная группировка полного состава (24 спутника) и начата штатная эксплуатация. Система позволяет обеспечить непрерывную глобальную навигацию всех

типов потребителей с различным уровнем требований к качеству навигационного обеспечения.

Сокращение финансирования космической отрасли в 1990-х гг. привело к деградации орбитальной группировки ГЛОНАСС, снижению ее выходного эффекта. В целях сохранения и развития системы Президентом и Правительством РФ утвержден ряд директивных документов, основным из которых является федеральная целевая программа «Глобальная навигационная система». Она предусматривает создание глобального навигационного поля для определения координат объектов с высокой степенью точности и достоверности, внедрение спутниковых навигационных технологий в информационные контуры управления движением, повышение уровня безопасности в дорожно-транспортном комплексе страны, значительное снижение эксплуатационных расходов, отказ в перспективе от использования традиционных наземных навигационных радиотехнических средств.

Долговременная программа развития космической навигационной системы реализуется по следующим укрупненным этапам:

Этап 1 (до 2003 г.). Поддержание космической навигационной системы ГЛОНАСС на минимально допустимом уровне запусками космических аппаратов (КА) «Глонасс», модернизация контура информационного обмена наземного комплекса управления, расширенное оснащение потребителей аппаратурой, работающей по сигналам двух систем: ГЛОНАСС и GPS. Разработка и создание КА «Глонасс-М».

Этап 2 (до 2005 г.). Развертывание рабочей орбитальной группировки до 18 единиц на базе КА «Глонасс-М» массой 1415 кг и сроком активного существования 7 лет, что значительно больше, чем у спутников предыдущей серии. Переход в новый частотный диапазон навигационного сигнала. Отработка технологии эфемеридно-временного обеспечения с использованием межспутниковых измерений. Расширение номенклатуры и

количества потребителей, работающих по сигналам КНС ГЛОНАСС и GPS. Разработка и создание маломассогабаритного КА «Глонасс К».

Этап 3 (до 2010 г.). Развертывание штатной орбитальной группировки на базе маломассогабаритного, более совершенного, негерметичного спутника «Глонасс-К» со существенно большим сроком активного существования до 10 лет, меньшей массой, около 700 кг, что в два раза меньше, чем у «Глонасс-М». Расширение использования межспутниковой радиолинии для решения задач автономного эфемеридно-временного обеспечения, оперативного управления и контроля КА, обеспечения целостности. Создание наземной сети станций мониторинга КНС ГЛОНАСС и функциональных дополнений. Оснащение парка потребителей НАП, работающей по сигналам ГЛОНАСС, GPS, Galileo.

Навигационные спутники этой серии выводятся на орбиту либо одиночными запусками ракетой-носителем «Союз-2» с разгонным блоком «Фрегат», либо по шесть аппаратов в одном пакете - ракетой-носителем «Протон» с разгонным блоком «Бриз-М». Кроме того, их выведение на орбиту возможно с помощью индийского носителя GSLV.

Аппараты «Глонасс-К» создаются на базе более прогрессивной негерметичной платформы, что, по словам специалистов, предъявляет повышенные требования к аппаратуре и элементной базе, которой предстоит работать в условиях открытого космоса. Возможно, какие-то из используемых элементов будут зарубежными, но поскольку навигационная система российская, она должна в основном работать на наших элементах, на наших приборах.

ГЛОНАСС – система сегодняшнего дня, которая успешно работает и активно используется для мониторинга и управления транспортом. Кстати, опытный факт: в условиях плотной городской застройки устойчивость работы совмещенного ГЛОНАСС/GPS-приемника намного выше, чем просто GPS или просто ГЛОНАСС.

На сегодняшний день разрабатывается технологическая возможность установки навигационного модуля ГЛОНАСС в мобильные телефоны. Телефоны, имеющие GPS-навигаторы, уже существуют и широко используются во всем мире, в том числе и в России. На рынке навигационной аппаратуры уже существует целый ряд приемников GPS/ГЛОНАСС - навигации, они производятся специально для России и имеют самое различное назначение.

Эксперты считают, что главные задачи в нынешний период восстановления и развития ГЛОНАСС это:

- повысить надежность и увеличить сроки постоянного функционирования космических аппаратов «Глонасс» до 20 лет;
- развивать орбитальную группировку до 6 плоскостей с 48 спутниками с целью обеспечения высокоточного позиционирования в условиях закрытой местности (такая программа уже принята США);
- обеспечить радиоэлектронную безопасность и независимость системы.

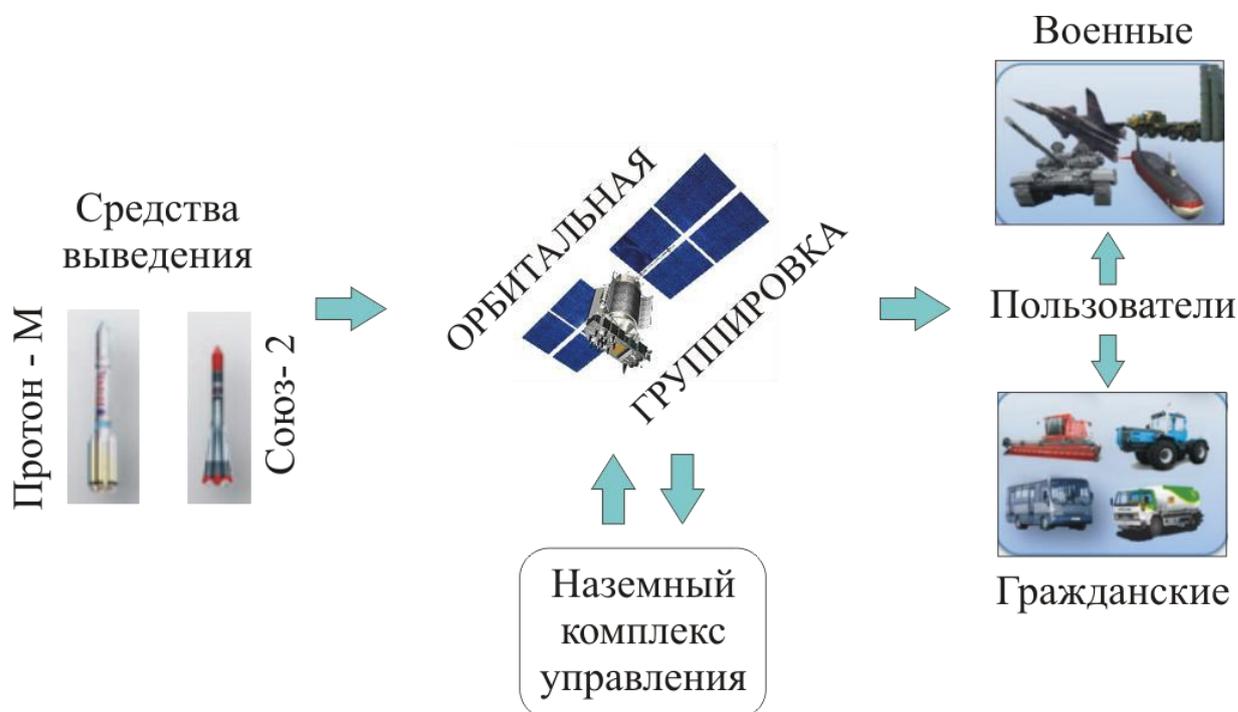


Рисунок 12. Архитектура системы ГЛОНАСС.

ГЛОНАСС представляет собой систему, которая может одинаково успешно применяться как для целей Министерства обороны, так и для гражданских целей. При этом основным заказчиком системы мониторинга ГЛОНАСС было именно Министерство обороны, которое с самого начала и до конца контролировало ход разработки оборудования. Министерство обороны Российской Федерации – головной заказчик системы, обеспечивающий контроль разработки и ее дальнейшее совершенствование, а также развертывание, поддержание и управление орбитальной группировкой ГЛОНАСС. Система спутникового мониторинга ГЛОНАСС (Глобальная Навигационная Спутниковая Система) – российская спутниковая система навигации, представляет собой результат труда огромного количества отечественных ученых и конструкторов. Разработчиками системы являются:

- Научно-производственное объединение прикладной механики имени академика М.Ф. Решетнева (НПО ПМ) – головной разработчик системы, спутника ГЛОНАСС, автоматизированной системы управления спутниками и ее математического обеспечения;

- Российский научно-исследовательский институт космического приборостроения (РНИИ КП) – головной разработчик наземного комплекса управления и бортовой аппаратуры спутника ГЛОНАСС;

- Российский институт радионавигации и времени (РИРВ) – головной разработчик спутниковой и наземной аппаратуры системы синхронизации и времени;

- Производственное объединение «Полет» (ПО «Полет») - разработчик и изготовитель спутника ГЛОНАСС.

ГЛОНАСС является приоритетной из всех космических программ, потому что без нее через несколько лет Россия останется беззащитной. Без ГЛОНАСС ответ на американскую ПРО и прочие потенциальные угрозы в принципе невозможен.

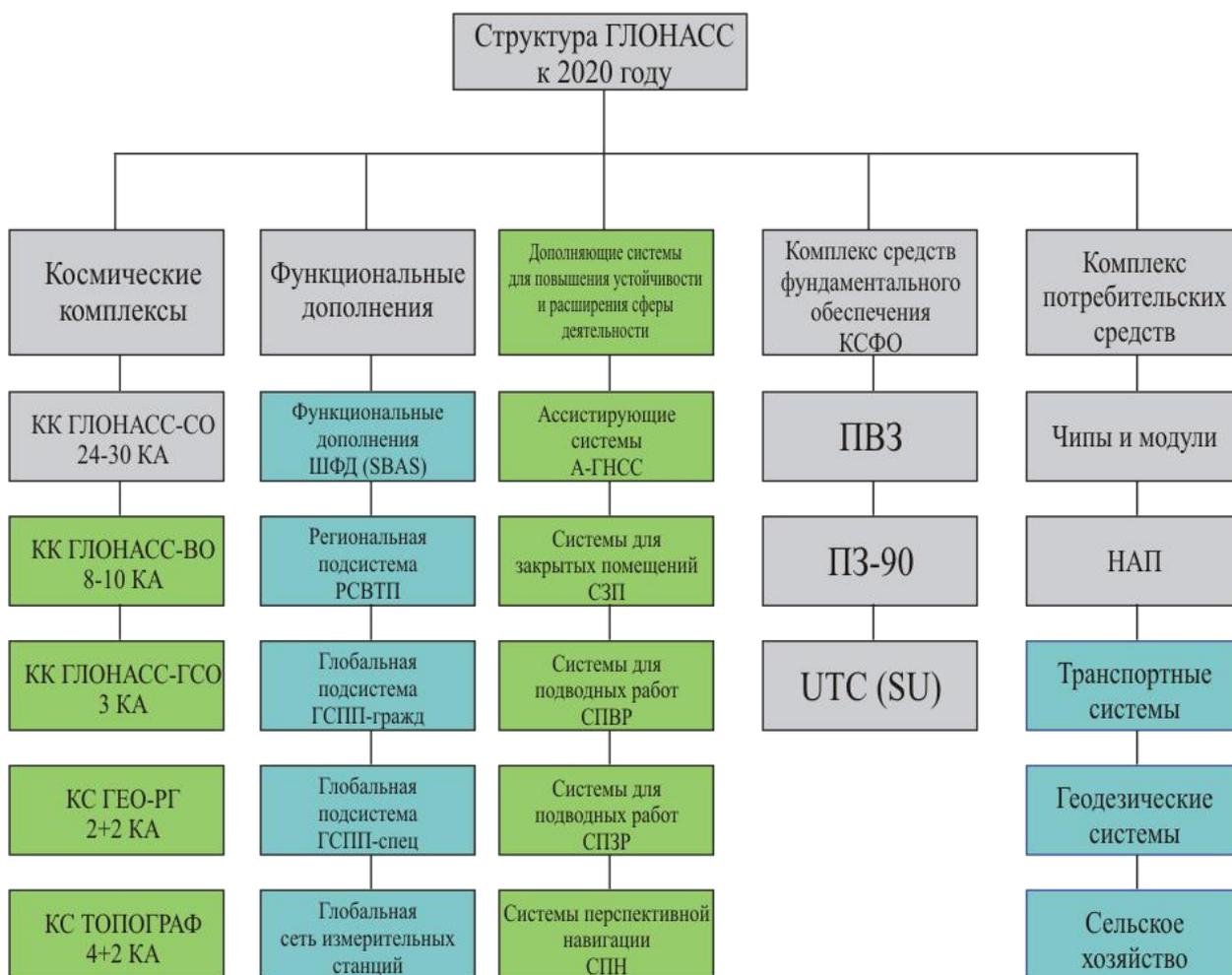


Рисунок 13. Развитие структуры ГЛОНАСС до 2020 г.

В любом случае, на сегодняшний день спутниковый мониторинг транспорта ГЛОНАСС пользуется достаточно высоким спросом у владельцев автомобилей, которые все чаще снимают со своего транспорта GPS-навигаторы, заменяя их на разработку отечественных ученых.

Одним из основных принципов развития системы является отсутствие прямой платы за пользование услугами ГЛОНАСС. Кроме этого, развитию системы способствует направленность на международное сотрудничество в области совместимости и взаимодополняемости систем, и, как следствие – использование ГЛОНАСС в комбинации с другими ГНСС, наземными радионавигационными системами и прочими средствами навигации для повышения точности и надежности навигационных определений.

В конце 2020 года, если реализуются планы по развитию европейской системы «Галилео» и китайской «Компас», на орбите будет больше спутников, которые будут работать в различных навигационных системах. Если сейчас, например, четырехсистемный приемник стал бы некоторой технической проблемой (он бы потреблял намного большую мощность, чем только GPS решение), то после смены еще 3-4 поколений электроники (к 2020 г.) эти вопросы будут решены. Если у нас будет три, четыре системы, то качество навигации станет еще выше.

Правительством Российской Федерации подписан ряд соглашений о сотрудничестве в области использования и развития российской глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС с Кабинетом министров Украины, Правительством Индии, Казахстана и других государств. Международная кооперация по ГЛОНАСС развивается на взаимовыгодных условиях. Россия, по словам главы Роскосмоса, в соответствии с подписанными соглашениями уже предоставляет коммерческие сигналы для иностранных потребителей. Соглашения уже подписаны с Индией, Казахстаном, Бразилией и Никарагуа. Готовится подписание соглашений с Белоруссией. В будущем система ГЛОНАСС может быть использована в качестве геополитического инструмента: к системе в будущем вполне можно будет присоединить Казахстан, КНР, Индию (которая уже допущена к развитию системы), Бразилию. Правительства этих стран прекрасно понимают: зависимость связи любого государства от одной системы GPS может оказаться фатальной.

Оперативный и апостериорный мониторинг систем GPS и ГЛОНАСС также осуществляет Российская система дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ).

По состоянию на ноябрь-месяц 2012 года интегральная доступность глобально и интегральная доступность по России составляли 100%.

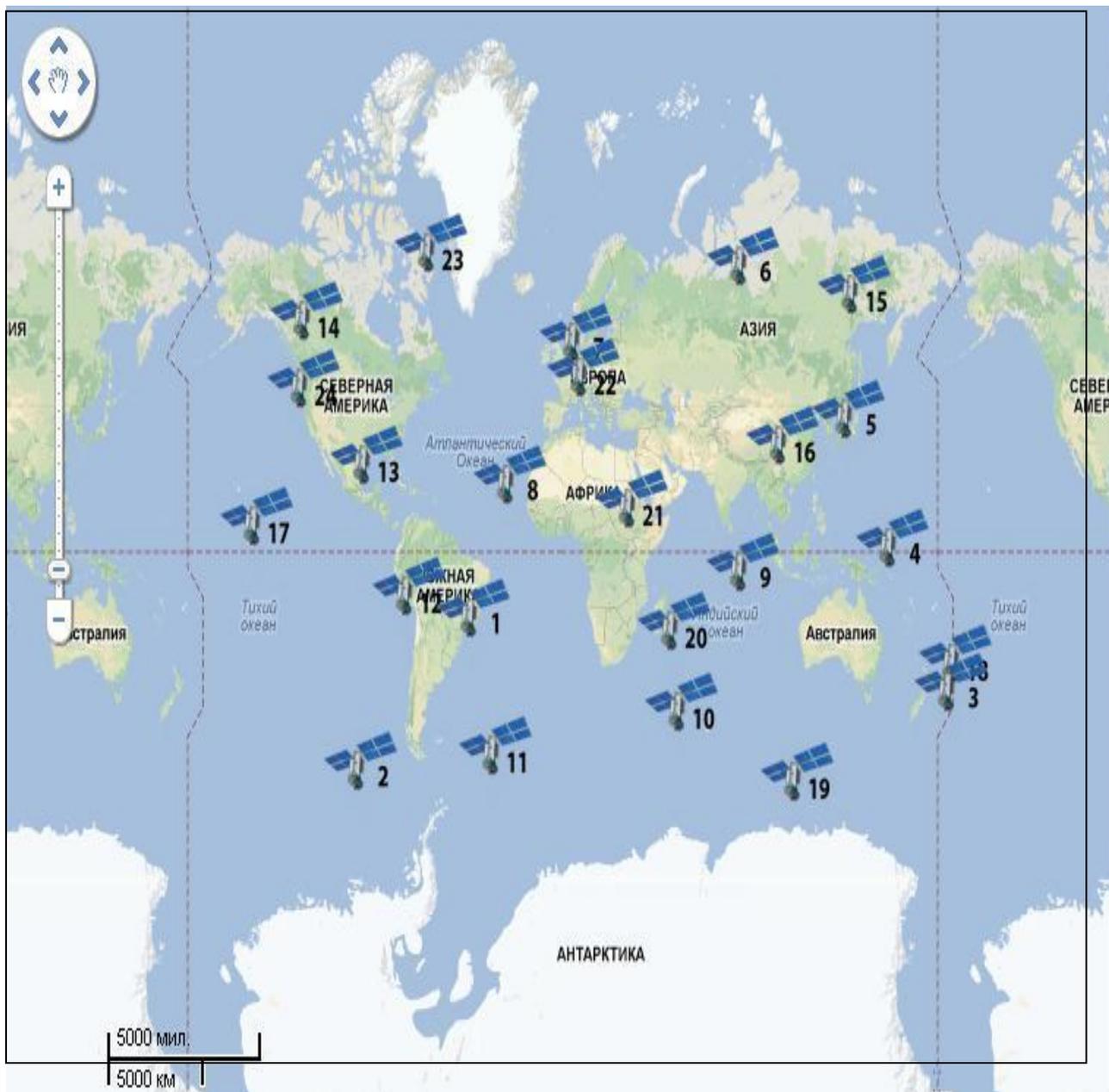


Рисунок 14. Текущее положение КА ГЛОНАСС на 19:03 (UTC+3) 10.11.2012 г.

Состояние космической группировки и важнейшие параметры работы системы, такие как: текущее положение космических аппаратов, зоны видимости, интегральная и мгновенная доступность и др. в любой момент времени можно проверить на сайте Информационно-аналитического центра координатно-временного и навигационного обеспечения ЦНИИмаш Федерального космического агентства: <http://www.glonass-ianc.rsa.ru>.

3.5. ЕВРОПЕЙСКИЙ ПРОЕКТ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ GALILEO.

Программа GALILEO создается по инициативе Европейского Совета (ЕС) и Европейского Космического Агентства (ESA) с целью обеспечения Европы собственной независимой глобальной навигационной системой и создания конкуренции, в первую очередь с GPS и ГЛОНАСС.



Рисунок 15. Эмблема проекта GALILEO.

Ожидается, что «Галилео» войдёт в строй в 2014-2016 годах, когда на орбиту будут выведены все 30 запланированных спутников (27 операционных и 3 резервных). Космический сегмент будет обслуживаться наземной инфраструктурой, включающей в себя три центра управления и глобальную сеть передающих и принимающих станций.

Проект реализуется в четыре этапа. К настоящему времени первые два этапа: планирования и определения задач системы и запуски опытных спутников GIOVE-A и GIOVE-B полностью реализованы. К завершению подходит третий этап проекта, заключающийся в парных запусках четырех спутников Galileo IOV системы с целью создания мини-созвездия GALILEO. Запуски производятся в основном с помощью Российских ракетносителей

«Союз». Четвёртый этап проекта будет запущен предположительно с 2014 года, стоимость – 220 млн. Евро в год.

Возможно, лицензия на эксплуатацию будет передана частным компаниям.

К 2015 году на орбиту будут выведены еще 14 спутников, остальные – к 2020 году. После завершения развертывания группировки, спутники обеспечат в любой точке планеты, включая Северный и Южный полюса, 90%-ную вероятность одновременного приема сигнала от четырех спутников. В большинстве мест на планете одновременно в зоне прямой видимости будут находиться шесть спутников Galileo, что позволит определить местоположение с точностью до одного метра.

Полная орбитальная группировка будет насчитывать 30 спутников в трех орбитальных плоскостях и круговых орбитах высотой 23616 км от Земли и наклоном орбиты 56°. В каждой из плоскостей будут находиться 9 рабочих и 1 резервный спутник. Каждый спутник будет иметь вес 700 кг, мощность 1600 Вт, размеры 2.7 x 1.1 x 1.2 м и ширину при развернутых солнечных батареях 13 м.

GALILEO будет передавать 10 сигналов различного назначения, что позволит обеспечить следующие виды услуг:

- открытая служба (Open Service; OS) - доступные всем услуги по определению местоположения с точностью лучше, чем 9 м для массового потребителя;
- коммерческая служба (Commercial Service; CS) - коммерческие услуги по определению местоположения с точностью до 10 см;
- услуги для служб спасения для всех видов транспорта;
- услуги для государственных служб (Public Regulated Service, PRS), таких как полиция, пожарные, скорая помощь, для военных целей и для других служб жизнеобеспечения;

- услуги по поиску и спасению (Search and Rescue, SAR) в дополнении к спутниковой системе COSPAS-SARSAT. Преимуществом системы является более уверенный приём сигнала бедствия вследствие большей близости к земле и геостационарного положения спутников.

Европейская система предназначена для решения навигационных задач для любых подвижных объектов с точностью менее одного метра. Ныне существующие GPS-приёмники не смогут принимать и обрабатывать сигналы со спутников «Галилео», хотя достигнута договорённость о совместимости и взаимодополнению с системой NAVSTAR GPS третьего поколения. Так как финансирование проекта будет осуществляться в том числе за счёт продажи лицензий производителям приёмников, следует так же ожидать, что цена на последние будет несколько выше сегодняшних. Помимо стран Европейского сообщества достигнуты договорённости на участие в проекте с государствами Китай, Израиль, Южная Корея, Украина и Россия. Кроме того, ведутся переговоры с представителями Аргентины, Австралии, Бразилии, Чили, Индии, Малайзии.

Важно отметить, что GALILEO не контролируется ни государственными, ни военными учреждениями, в отличие от американской GPS и российской ГЛОНАСС, однако, в 2008 году парламент ЕС принял резолюцию «Значение космоса для безопасности Европы», согласно которой допускается использование спутниковых сигналов для военных операций, проводимых в рамках европейской политики безопасности.

Оба спутника GIOVE предназначены для проведения испытаний аппаратуры и исследования характеристик сигналов. Для систематического сбора данных измерений усилиями ESA была создана всемирная сеть наземных станций слежения оборудованных приемниками, разработанными в компании Septentrio.

3.6. ИНДИЙСКАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА НАВИГАЦИИ IRNSS.

Правительство Индии одобрило 9 мая 2006 года проект развертывания Индийской спутниковой региональной системы навигации (IRNSS) с бюджетом 14,2 миллиарда рупий в течение следующих 6-7 лет.



Рисунок 16. Эмблема IRNSS.

Спутниковая группировка IRNSS будет состоять из семи спутников на геосинхронных орбитах. Четыре спутника из семи будут размещены на орбите с наклоном в 29° по отношению к экваториальной плоскости. Все семь спутников будут иметь непрерывную радиовидимость с управляющими станциями.

Планируется, начиная с 2013 г. производить запуски спутников с периодичностью в шесть месяцев, т.о. окончательно система должна быть введена в эксплуатацию к 2014-2015 году.

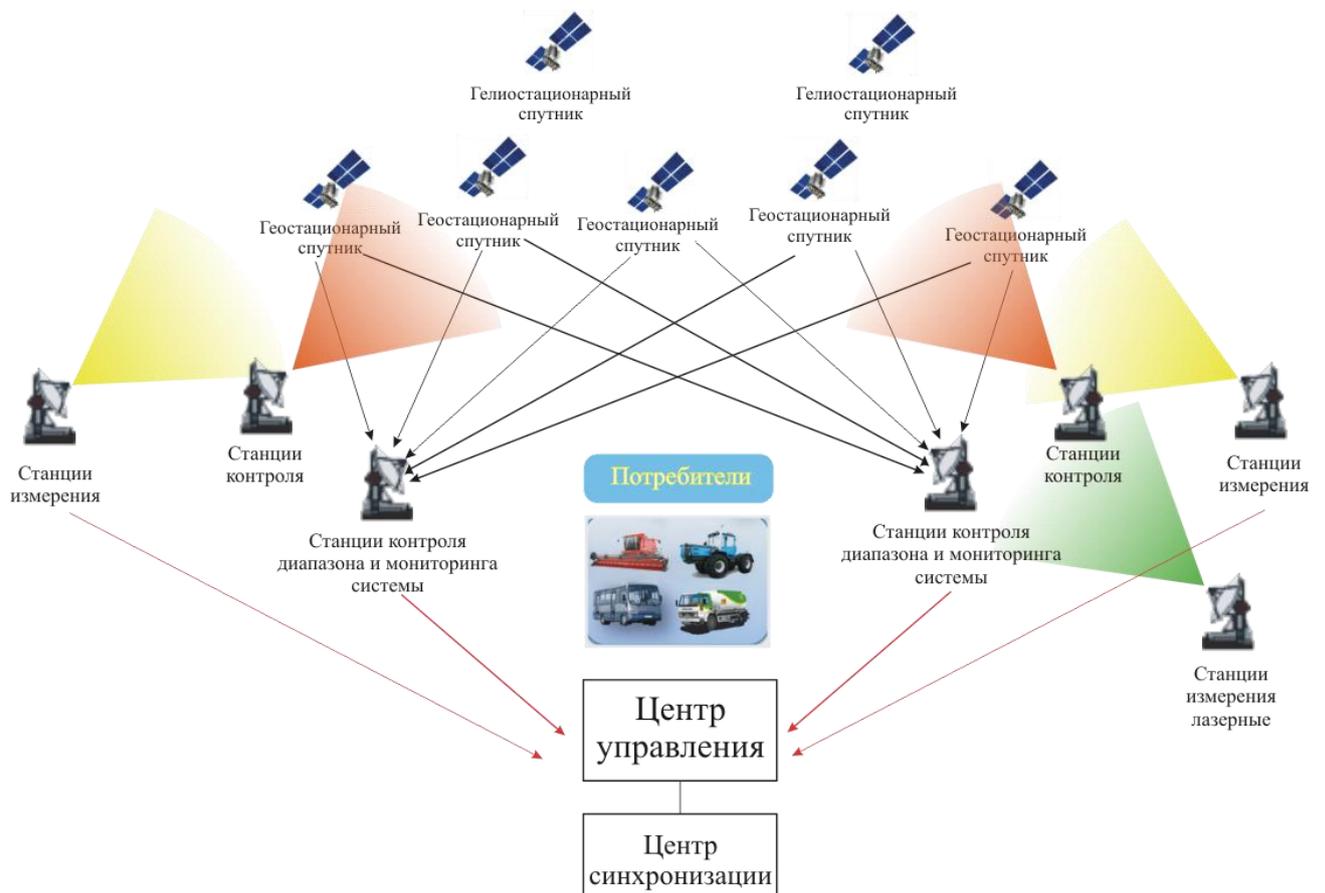


Рисунок 17. Архитектура спутниковой системы навигации IRNSS.

Спутники IRNSS предположительно будут использовать платформу, подобную той, которая используется на метеорологическом спутнике «Kalpana-1» с массой 1330 кг и мощностью солнечных батарей 1400 Вт. Полезная нагрузка будет включать два твердотельных усилителя в 40 Вт. Земной сегмент IRNSS будет иметь станцию мониторинга, станцию резервирования, станцию контроля и управления бортовыми системами. Государственная компания ISRO является ответственной за развертывание IRNSS, которая будет находиться целиком под контролем Индийского правительства. Навигационные приемники, которые будут принимать сигналы IRNSS, так же будут разрабатываться и выпускаться индийскими компаниями. Параллельно ведется работа над созданием Индийской

спутниковой системы дифференциальной коррекции GAGAN (англ. GPS Aided Geo Augmented Navigation).

3.7. КИТАЙСКАЯ СПУТНИКОВАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА «BEIDOU 2» (COMPASS).

Китайская спутниковая система навигации «BeiDou» (北斗 běidǒu, буквально «Северный Ковш» – китайское название созвездия Большой Медведицы) – многоэтапный проект, осуществляемый китайским национальным космическим управлением (CNSA), направленный на создание китайской глобальной навигационной системы, которая должна стать конкурентом американской системе NAVSTAR GPS, европейской Galileo и российской ГЛОНАСС.



Рисунок 18. Эмблемы проекта «BEIDOU 2» и китайского национального космического управления.

Проект реализуется в три этапа:

- 2000-2003 г.г.: Экспериментальная система «БэйДоу» первого поколения, состоящая из трёх спутников типа «BeiDou-1».

- 2012 год: Региональная спутниковая система для покрытия территории Китая и прилегающих территорий «BeiDou-2», включающая 13 спутников, расположенных на геостационарной орбите. В настоящий момент

система готова предложить свои услуги потребителям в Азиатско-тихоокеанском регионе.

- к 2020 году: Глобальная навигационная система Compass («BeiDou-2»). Орбитальная группировка, состоящая из 35 спутников (30 основных и пяти резервных) для покрытия всего земного шара.

Китай начал разрабатывать собственные навигационные системы еще с 1960-х годов. Однако этот процесс продвигался достаточно медленно из-за недостатка финансирования и технических сложностей. В 1980-х годах развивалась система «Twin-Star» (буквально «Двойная звезда»). Запуск двух спутников в 1989 году показал, что точность этой навигационной системы сопоставима с точностью системы GPS. Китайское правительство официально утвердило программу развития национальной спутниковой системы в 1993 году.

Система Compass («BeiDou-2») может помочь клиентам узнать их местоположение в любое время и в любом месте с точными координатами широты, долготы и показателями высоты, и будет обеспечивать более безопасную локализацию, скорость и временные коммуникации для авторизованных пользователей.

Кроме развития собственных спутниковых систем Китай заключил договор с Евросоюзом (в 2003 году) и обязался инвестировать около 230 миллионов Евро в проект Галилео.

Отметим, что ввод в строй системы «Бэйдоу» вызывает мало оптимизма у трех других владельцев систем навигации, в том числе и России, так как с одной стороны это некоторый удар по национальному престижу страны, а с другой - работающая глобальная спутниковая группировка, покрывающая весь земной шар, представляет собой угрозу национальной безопасности той или иной страны. Именно последний момент сейчас беспокоит больше других давнего политического и экономического оппонента Китая – Японию, которая открыто выразила свою озабоченность в

связи с развертыванием Бэйдоу, а позже заявила о планах по развертыванию собственной локальной группировки Квази-Зенит, спутники которой будут расположены на высокоэллиптической орбите над азиатско-тихоокеанским регионом.

3.8. ЯПОНСКАЯ СИСТЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ (QZSS).

«**Quasi-Zenith Satellite System**» (QZSS, «Квази-зенитная спутниковая система») — спутниковая региональная системы синхронизации времени и одна из систем дифференциальной коррекции для системы GPS, сигналы которой будут доступны на территории Японии.

С точки зрения пользователей QZSS предстает как система дифференциальной коррекции, а не как навигационная система. QZSS предназначена для расширения возможностей системы GPS на территории Японии, в частности – для повышения точности позиционирования в условиях городской застройки и в горных районах.



Рисунок 19. Эмблемы «Quasi-Zenith Satellite System» и Японского космического агентства.

Первый спутник «Quasi-Zenith Satellite» (QZS-1) прозванный «Michibiki» (от яп. «выбор пути») был запущен Японским космическим агентством (JAXA) 11 сентября 2010 года. Полное развертывание системы предполагается к 2013г. QZSS предназначена для мобильных приложений, для предоставления услуг связи (видео, аудио и другие данные) и глобального позиционирования.

Спутники будут работать на высокой эллиптической орбите точно над территорией Японии. Такие орбиты позволяют спутнику держаться более 12 часов в день практически в зените (под углом в 70 градусов). Этим и объясняется термин «quasi-zenith» («квази-зенит»), то есть «кажущийся находящимся в зените», который и дал название системе. QZSS позволит улучшить работу системы GPS двумя способами: во-первых, повышением доступности GPS-сигналов, во-вторых, повышением точности и надежности работы навигационных систем, работающих с GPS.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте понятие спутниковой навигационной системы.
2. Перечислите и опишите основные элементы спутниковой системы навигации.
3. Назовите и приведите характеристику современных спутниковых навигационных систем.
4. В чем отличие глобальных навигационных систем от региональных?
5. Чем отличается навигационная система от системы дифференциальной коррекции и мониторинга?
6. Каковы области применения ГИС в агропромышленном комплексе в зависимости от перечисленных систем?

4. ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ

4.1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ЗЕМЛИ.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ), **remote sensing** - это получение информации о состоянии земной поверхности по измеренным характеристикам электромагнитного излучения, без непосредственного контакта датчиков с поверхностью Земли.

Датчики могут быть установлены на космических аппаратах, самолетах и других носителях.

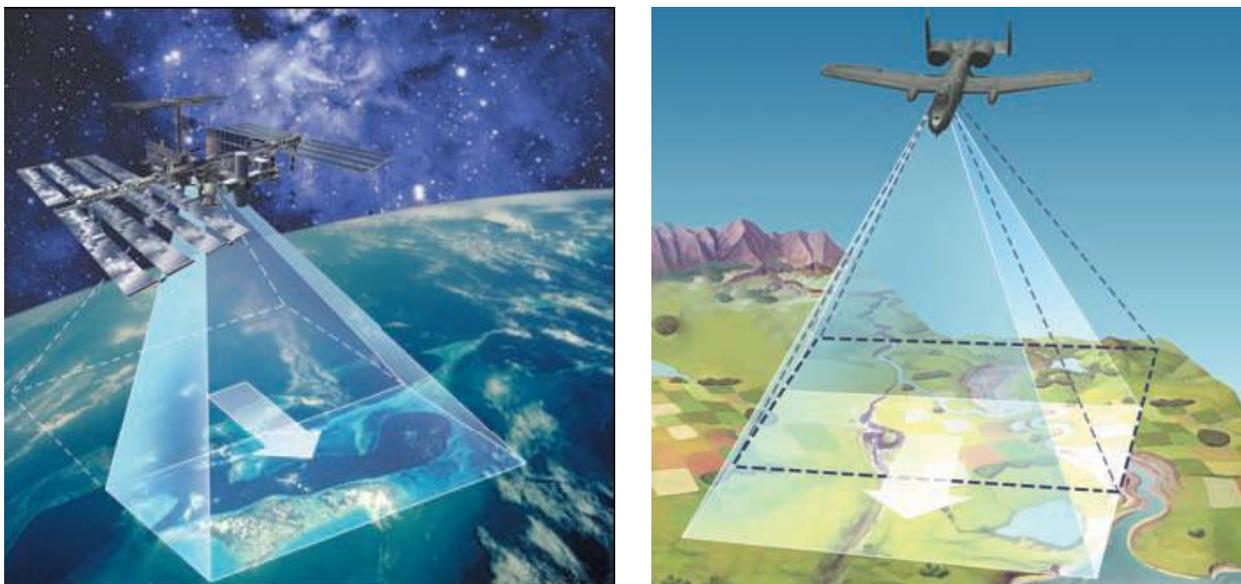


Рисунок 20. Космическая съемка и аэрофотосъемка поверхности Земли.

Диапазон измеряемых электромагнитных волн – от долей микрометра (видимое оптическое излучение) до метров (радиоволны).

Методы ДЗЗ могут быть пассивными, т.е. использовать естественное отраженное или вторичное тепловое излучение объектов на поверхности Земли и активными – использующие вынужденное излучение объектов, инициированное искусственным источником направленного действия.

Сама возможность идентификации объектов по информации ДЗЗ основывается на том, что объекты разных типов – горные породы, почвы, вода, растительность и т.д. – по-разному отражают и поглощают электромагнитное излучение в том или ином диапазоне длин волн.

Данные ДЗЗ, полученные с датчиков космического базирования, характеризуются большой степенью зависимости от прозрачности атмосферы. Поэтому на космических аппаратах устанавливаются многоканальные датчики пассивного и активного типов, регистрирующие электромагнитное излучение в спектральных диапазонах, расположенных в «окнах прозрачности» земной атмосферы.

Методика тематического анализа данных ДЗЗ заключается в определении спектральных диапазонов, чувствительных к изменениям спектральных свойств целевых объектов и выборе зависимостей, связывающих значения дистанционно измеренных яркостей с искомыми параметрами среды (состав, влажность, структура почв при мониторинге почв, типы растительности, уровни вегетации, проективное покрытие при мониторинге фитоценозов, содержание фитопланктона, минеральных взвешенных веществ, органического вещества при мониторинге водной среды и т.п.). Достоверность количественных результатов анализа определяется тем, известны или нет на момент измерений точные значения коэффициентов зависимостей между параметрами среды и спектральными характеристиками целевых объектов. Наиболее часто встречающийся способ повышения достоверности – проведение одновременно с космической съемкой тестовых измерений на репрезентативных участках.

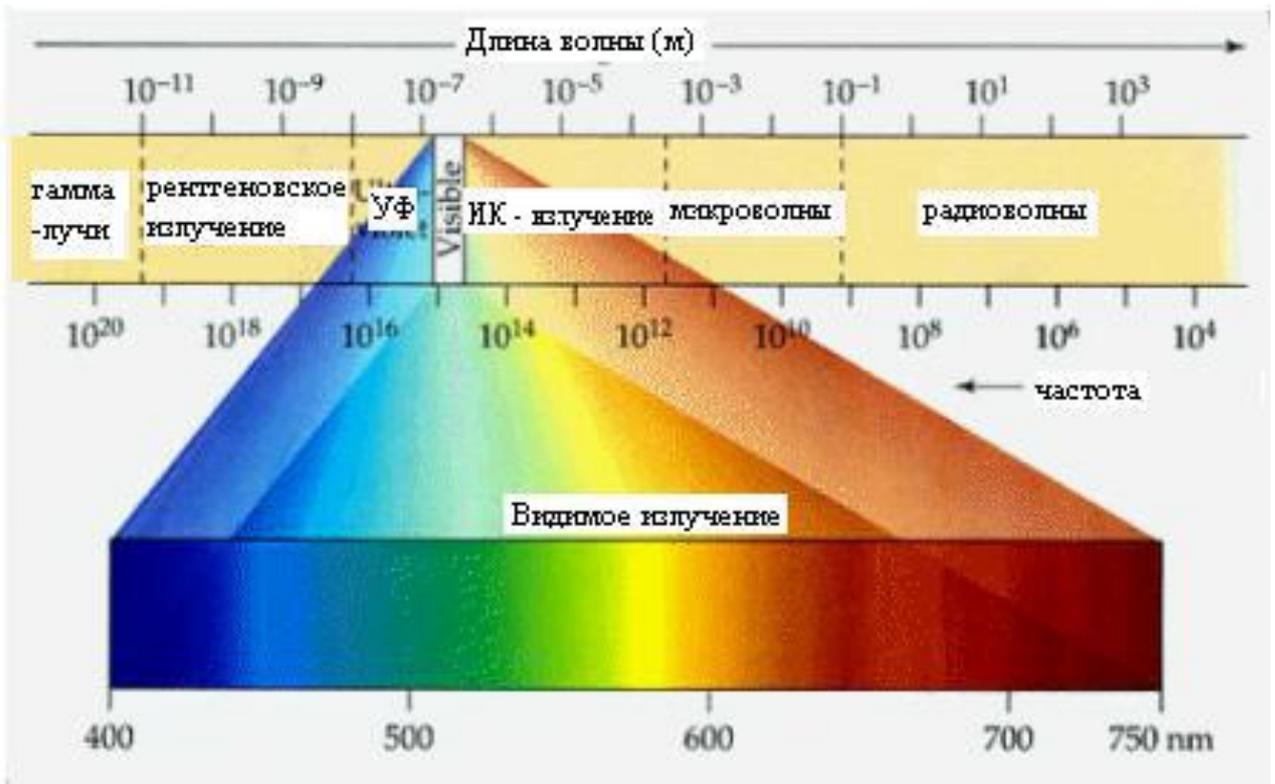


Рисунок 21. Диапазон измеряемых электромагнитных волн.

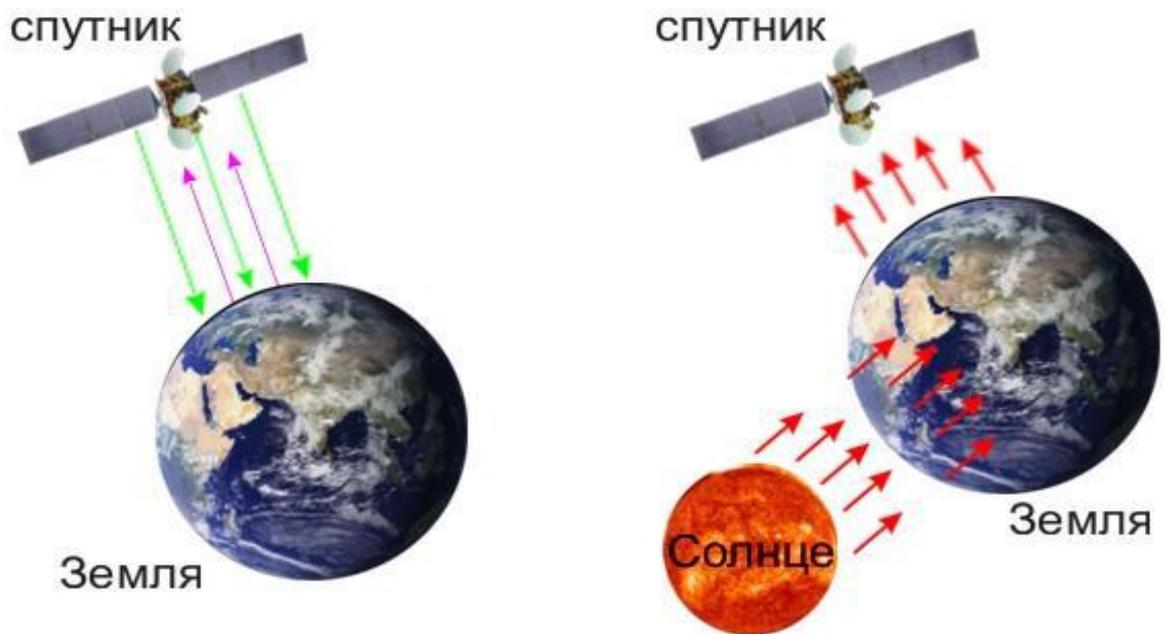


Рисунок 22. Активные (слева) и пассивные (справа) методы ДЗЗ.



Рисунок 23. Снимок Рязанской области из космоса, произведенный Российским метеорологическим космическим аппаратом «Метеор М».

Сцена – это то, что находится перед датчиком; построение геологической модели сцены является в самом общем виде той целью, ради которой создается система. Изучение сцены на расстоянии возможно благодаря тому, что она обнаруживает себя в физических полях, которые могут быть измерены. Наиболее часто используются излученные или отраженные электромагнитные волны, в последнем случае необходим источник освещения, пассивный (например, Солнце) или активный (лазеры, радиолокаторы и др.). Физические поля измеряются датчиками, входящими в состав высотного комплекса, который кроме измерений служит для первичной обработки и передачи данных на Землю. Данные, закодированные в электромагнитном сигнале или записанные на твердотельные носители (фотопленки, магнитные ленты и пр.), доставляются в наземный комплекс, в котором происходит их прием, обработка, регистрация и хранение. После

обработки данные обычно переписываются в кадровую форму и выдаются в качестве материалов дистанционного зондирования, которые по традиции называются космическими снимками. Пользователь, опираясь на внешнюю базу знаний, а также собственный опыт, интуицию, проводит анализ и интерпретацию материалов ДЗЗ и создает геологическую модель сцены, которая и является формой регистрации решения поставленной проблемы. Достоверность модели проверяется сопоставлением, или идентификацией модели и сцены; идентификация замыкает систему и делает ее пригодной для прикладного пользования.

Современная спутниковая навигация основывается на использовании принципа беззапросных дальномерных измерений между навигационными спутниками и потребителем. Это означает, что потребителю передается в составе навигационного сигнала информация о координатах спутников. Одновременно (синхронно) производятся измерения дальностей до навигационных спутников. Способ измерений дальностей основывается на вычислении временных задержек принимаемого сигнала от спутника по сравнению с сигналом, генерируемым аппаратурой потребителя.

На рисунке 24 приведена схема определений местоположения потребителя с координатами x , y , z на основе измерений дальности до четырех навигационных спутников. Сплошными линиями показаны окружности, в центре которых расположены спутники. Радиусы окружностей соответствуют истинным дальностям, т.е. истинным расстояниям между спутниками и потребителем. Пунктирные линии – это окружности с радиусами, соответствующими измеренным дальностям, которые отличаются от истинных и поэтому называются псевдодальностями. Истинная дальность отличается от псевдодальности на величину, равную произведению скорости света на уход часов b , т.е. величину смещения часов потребителя по отношению к системному времени. На рисунке показан случай, когда уход часов потребителя больше нуля – то есть часы потребителя опережают

системное время, поэтому измеренные псевдодальности меньше истинных дальностей.

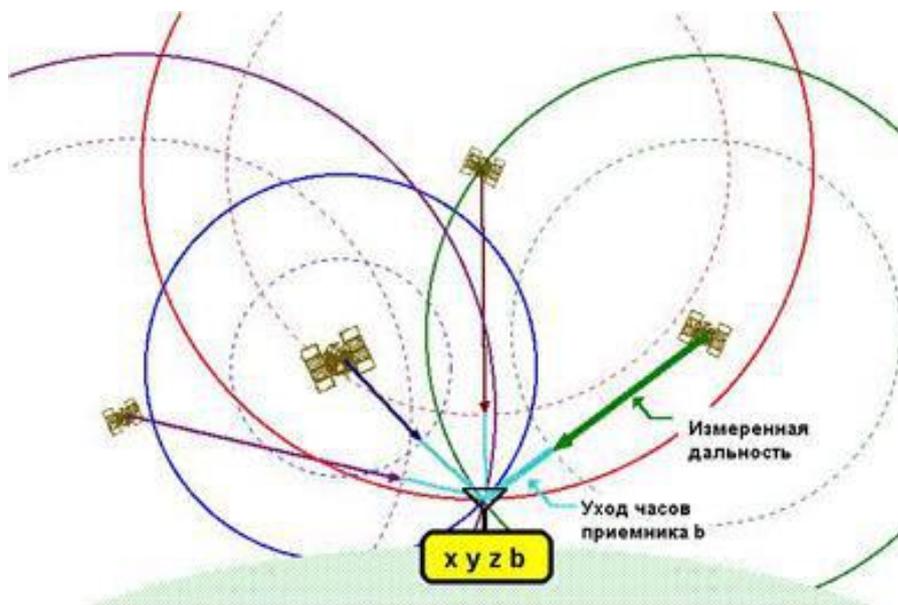


Рисунок 24. Схема определения местоположения потребителя.

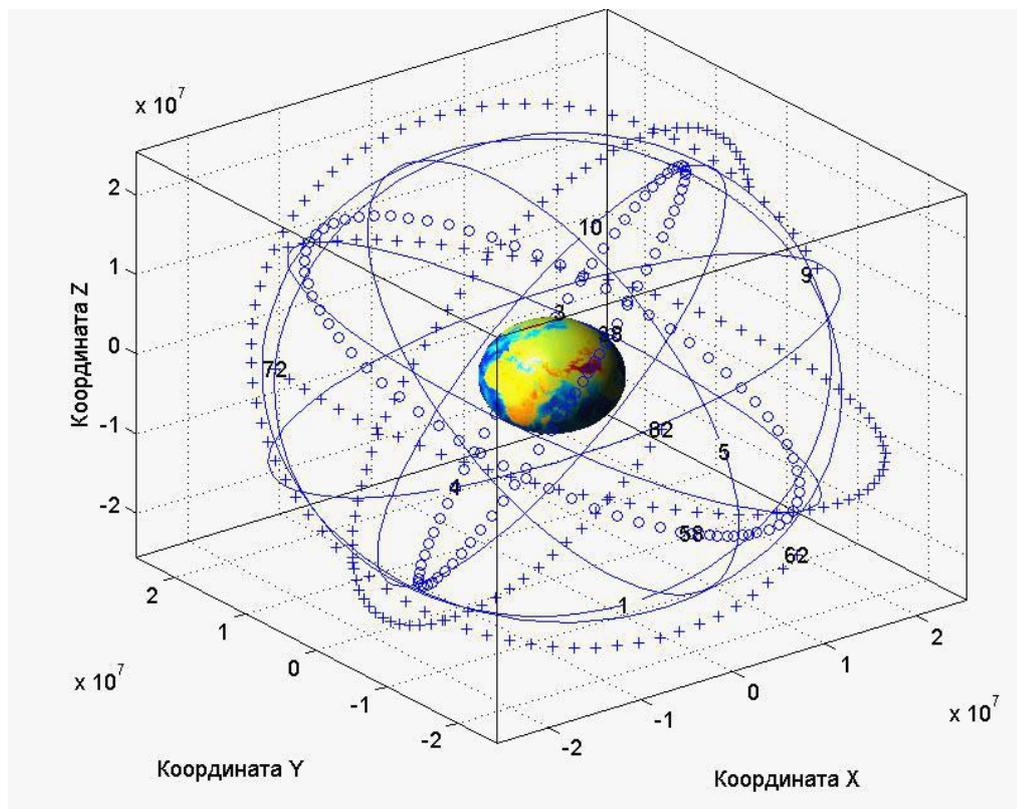


Рисунок 25. Система координат.

4.2. ТЕХНИКА ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.

4.2.1. ФОТОСЪЕМКИ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ.

Фотографическую съемку поверхности Земли с высот более 150...200 км принято называть космической съемкой (КС).

При этом отмечается высокая степень обзорности, охват одним снимком больших площадей поверхности.

В зависимости от типа применяемой аппаратуры и фотопленок, фотографирование может производиться во всем видимом диапазоне электромагнитного спектра, в отдельных его зонах, а также в ближнем ИК (инфракрасном) диапазоне.

Масштабы съемки зависят от двух важнейших параметров: высоты съемки и фокусного расстояния объектива.

Космические фотоаппараты в зависимости от наклона оптической оси позволяют получать плановые и перспективные снимки земной поверхности.

Отметим, что фотографическая съемка – в настоящее время самый информативный вид съемки из космического пространства.

Трассы полетов по высоте могут быть подразделены на три группы:

- низкоорбитальные (200...400 км) используются при полете пилотируемых космических кораблей (ПКК) и орбитальных станций;
- среднеорбитальные (500 ...1500 км) – метеорологических и ресурсных ИСЗ;
- высокоорбитальные (30 000...90 000 км) – телекоммуникационных спутников и исследовательских станций, предназначенных для исследований космического пространства.



Рисунок 26. В начале XX века немецкий аптекарь и изобретатель Ю.Г. Нойброннер (нем. Julius Gustav Neubronner) начал использовать для аэрофотосъемки почтовых голубей.

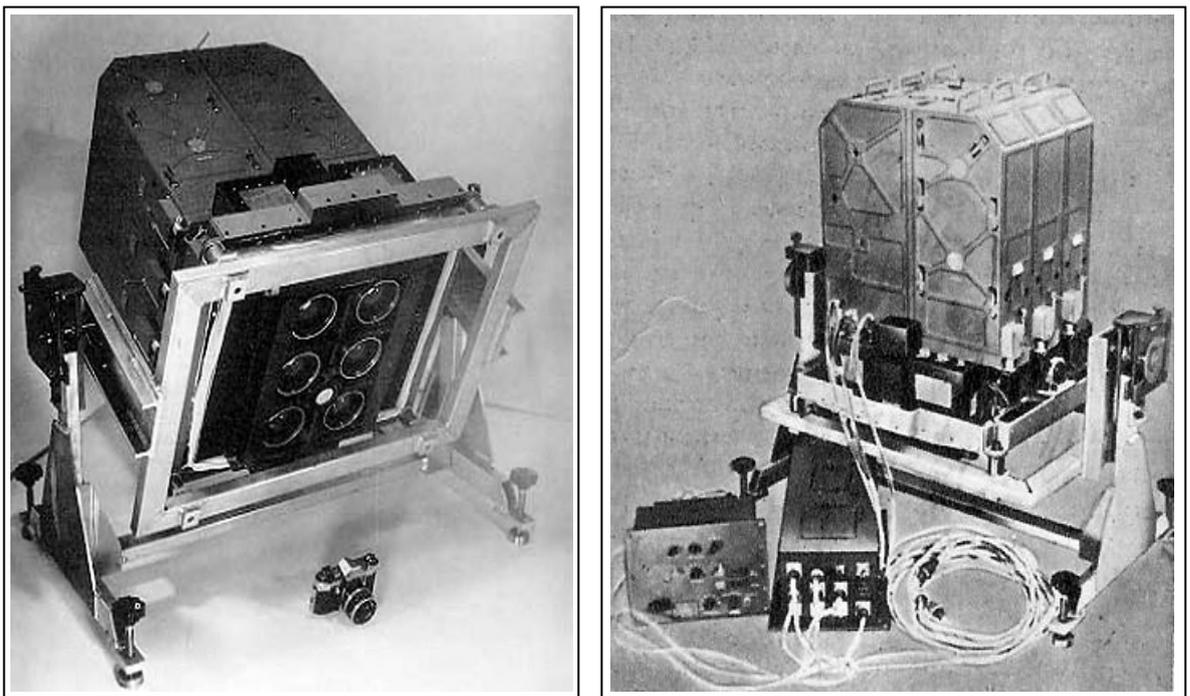


Рисунок 27. Многозональная камера «МКФ-6», предназначенная для проведения космической фотосъемки поверхности Земли.



Рисунок 28. Плановый и перспективный снимки поверхности Земли.

4.2.2. СКАНЕРНЫЕ СЪЕМКИ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ.

В настоящее время для съемок из космоса наиболее часто используются многоспектральные оптико-механические системы – сканеры. При помощи сканеров формируются изображения, состоящие из множества отдельных, последовательно получаемых элементов. Термин «сканирование» обозначает развертку изображения при помощи сканирующего элемента (качающегося или вращающегося зеркала), поэлементно просматривающего местность поперек движения носителя и посылающего лучистый поток в объектив и далее на точечный датчик, преобразующий световой сигнал в электрический.

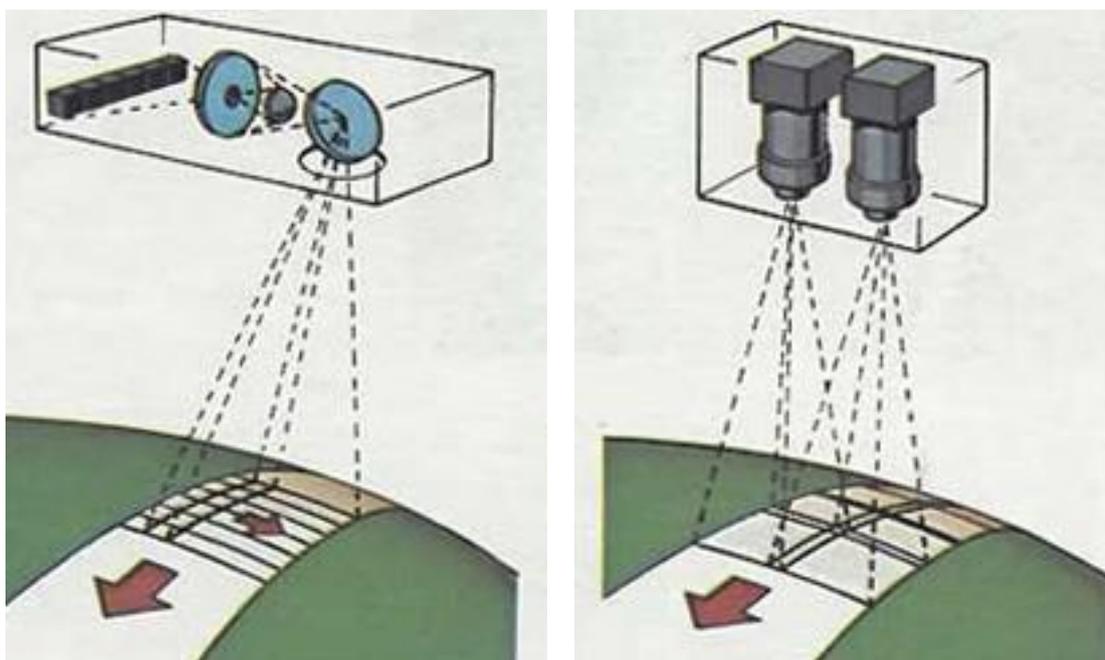


Рисунок 29. Различные методы сканирования поверхности Земли.

Этот электрический сигнал поступает на приемные станции по каналам связи. Изображение местности получают непрерывно на ленте, составленной из полос - сканов, сложенных отдельными элементами - пикселями. Сканерные изображения можно получить во всех спектральных диапазонах, но особенно эффективным является видимый и ИК-диапазоны. При съемке

земной поверхности с помощью сканирующих систем формируется изображение, каждому элементу которого соответствует яркость излучения участка, находящегося в пределах мгновенного поля зрения.

4.2.3. РАДАРНЫЕ СЪЕМКИ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ.

Радиолокационная (РЛ) или радарная съемка – важнейший вид дистанционных исследований. Используется в условиях, когда непосредственное наблюдение поверхности планет затруднено различными природными условиями: плотной облачностью, туманом и т. п. Она может проводиться в темное время суток, поскольку является активной. Для радарной съемки обычно используются радиолокаторы бокового обзора (ЛБО), установленные на самолетах и ИСЗ.

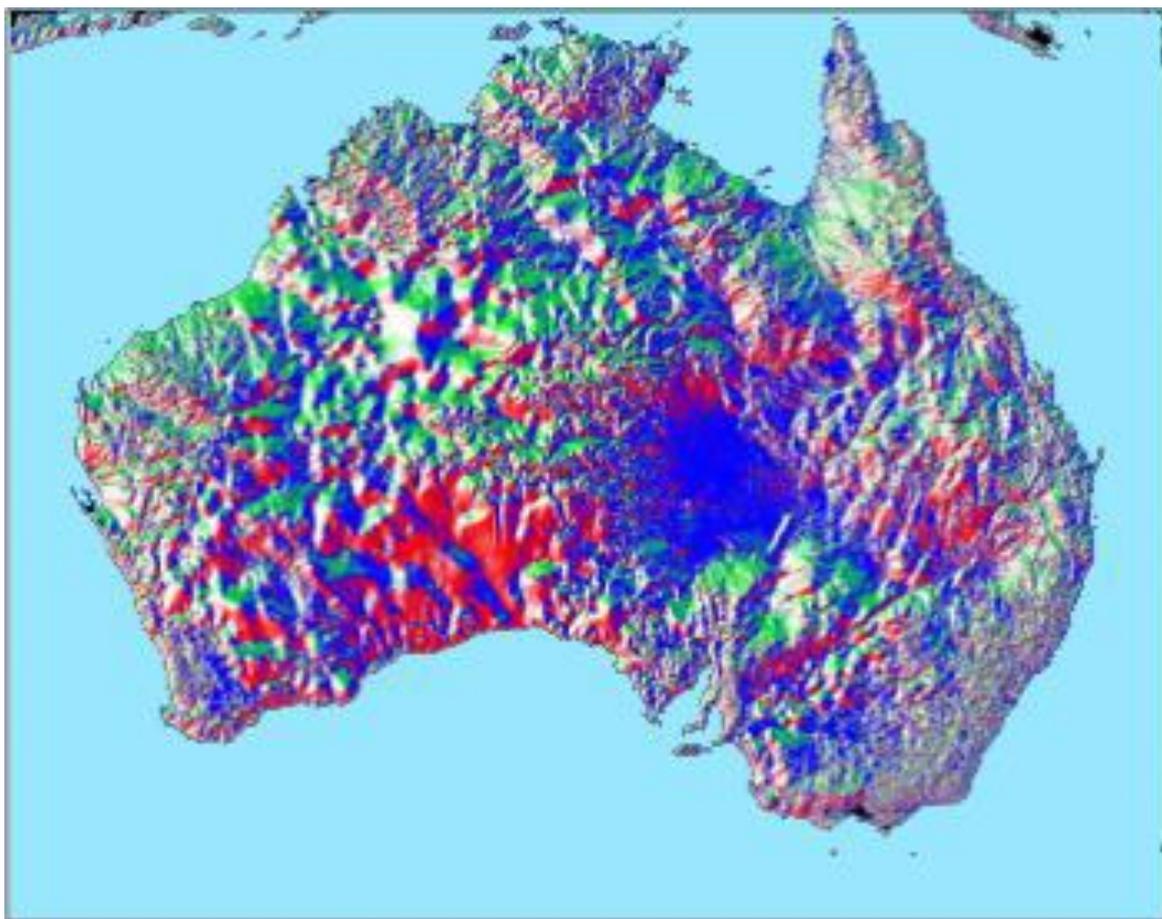


Рисунок 30. Пример изображения, полученного при помощи радиолокационной съемки.

С помощью ЛБО радиолокационная съемка осуществляется в радиодиапазоне электромагнитного спектра. Сущность съемки заключается в посылке радиосигнала, отражающегося по нормали от изучаемого объекта и фиксируемого на приемнике, установленном на борту носителя. Радиосигнал вырабатывается специальным генератором. Время возвращения его в приемник зависит от расстояния до изучаемого объекта.

4.2.4. ТЕПЛОВЫЕ СЪЕМКИ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ.

Инфракрасная (ИК) или тепловая съемка основана на выявлении тепловых аномалий путем фиксации теплового излучения объектов Земли, обусловленного эндогенным (внутренним) теплом или солнечным излучением. Широко применяется в геологии. Температурные неоднородности поверхности Земли возникают в результате неодинакового нагрева различных ее участков. Инфракрасный диапазон спектра электромагнитных колебаний условно делится на три части (в мкм):

- ближний (0,74-1,35);
- средний (1,35-3,50);
- дальний (3,50-1000).

Солнечное (внешнее) и эндогенное (внутреннее) тепло нагревает геологические объекты по-разному в зависимости от литологических свойств пород, тепловой инерции, влажности, альбедо (характеристика отражательной (рассеивающей) способности поверхности) и многих других причин.

ИК-излучение, проходя через атмосферу, избирательно поглощается, в связи с чем, тепловую съемку можно вести только в зоне расположения так называемых «окон прозрачности», то есть в местах пропускания ИК-лучей.

4.2.5. СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ.

Спектрометрическая (СМ) съемка проводится с целью измерения отражательной способности горных пород. Знание значений коэффициента спектральной яркости горных пород расширяет возможности реологического дешифрирования, придает ему большую достоверность. Горные породы имеют различную отражательную способность, поэтому отличаются величиной коэффициента спектральной яркости. СМ-съемка делится на три вида:

- микроволновая (0,3 см-1,0 м), являющаяся универсальной, так как исключает влияние атмосферы;
- ИК или тепловая (0,30-1000 мкм), выявляющая температурные неоднородности по энергетической яркости изучаемых объектов;
- спектрометрия видимого и ближнего ИК-спектра излучения (0,30-1,40 мкм), фиксирующая спектральное распределение отражательного радиационного излучения.



Рисунок 31. Система дистанционного лазерного зондирования земной поверхности.

4.2.6. ЛИДАРНЫЕ СЪЕМКИ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ.

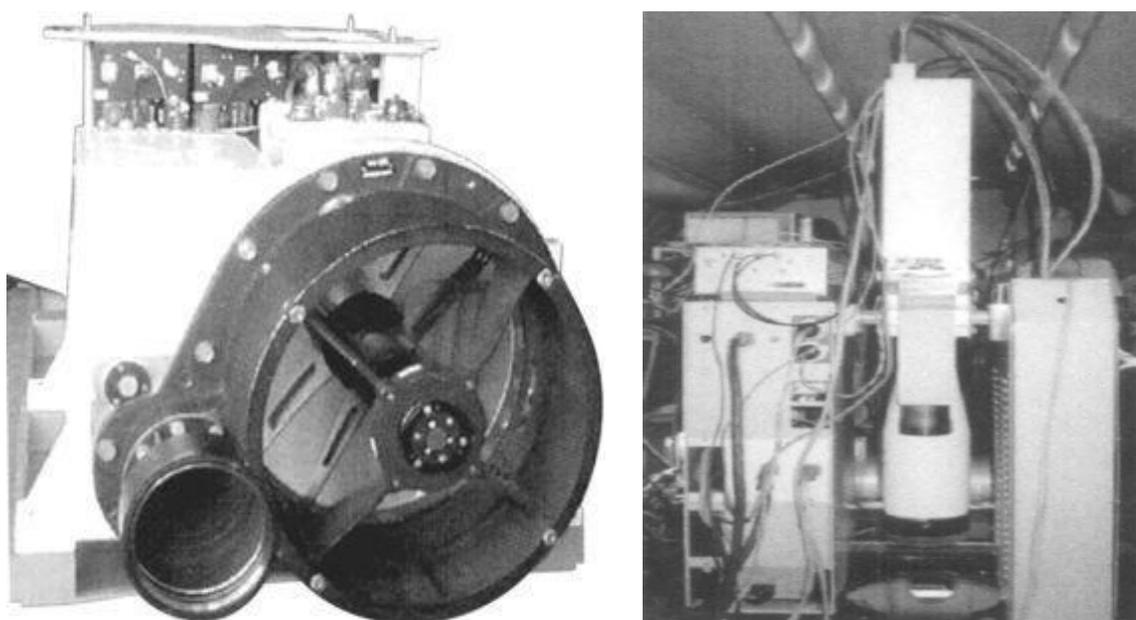


Рисунок 32. Первый в России космический лидар «Балкан» Института оптики атмосферы СО РАН, работавший на станции «Мир» и лидар, устанавливаемый в самолете.

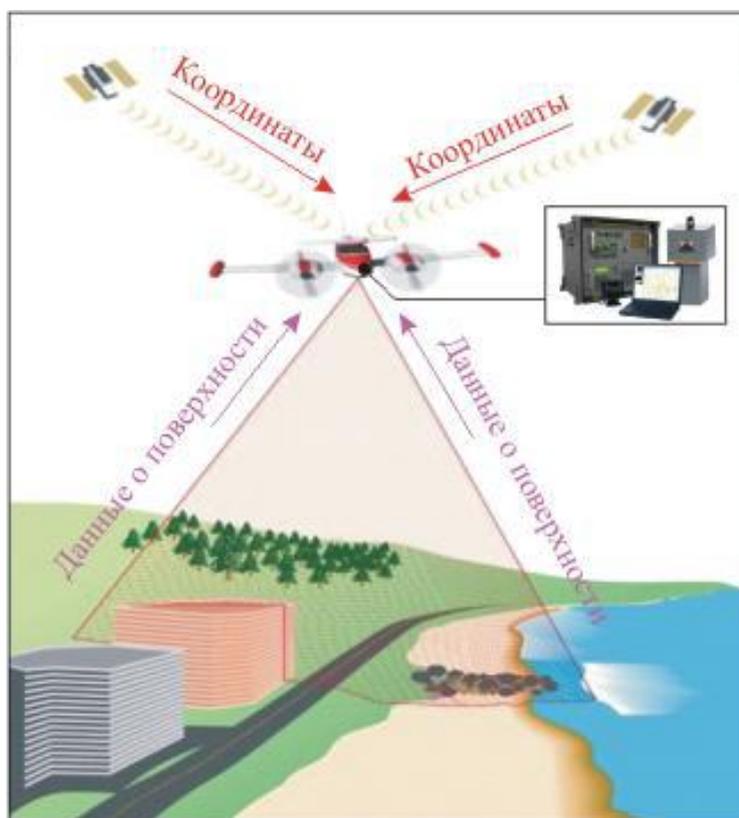


Рисунок 33. Принцип работы воздушного лидара.

Лидарная съемка является активной и основана на непрерывном получении отклика от отражающей поверхности, подсвечиваемой лазерным монохроматическим излучением с фиксированной длиной волны.

Частота излучателя настраивается на резонансные частоты поглощения сканируемого компонента (например, приповерхностного метана), так что в случае его заметных концентраций соотношение откликов в точках концентрирования и вне их будут резко повышенными.

Преимущества лазерно-локационного метода:

1. Относительная технологическая простота, короткий технологический цикл.

При реализации лазерно-локационных технологий целый ряд практически значимых материалов появляется через несколько дней или даже часов после завершения аэросъемочной части работ. Имеются в виду такие материалы, как совокупности (облака) лазерных точек, разделенные по их морфологической принадлежности (земля, растительность, поверхности водоемов, кровли зданий, провода ЛЭП и др.), цифровые модели рельефа, ортофотомозаика, а также многие контурные объекты и модели географических объектов в трехмерном представлении. Очень важно отметить, что все упомянутые материалы уже в момент возникновения полностью координированы, т.е. определены в некоторой заранее заданной системе геодезических или географических координат и в дальнейшем принципиально не требуется проведения никаких дополнительных мероприятий по координатной коррекции или преобразованию. Также важно то, что на практике подготовка всех этих материалов осуществляется в полевых условиях, в результате чего собственно камеральная фаза обработки начинается в существенно более подготовленных условиях.

2. Точность.

В большинстве случаев точность специфицируется на уровне 15 см по плановым и высотным координатам, причем специально указывается, что речь идет об абсолютной геодезической точности.

3. Отсутствие наземных геодезических работ по планово-высотному обоснованию при выполнении воздушной лазерно-локационной съемки.

4. Высокая производительность.

На практике достигнута производительность съемки в 500...600 км за один аэросъемочный день для линейных объектов и в 500...1000 кв. км для площадных объектов.

5. Возможность работы в ночное время и в любое время года.

Эта возможность вытекает из того факта, что лидар является активным средством дистанционного зондирования, т.е. регистрирует собственное, а не отраженное солнечное излучение.

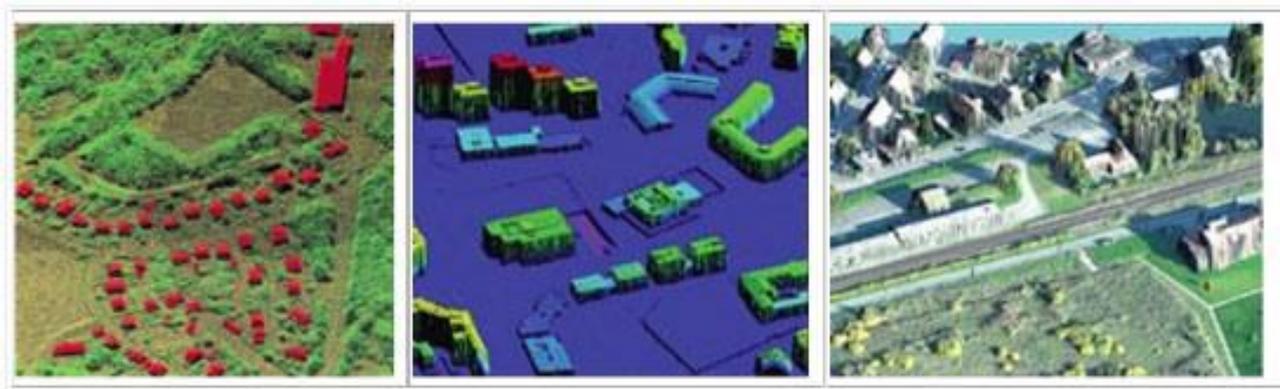


Рисунок 34. Пример изображений территории, полученных при помощи лидарной съемки.

Фактически лидарная спектрометрия – это геохимическая съемка приповерхностных слоев атмосферы, ориентированная на обнаружение микроэлементов или их соединений, концентрирующихся над современно активными геоэкологическими объектами. Устройства лидарной съемки оборудуются обычно на низковысотных носителях.

4.3. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ.

В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ:

1) оперативная оценка посевных площадей основных сельскохозяйственных культур, от уровня региона в целом до отдельного хозяйства;

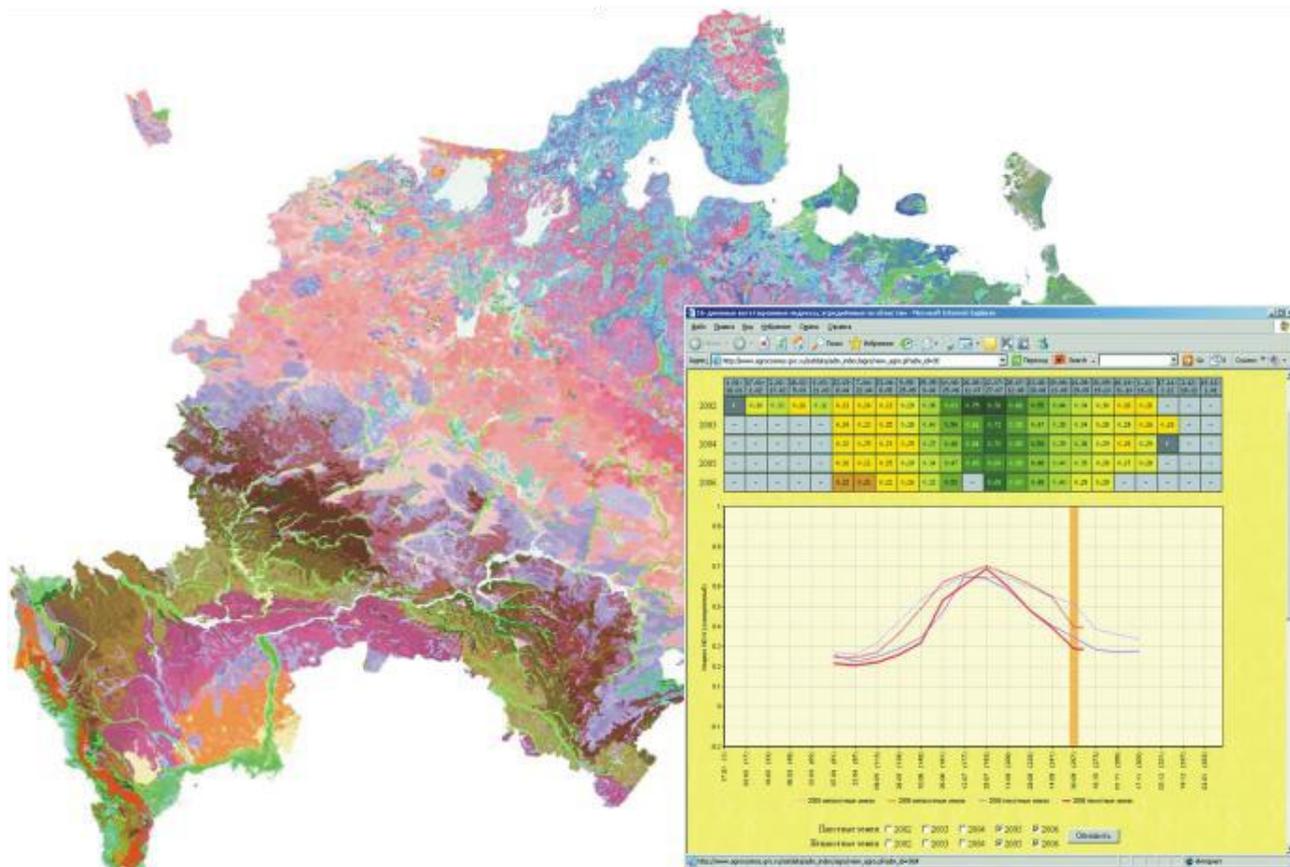


Рисунок 35. Применение ГИС и данных ДЗЗ в сельском хозяйстве.

2) оперативная оценка состояния озимых колосовых в периоды осенней вегетации, ранне-весенней вегетации, предуборочный период от уровня региона в целом до уровня отдельных хозяйств. Например, зная, как меняется спектральная яркость растительности в течение вегетационного периода можно изображению полей судить об их агротехническом состоянии. После перезимовки состояние озимых культур оценивается по различию в цвете

здоровых и погибших растений, состояние озимых и яровых до уборки урожая – на основе учёта степени покрытости травостоем и его равномерности.

3) построение схем сельхозугодий, уточнение и актуализация существующих схем полей, инвентаризация сельхозугодий, анализ структуры землепользования.

4) контроль качества проведения уборочных работ, картографирование деградационных процессов на сельскохозяйственных угодьях. Оценка степени риска деградационной динамики и снижения плодородия почв. Мониторинг развития процессов деградации почв: эрозия, дефляция, засоление, сезонное подтопление, заболачивание, пастбищная дигрессия, оценка состояния снежного покрова в зимний период.

В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ:

1) определение типов и площадей лесонасаждений и преобладающих пород;

2) контроль за уничтожением лесов;

3) оценка ущерба, нанесенного лесным массивам вредителями, болезнями, пожарами;

4) наблюдение за динамикой, объемом и качеством вырубki лесов.

В ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ:

1) оценка текущих систем землепользования с выделением севооборота;

2) контроль за использованием и охраной земель сельскохозяйственного назначения;

3) выявление и контроль развития эрозионных процессов, процессов опустынивания;

4) оценка распространения подтопления и затопления земель;

5) выявление и оценка развития экзогенных геологических процессов;

6) обновление карт землепользования.

Региональное картографирование лесов

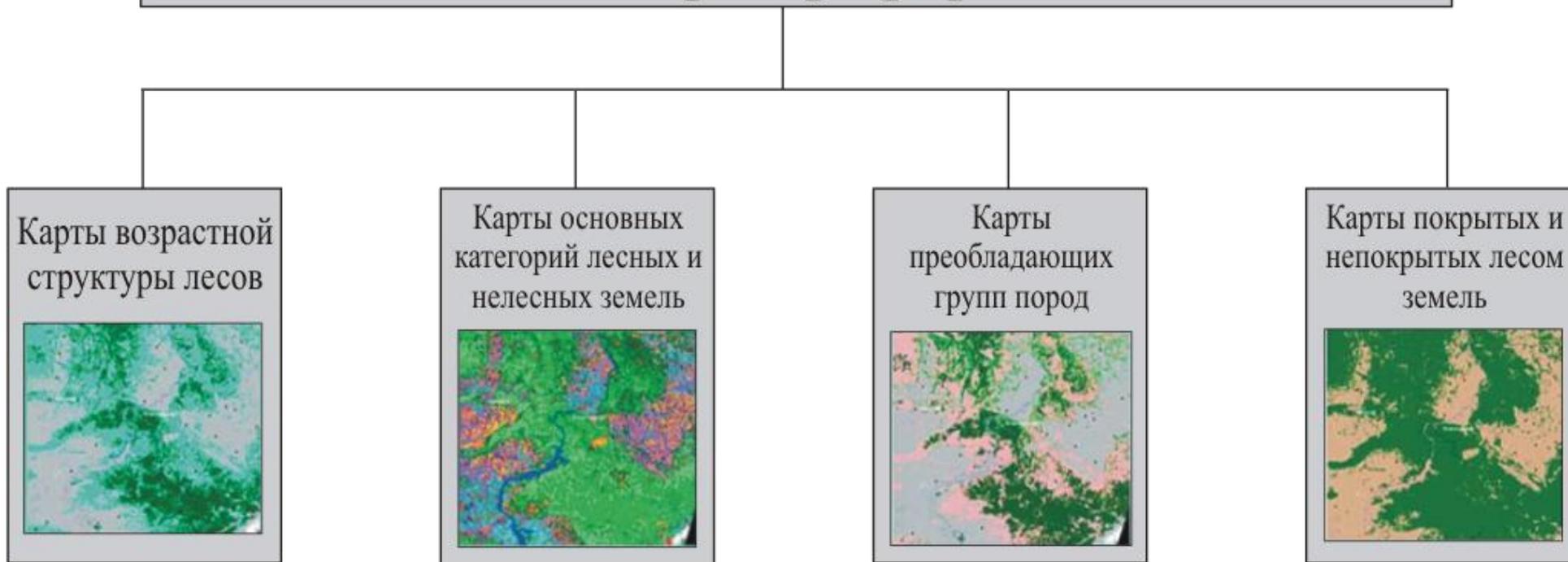


Рисунок 36. Применение ГИС и данных ДЗЗ в лесном хозяйстве.

В ЭКОЛОГИИ:

ДЗЗ является классическим инструментом оперативного экологического мониторинга различных природных сред.

- 1) фоновый мониторинг морей, озер, водохранилищ;
- 2) контроль загрязнения водных акваторий портов, обнаружения источников загрязнения воды и почвы;
- 3) контроль за экологически небезопасными производствами и объектами – газо - нефтепромыслами, трубопроводами, карьерами, хранилищами отходов, прудами-охладителями электростанций и т.д.

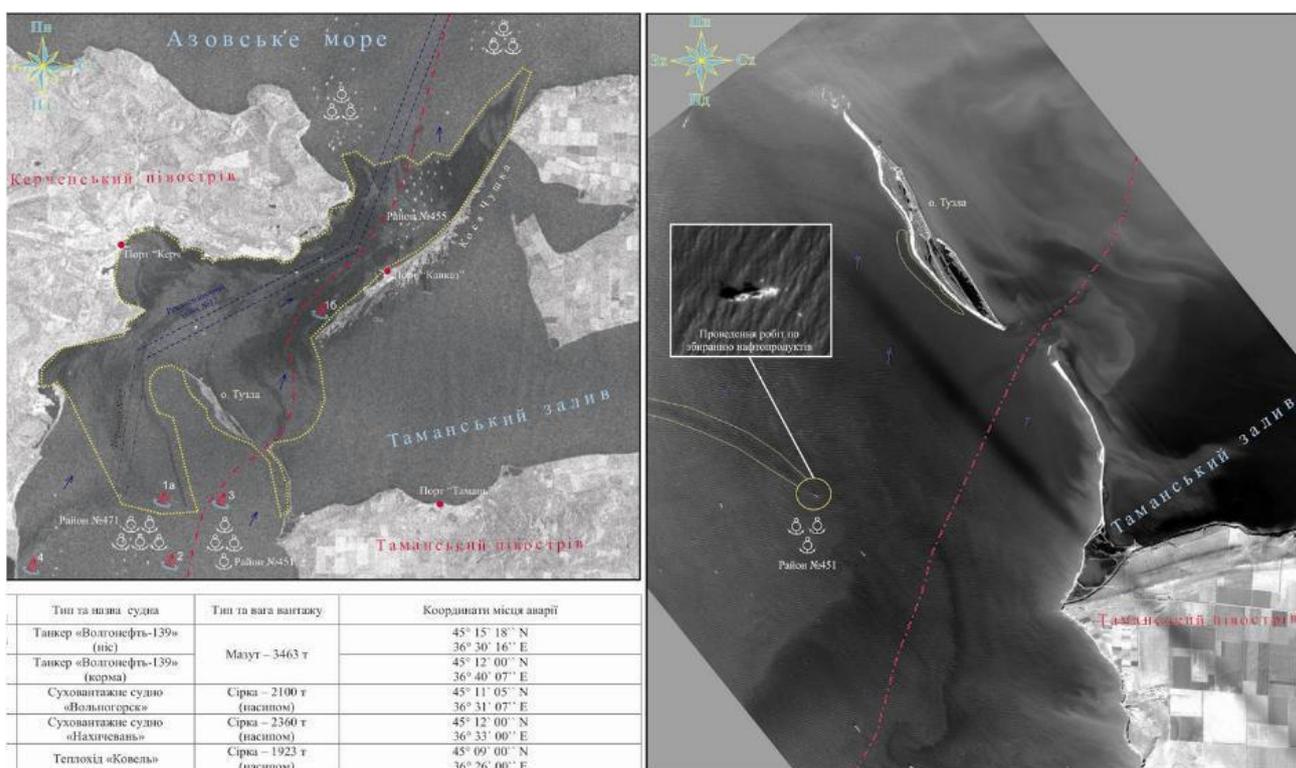


Рисунок 37. Наблюдения за зоной чрезвычайной ситуации в Керченском заливе (ноябрь 2007 года) и проведение экологического мониторинга (зоны разлива нефтепродуктов – на снимках показана штрихпунктирной линией).

Основные задачи, решаемые космическим аппаратом:

- космическая съёмка Земной поверхности высокого разрешения;
- информационное обеспечение в области экологии и охраны окружающей среды;
- специализированные задачи в интересах МЧС России и других ведомств.

Спутник обеспечивает съёмку земной поверхности с разрешением не хуже 1 метра в монохроматическом режиме и не хуже 1,6...1,8 метров в 3-х спектральных полосах. Ширина полосы земной поверхности, снимаемой за один пролёт – 27 км.

«Метеор-3М» – спутник гидрометеорологического обеспечения. Предназначался для оперативного получения изображения облачности и подстилающей поверхности в оптическом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра, данных о температуре и влажности воздуха, температуре морской поверхности и облаков, накапливания их в бортовом запоминающем устройстве и передачи на землю. Осуществлял мониторинг озоносферы.

Основные задачи, решаемые аппаратом:

- глобальные и локальные изображения облачности, поверхности Земли, ледового и снежного покровов в видимом и ИК диапазонах для синоптического анализа и уточнения синоптических процессов;
- данные для определения температуры морской поверхности и высоте верхней границы облачности;
- данные для определения местоположения и динамики перемещения атмосферных вихрей;
- данные о распределении озона в атмосфере и его общего содержания;
- данные для определения вертикального распределения аэрозолей и малых газовых компонент атмосферы.

Программа Landsat – наиболее продолжительный проект по получению спутниковых фотоснимков земной поверхности. Первый из спутников в рамках программы был запущен в 1972 г.; последний на настоящий момент Landsat 7 в 1999 г. За это время оборудование, установленное на спутниках Landsat, сделало миллиарды снимков. Космические снимки являются уникальным ресурсом для проведения множества научных исследований в области сельского хозяйства, картографии, геологии, лесоводства, разведки, образования и национальной безопасности. К примеру, Landsat 7 поставляет снимки в 8 спектральных диапазонах с пространственным разрешением от 15 до 60 метров на точку; периодичность сбора данных для всей планеты изначально составляла порядка 16-18 суток.



Рисунок 39. Снимок, произведенный спутником Landsat 7.

В мае 2003 г. произошел сбой модуля Scan Line Corrector (SLC). С сентября 2003 используется в режиме без коррекции линий сканирования, что уменьшает количество получаемой информации до 75 % от изначальной.

Космический аппарат **SPOT 5** был запущен 3 мая 2002 года с космодрома «Куру» с помощью ракетоносителя «Ариан-42Р». Владельцем спутника является компания SpotImage (Франция). Спутник был выведен на солнечно-синхронную орбиту высотой 822 км. Спутник оснащен высокоточным стереоскопическим детектором, позволяющим получать стереопары для топографических целей и построения моделей рельефа, а также двумя камерами высокого разрешения, позволяющими получать черно-белые изображения с разрешением 5 м (в режиме SuperMode – до 2,5 м) и цветные – с разрешением 10 м.



Рисунок 40. Снимок, произведенный спутником SPOT.

Кроме того, на SPOT 5 установлена камера VEGETATION 2, позволяющая получать практически ежедневно снимки всей поверхности Земли с разрешением 1км.

Основные задачи, решаемые аппаратом SPOT:

- Создание и обновление карт и планов масштабов 1:25 000 - 1:50 000;
- Создание цифровой модели местности на основе стереопар;
- Исследование состояния растительности;
- Сельское и лесное хозяйство;
- Экологический мониторинг;
- Решение прикладных задач.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте понятие «дистанционное зондирование земли».
2. В чём заключается отличие между активными и пассивными методами дистанционного зондирования земли?
3. Перечислите и охарактеризуйте основные способы получения материалов дистанционного зондирования земли.
4. Перечислите основные области применения дистанционного зондирования земли.

5. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

5.1. СИСТЕМЫ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ.

Точное земледелие (прецизионное земледелие, координатное земледелие, адаптивно-ландшафтное земледелие, Precision Farming) – научная концепция и направление в аграрном производстве, в основе которого лежат представления о существовании неоднородности почвенного плодородия в пределах одного поля, учёт специфики которого позволяет максимизировать прибыль путем дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений. Точное земледелие представляет собой высшую форму адаптивно-ландшафтного земледелия, основанного на наукоемких агротехнологиях с высокой степенью технологичности.

Другими словами, точное земледелие - стратегия менеджмента с использованием информационных технологий для оптимального (точного) управления сельскохозяйственным предприятием.

В растениеводстве - это управление продуктивностью посевов с учетом внутривидовой вариативности среды обитания растений.

Для оценки и детектирования неоднородностей в пределах поля используются новейшие технологии, такие как:

- системы глобального позиционирования;
- специальные приборы (почвенные пробоотборники, мобильные лаборатории) и датчики (урожайности, влажности и т.д.);
- аэрофотоснимки и снимки полей со спутников;
- специальные аппаратно-программные комплексы, создаваемые на базе геоинформационных систем и технологий.

Собранные данные используются для планирования посева, расчёта норм внесения удобрений и средств защиты растений, более точного

предсказания урожайности и финансового планирования. Данная концепция требует обязательно принимать во внимание локальные особенности почвы и климатические условия. Следуя этим идеям, применяют технологии переменного или дифференцированного внесения удобрений на тех участках поля, где потребность в определённой норме удобрений выявлена агротехнологом при помощи карт агрохимобследования и урожайности.



Рисунок 41. Трактор JOHN DEERE, оснащенный системой «Автопилот», производящий гребнеобразование на посадках картофеля на базе Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева и результат работы – ровные симметричные гребни.

Поэтому в некоторых участках поля норма внесения или опрыскивания становится меньше средней, происходит перераспределение удобрений в пользу участков, где норма должна быть выше, и, тем самым, оптимизируется внесение удобрений.

Точное земледелие может применяться для улучшения состояния полей и агроменеджмента, по нескольким направлениям:

- агрономическое – с учётом реальных потребностей культуры в удобрениях, то есть совершенствуется агропроизводство;

- техническое – совершеннее управление рабочим временем на уровне хозяйства, улучшается планирование сельскохозяйственных операций;
- экологическое – сокращается негативное воздействие аграрного производства на окружающую среду;
- экономическое – рост производительности и/или сокращение затрат повышают эффективность аграрного производства.

Осуществляемая электронная запись и хранение истории полевых работ и урожаев может помочь, как при последующем принятии решений, так и при составлении отчётности о производственном цикле, которая всё чаще требуется законодательством в развитых странах.

Электронная карта поля даёт возможность сохранить результаты анализа почвы в виде слоя. Также могут быть реализованы и другие слои: предшествующие культуры, удельное сопротивление почвы, кислотность, и т.д.

Электронные карты полей могут быть созданы преимущественно двумя способами:

- оцифровка контуров методом объезда полей с GPS-приемником, установленном на автомобиле или тракторе;
- выделение и оцифровка границ полей по растровым аэрофотоснимкам либо космическим снимкам.

При этом растровый снимок, который подвергается векторизации (например, при помощи векторизатора Easy Trace, лидеров отечественного рынка векторизаторов – рязанской компании Easy Trace Group), должен быть правильно откорректирован и обладать приемлемым разрешением, в противном случае качество векторизации или оцифровки полей по снимку будет неудовлетворительным.

Неоднородности внутри поля зависят от множества факторов: погодных явлений и климата характеристик почвы (грануляционный состав,

мощность гумусового слоя, обеспеченность азотом), способов обработки почвы (нулевая обработка, минимальная обработка), а также засорённости полей и заселённости их болезнями и патогенами. Показатели-константы, главным образом, относящиеся к характеристикам почвы, дают информацию о базовых экологических постоянных. Точечные показатели позволяют отслеживать состояние культуры и биомассы, например, понять, насколько та или иная болезнь влияет на развитие культуры и урожайность, страдает ли культура от недостатка воды, нехватки азота в почве, либо от поражения какой-либо болезнью, повреждена ли она заморозками и тому подобное. Измерение электропроводности почвы, совмещённое с анализом механического и химического состава почвы, позволяет создать точную карту агроэкологических условий.

Используя карты агрофизико-химических показателей почвы можно реализовать различные стратегии для оптимизации затрат:

- основываясь на анализе статических индикаторов (почвенных показателей, электропроводности, истории полей и т.д.) в течение фазы развития культуры спрогнозировать затраты (прогностический подход);
- контролирующей подход, когда информация от статических индикаторов регулярно обновляется (мониторинг) в течение фазы развития культуры в результате следующих исследований:
 - отбор образцов: взвешивания биомассы, измерения содержания хлорофилла в листьях, взвешивания плодов, и т.д.;
 - дистанционного определения параметров: температуры, влажности, скорости и направления ветра, диаметра стеблей;
 - контактного детектирования: возимые сенсоры биомассы; потребуется объезд полей по контурам;
 - аэро- или космические съёмки обработка мультиспектрального снимка для выделения биофизических параметров культуры.

Новые информационные и коммуникационные технологии позволяют легко и обоснованно управлять культурами на уровне поля. Принятие решений в сфере современного сельскохозяйственного производства требует специальной техники и машин, которые бы поддерживали технологии переменного внесения, например, переменного дозирования семян либо дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений.

Для внедрения точного земледелия необходимо следующее оборудование, устанавливаемое на тракторах, опрыскивателях, комбайнах и т.п.:

- система позиционирования (например, на основе GPS/ГЛОНАСС навигационных спутниковых приемников);
- аппаратно-программная система, которая интегрирует все доступные данные в разных форматах, в слоях и из различных источников, включая данные с различных датчиков и экспертные оценки агронома;
- оборудование для отбора проб почвы;
- оборудование для переменного дозирования (интегрированное в сеялку, разбрасыватель, опрыскиватель).



Рисунок 42. Технология RTK (Real Time Kinematic).

Статичная базовая станция расположена на одном месте и оснащена двухчастотной технологией приема сигнала. Она посылает корректирующий сигнал любому числу машин, расположенным в радиусе 15-20 км.

Технология точного земледелия включает в себя три основных компонента:

Первый компонент системы точного земледелия – это системы параллельного или автоматизированного вождения техники на базе систем навигации GPS/ГЛОНАСС, обеспечивающие точность посева, выравненность рядков, гребней и т.д. Точность систем опирающихся только на спутниковые сигналы, невысока ± 30 см, и использование их ограничено. Применение дифференциального способа коррекции наблюдений DGPS позволяет повысить точность до ± 10 см. В частности, применение базовой спутниковой станции с технологией RTK (Real Time Kinematic), расположенной в непосредственной близости от поля позволяет добиться отклонений в траекториях движения тракторов и сельскохозяйственных не превышающих 2,5 см.

Второй компонент системы точного земледелия – это система дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений, в зависимости от состояния почвы и растений, наличия сорняков на каждом конкретном участке обрабатываемого поля. Проблематике дифференцированного внесения удобрений в последнее время уделяется всё больше внимания. В связи со значительной вариабельностью (неоднородностью) почвенного плодородия в пределах одного поля, дифференцированное (почвоадаптированное) внесение удобрений способно полнее учитывать потребности растений в питательных элементах, что напрямую связано с их продуктивностью, позволяет экономить на удобрениях за счёт снижения доз на относительно плодородных участках. Всё это создаёт благоприятные условия для равномерного созревания

растений, уменьшает потери питательных веществ, способствует повышению качества и снижению себестоимости продукции.

Системы дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений бывают двух основных типов:

- системы, распределяющие удобрения по заданной программе, в соответствии с заранее подготовленными аппликационными картами, создаваемыми на основе агрохимических картограмм, картограмм урожайности или их сочетаний.

- системы, определяющие дозу вносимого удобрения непосредственно в поле, в режиме реального времени, по какому-либо параметру произрастающей культуры: цвету листовой поверхности, плотности биомассы растений и др.



Рисунок 43. Состав типовой системы дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений.

Состав типовой системы дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений:

- Карманный компьютер (КПК);
- Крепление для КПК RAM на трактор;
- GPS приемник SIRF III на карточке памяти Compact Flash с внешней антенной;
- Кабель для соединения с бортовым рабочим компьютером агрегата;
- Автомобильный блок питания;
- Считыватель карточек Compact Flash;
- Программное обеспечение.

Функциональные возможности типовой системы дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений:

- КПК подключается к рабочему компьютеру опрыскивателя или разбрасывателя с помощью специального кабеля, входящего в состав комплекта;
- Аппликационная карта дифференцированного внесения записывается на носитель Compact Flash с помощью офисного программного обеспечения;
- На КПК можно ввести ширину агрегата и отслеживать в реальном времени на карте обработанную площадь;
- На КПК записываются карты реального внесения и легенды, основанные на аппликационных картах;
- КПК отображает общее количество вещества, которое должно быть внесено;
- Возможен импорт/экспорт данных в форматах наиболее распространенных геоинформационных систем: ArcView Shape File, MapInfo Interchange File, и др.



Рисунок 44. Автоматические пробоотборники почвы устанавливаются на различных транспортных средствах: от квадроцикла до полноприводного грузовика или трактора. Автоматический почвенный пробоотборник представляет собой агрегат, смонтированный как навесное оборудование на задней части рамы движителя, и работает от электрического двигателя, питающегося от аккумуляторной батареи автомобиля, который приводит в действие гидравлическую систему, непосредственно производящую отбор проб посредством буров. Пробоотборник оснащается блоком управления, управляющей электроникой, датчиком и регулятором рабочего давления.

Функциональные возможности программного обеспечения типовой системы дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений:

- ◆ Структурирование информации о производственном процессе в базе данных, охватывающих все основные объекты, принимающие в растениеводстве участие;

- ◆ В программе есть возможность планирования работ и их характеристик;
- ◆ Возможность формирования задания для механизаторов;
- ◆ Организация и печать любых отчетов и карт по введенным в программу данным;
- ◆ Работа с электронными картами угодий хозяйства;
- ◆ Создание картограмм распределения агрохимических характеристик и урожайности на местности;
- ◆ Создание аппликационных карт для дифференцированного внесения удобрений и использования средств защиты растений.

Третий компонент точного земледелия – наиболее трудоёмкий – это оценка состояния почвы каждого конкретного участка поля.

Эта карта загружается в специальную программу, формирующую задания для бортового компьютера машины для внесения удобрений. В результате на каждый квадратный метр поля будет внесено именно то количество тех удобрений и микроэлементов, которые необходимы именно этому участку.

В целом, проектирование новых систем земледелия и наукоемких агротехнологий осуществляется на основе материалов почвенно-ландшафтного картографирования и ГИС агроэкологической оценки земель. Появление таких проектов в АПК стало возможным благодаря использованию современных средств информатизации и дистанционных методов зондирования.

Почвенно-ландшафтная съемка для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия выполняется, как правило, в масштабе 1:10000.

Использование космических снимков в трех диапазонах сканирования – зеленом (0,50-0,59 мкм), красном (0,61-0,68 мкм) и ближнем инфракрасном (0,79-0,89 мкм) обеспечивает распознавание контуров почв, особенно в

контрастных комбинациях – комплексах, сочетаниях, мозаиках. Более затруднительна диагностика пятнистостей, вариаций. Для их идентификации закладывается большое количество разрезов и прикопок, что существенно удорожает изыскательские работы. В связи с этим необходимо развитие методов геосканирования. В частности, георадиолокации.

Принцип действия георадара основан на излучении сверхширокополосных наносекундных импульсов, приеме сигналов, отраженных от границ раздела пород или иных отражающих объектов. В процессе съемки местоположение почвенных разрезов фиксируется приборами глобального позиционирования (ГЛОНАСС/GPS). Разрезы добуриваются до грунтовых вод или до глубины 6 м для диагностики гидрогеологического режима и литологических условий. Съемка проводится с использованием ноутбука или планшета.

Проведению изыскательских работ предшествует обмер полей и производственных участков с помощью ГЛОНАСС/DGPS-систем и составление электронной карты существующей полевой инфраструктуры.

Результаты почвенно-ландшафтного картографирования и агроэкологической оценки земель выражаются в виде агрогеоинформационной системы, включающей набор электронных карт.

Карта форм и элементов рельефа отражает структуру ландшафтов и почвенно-ландшафтные связи.

Картограмма крутизны склонов используется для оценки потенциального стока и эрозионной опасности. Определяет подбор культур, выбор севооборотов, систем обработки почвы, противоэрозионных мероприятий.

Картограмма LS-фактора является интегральным показателем длины и крутизны склонов, который получают с помощью анализа цифровой модели рельефа. Он отражает емкость транзита жидкого, ионного и твердого стока, т.е. непосредственную эрозионную обстановку территории.

Картограмма экспозиций склонов предназначена для оценки теплообеспеченности и влагообеспеченности. Удельный приход суммарной радиации и продуктивные запасы влаги сильно варьируются на склонах различной экспозиции и крутизны. На склонах южной экспозиции крутизной 1-3° среднегодовые запасы продуктивной влаги (ЦЧО) на 15-20% ниже, чем на равнине. На склонах 3-5° и 5-7° разница возрастает. В то же время эти склоны получают соответственно на 3, 5 и 8% больше радиации, чем земли водоразделов. Склоны северной экспозиции характеризуются пониженным поступлением суммарной радиации: соответственно на 3, 8 и 12% по сравнению с водоразделом. В соответствии с различной влагообеспеченностью склоновых земель корректируются агротехнологии (сроки сева, нормы высева, нормы удобрений, сроки уборки урожая и др.). На южных склонах сильнее проявляется весенний сток воды в связи с более интенсивным снеготаянием.

Карта форм склонов используется для оценки эрозионной опасности. Эрозионная опасность усиливается в ряду – вогнутые, прямые, выпуклые, гофрированные склоны. При планировании противоэрозионных мероприятий особое внимание уделяют теплым склонам гофрированной или выпуклой формы с крутизной 3-5° и особенно 5-7°, так как они наиболее подвержены водной эрозии.

Картограмма индекса влажности I_{dw} – логарифм отношения водосборной площади к крутизне склона. Определяет скорость транзита стока. На значениях этого индекса строится индикация почв с дополнительным или недостаточным увлажнением.

Карта микроструктур почвенного покрова отображает элементарные почвенные ареалы и микрокомбинации, связанные с микрорельефом (комплексы и пятнистости) и неоднородностью почвообразующих пород (мозаики и ташеты).

Карта почвообразующих и подстилающих пород составляется для условий значительного разнообразия почвообразующих пород и близкого к поверхности расположения подстилающих пород. Имеет особое значение при участии в почвообразовании неблагоприятных древних пород (морских глин, каолиновых кор и т.п.). Такие земли, называемые литогенными, часто исключаются из активного оборота из-за низкой продуктивности. Почвы на дериватах этих пород или при близком подстилании ими четвертичных отложений пригодны для использования с ограничениями, связанными с повышенным уплотнением, пониженной водопроницаемостью и влагообеспеченностью, повышенным стоком, эрозией. Для их диагностики активно применяются космические методы и в последнее время делаются попытки использования средств геосканирования.

Карта гранулометрического состава почв имеет важное значение при подборе культур, а также при выборе системы обработки почвы. В случае изменения грансостава по профилю почвы нужна информация о глубине подстилания легких отложений тяжелыми и наоборот. В первом случае диагностируется возможное переувлажнение почвы или усиление стока при близком залегании глинистых или тяжелосуглинистых отложений, во втором – повышенная дренированность и ухудшение влагообеспеченности растений. Дистанционная диагностика грансостава имеет весьма ограниченные возможности. Необходимо развитие космических методов и геосканирования.

Карта солонцеватости почв отображает комплексы почв с различным участием солонцов, а также сочетания и вариации несолонцеватых почв и почв различной степени солонцеватости. Используется для подбора культур в соответствии с группировками растений по солонцеустойчивости. В зависимости от сложности почвенного покрова и свойств солонцов решаются задачи выборочной или сплошной химической мелиорации, приемов мелиоративной обработки, выбора севооборотов и

обработки почвы. Диагностика солонцовых комплексов по космическим снимкам выполняется, как правило, без особых трудностей. Для диагностики солонцеватых почв требуется совершенствование космических методов диагностики.

Карта засоленности почв используется для подбора культур в соответствии с региональными шкалами солеустойчивости растений и для дифференциации агротехнологий.

Карта гидрогеологического режима почв. В зависимости от глубины залегания и качества грунтовых вод решаются задачи подбора культур, выбора севооборотов, агротехнологий и при необходимости осушительных мелиораций. Из-за неудовлетворительной диагностики гидрогеологического режима значительная часть лугово-черноземных и частично черноземно-луговых почв показана на почвенных картах как черноземы, что приводит к большим ошибкам при их использовании. Они требуют подбора влаголюбивых культур, исключения чистого пара, повышенных доз удобрений и др. Диагностика этих почв должна контролироваться бурением скважин, определением уровня грунтовых вод и их качества. Из-за дороговизны эти работы сокращали с ущербом для диагностики почв. Имеется возможность в перспективе использовать методы геосканирования для определения глубины грунтовых вод.

Карта потенциальной уплотняемости почв показывает почвы, склонные по различным причинам к повышенному уплотнению. На таких почвах ограничиваются возможности минимизации почвообработки и исключается прямой посев.

Карта фактического подпахотного уплотнения почв показывает почвы, имеющие плужную подошву. Переход к минимизации почвообработки и прямому посеву на таких почвах требует предварительного устранения плужной подошвы оптимально глубокой обработкой.

Карты содержания гумуса, кислотности, содержания подвижных фосфора и калия используются для расчета доз мелиорантов и удобрений.

Путем взаимного наложения перечисленных электронных карт-слоев получают *электронную карту агроэкологических групп и видов земель*. Каждый контур этой карты содержит в семантике информацию по агроэкологическим параметрам земель, начиная с теплообеспеченности и влагообеспеченности. Данная карта является основой для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий применительно к различным агроэкологическим группам земель (плакорным, полугидроморфным, эрозионным, солонцовым, переувлажненным, литогенным и др.). Этот процесс начинается с создания карт пригодности земель под культуры, востребованные на рынке. Для этого экологические требования культур сопоставляются с агроэкологическими параметрами земель по каждому виду (контур карты агроэкологических групп и видов земель). Пригодность земель устанавливается по 6-ти категориям.

Далее, путем взаимного наложения полученных карт, формируют поля севооборотов, которые выделяются в пределах агроэкологических типов земель, и производственные участки в этих полях, которые отличаются от фоновых земель по определенным агроэкологическим параметрам и требуют специальных мероприятий.

Дальнейшее проектирование включает разработку систем севооборотов, пастбищеоборотов; систем обработки почвы, удобрения и защиты растений, системы машин.

Затем разрабатываются пакеты агротехнологий для различных уровней интенсификации (экстенсивные, нормальные, интенсивные, точные).

Создание проекта адаптивно-ландшафтного земледелия сопровождается разработкой электронной книги истории полей. Она включает в себя все электронные карты и состоит из двух подсистем: агрономической и подсистемы мониторинга техники.

Агрономическая подсистема обеспечивает ввод, хранение, отображение и анализ сведений о посевных площадях и включает три блока: природно-ресурсный, фенологический и технологический.

Подсистема мониторинга техники обеспечивает ввод, хранение, отображение и анализ сведений о подвижных и стационарных объектах мониторинга.

Сложившийся опыт агроэкологической оценки земель и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия для крупных сельскохозяйственных предприятий в различных природно-сельскохозяйственных зонах и провинциях свидетельствует о необходимости разработки региональных агрогеоинформационных систем.

30...50 лет назад в качестве такого обеспечения служили различные научные рекомендации и их обобщения в виде «Зональных систем земледелия» и «Систем ведения сельского хозяйства», издававшихся для всех административных областей, краев, республик. Они служили методическим руководством для разработки проектов внутрихозяйственного и межхозяйственного землеустройства. В настоящее время создание подобных руководств также необходимо, но требования к их содержанию и форме значительно возросли, учитывая, в том числе, и экологические ограничения.

5.2. СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН.

У ГЛОНАСС-навигатора есть множество применений на суше, в воде и в воздухе. В основном спутниковый навигатор позволяет записывать или задавать точки месторасположения на земле и помогает продвигаться от этих точек и к ним. ГЛОНАСС-навигатор может использоваться везде, кроме мест, где нет приема сигнала, т.е. внутри помещений, в пещерах, парковках и прочих местах, находящихся под землей, а также под водой.

В воздухе и на воде ГЛОНАСС применяется в основном для навигации, на земле же применение более разнообразно. В различных целях ГЛОНАСС-навигаторы используются учеными. Все большую часть своей работы геодезисты прделывают с использованием ГЛОНАСС-навигатора, что значительно сокращает затраты на проведение разведывательных работ, а также обеспечивает потрясающую точность.

В основном разведывательное оборудование обеспечивает точность до одного метра. Более дорогие системы могут обеспечить точность в пределах сантиметра! В сфере отдыха применение ГЛОНАСС навигатора настолько разнообразно, насколько многочисленны виды отдыха. ГЛОНАСС навигатор становится все популярнее среди туристов, охотников, скалолазов, лыжников и т.д. Если вы увлекаетесь видом спорта или какой-либо деятельностью, где вам необходимо отслеживать свое местоположение, прокладывать маршрут к определенному месту или знать, в каком направлении и как быстро вы движетесь, вы по достоинству оцените все преимущества ГЛОНАСС навигации.

ГЛОНАСС/GPS навигация быстро становится привычным делом и в автомобилях. Некоторые встроенные системы обеспечивают поддержку в экстренных ситуациях на дороге – нажатием кнопки передается текущее месторасположение автомобиля в диспетчерский центр.

Более совершенные системы могут отображать на дисплее месторасположение машины по электронной карте, позволяя водителям контролировать маршрут движения и искать нужные адреса, рестораны, отели и прочие объекты. Некоторые ГЛОНАСС/GPS навигаторы даже могут автоматически создавать маршрут и поочередно выдавать направления движения до указанного пункта назначения.

Пожалуй, одна из самых важных сфер, которая получила совершенно новые возможности благодаря системе ГЛОНАСС, - это транспорт. В частности, со временем радионавигация позволит сократить «самолётные»

маршруты, уменьшить промежутки между рейсами. Пользоваться глобальной системой навигации можно везде, где принимается спутниковый сигнал. К примеру, бортовые ГЛОНАСС/GPS приёмники широко используются в авиации для пилотирования летательных аппаратов. Уже испытываются прототипы системы, позволяющей производить посадку самолётов в беспилотном режиме. Однако для этого требуются дополнительные наземные станции, позволяющие уточнять координаты лайнера в пространстве.

Особенно контроль автотранспорта при помощи спутниковой навигации в различных регионах востребован в тех предприятиях, у которых деятельность связана с курированием большого транспортного потока. Система мониторинга дает возможность качественно отслеживать передвижение любых автотранспортов на самые дальние дистанции и помогает эффективно скоординировать различные по объёму потоки автотранспорта.

ГЛОНАСС/GPS приемники встраивают в автомобили, сотовые телефоны и даже наручные часы. Все морские суда оборудованы GPS-приемниками. Созданы и чипы, совмещающие в себе миниатюрный ГЛОНАСС/GPS приемник и модуль GSM - устройствами на его базе предлагается оснащать собачьи ошейники, чтобы хозяин мог без труда обнаружить потерявшегося пса.

Например, американская компания AVID Identification Systems разработала идентификационный GPS-микрочип (размером с рисовое зернышко), который вживляется собаке в холку. Каждому микрочипу присваивается уникальный номер. С помощью такого микрочипа можно быстро найти потерявшуюся собаку. Кроме того, система ГЛОНАСС/GPS – это надежный путеводитель рыбакам, туристам, охотникам, экстремалам-путешественникам всех стран.

Гражданские сферы применения ГЛОНАСС

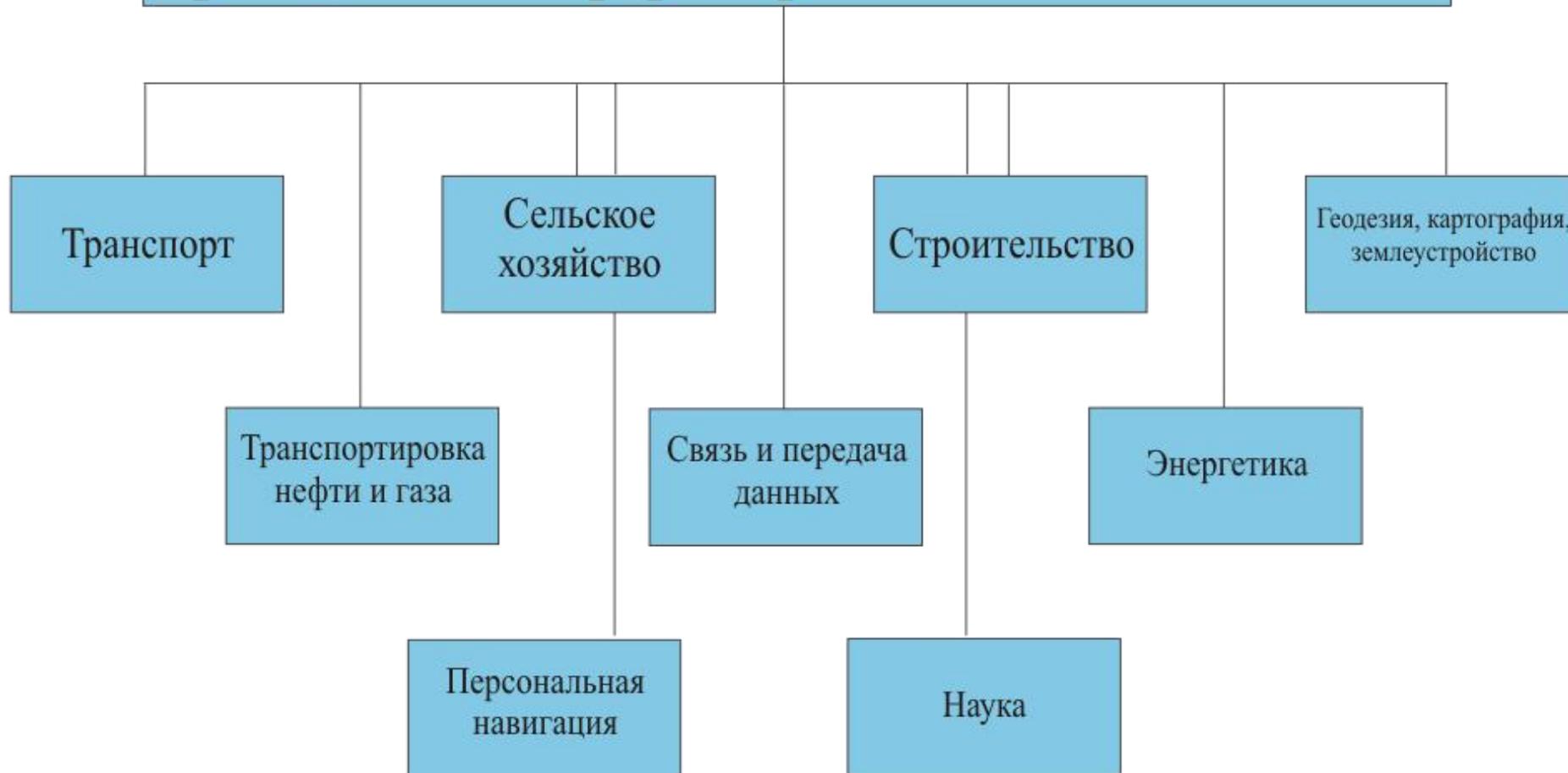


Рисунок 45. Применение ГЛОНАСС в гражданских целях.

Достаточно интересна возможность использования ГЛОНАСС многими учеными и исследователями в качестве источника точного времени, потому что определение времени прохождения радиосигнала лежит в основе самой идеи ГЛОНАСС. С этой целью внутренние часы приемника постоянно синхронизируются с атомными часами, установленными на спутниках. Это позволяет обеспечить точность измерения времени от микро- до наносекунд. Поэтому при проведении научных экспериментов становится возможным повсеместно иметь абсолютно точные отметки времени.

Спутниковая навигация уже применяется и в сельском хозяйстве, где используется для автоматической обработки земельных угодий комбайнами, уже сейчас позволяет значительно сократить производственные издержки, снизить себестоимость выпускаемой продукции. Круг применения технологий спутниковой навигации постоянно расширяется, и сейчас даже трудно представить, какие еще области применения космических навигационных систем появятся.

В настоящее время в агропромышленном комплексе достаточно широко применяются системы навигации для сельскохозяйственных машин и мобильных энергетических средств (тракторов). Основная задача такого рода систем - обеспечить прохождение трактора с агрегатом по полю так, чтобы каждая последующая полоса ложилась точно по краю предыдущей полосы без пропусков и перекрытий. Системы навигации являются неотъемлемой частью систем контроля и мониторинга, систем точного земледелия, систем автоматизированного вождения сельскохозяйственной техники и параллельного вождения.

В реальности, при традиционных способах обработки полей, без применения систем навигации, имеют место перекрытия и пропуски, в результате которых обработанное поле выглядит следующим образом.

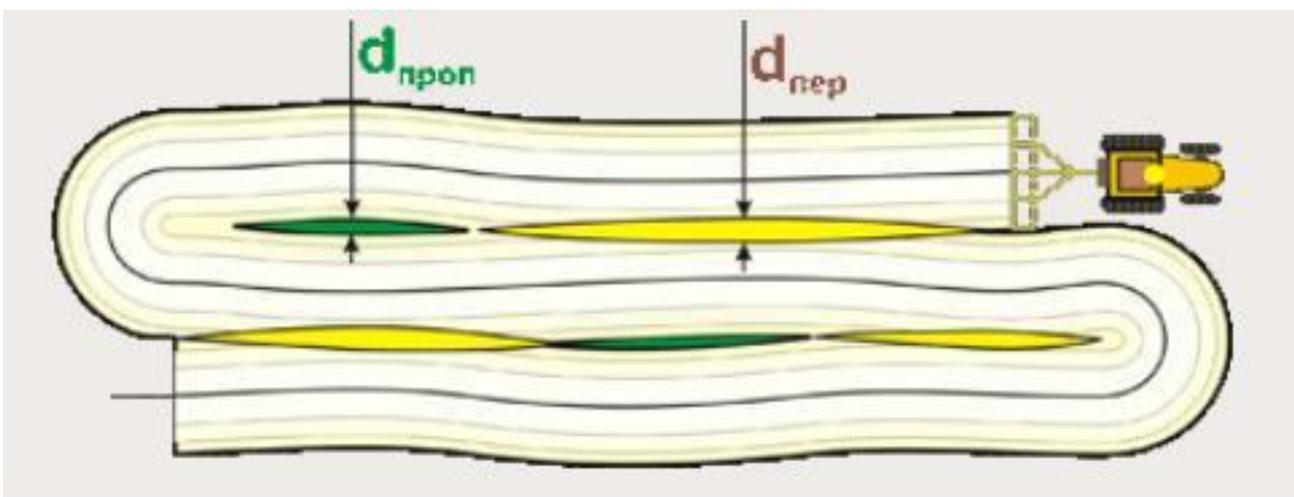


Рисунок 46. Пропуски и перекрытия при обработке поля традиционным способом.

Для обеспечения требуемой траектории движения трактора по полю с заданным расстоянием между смежными проходами существует несколько различных решений:

- 1) Установка видимых ориентиров (вешек) при вспашке, на которые механизатор будет ориентироваться во время работы;
- 2) Применение выкидных или пенных маркеров;
- 3) Использование спутниковых навигационных систем.

Даже опытный и добросовестный механизатор при работе с широкозахватными машинами не выдерживает точного расстояния стыковых проходов, не прибегая к помощи маркеров или помощников-сигнальщиков. Проблема точного вождения машинно-тракторных агрегатов усугубляется с увеличением ширины захвата современных сельскохозяйственных машин.

Ниже приведен пример космического снимка поля, обработанного с использованием систем спутниковой навигации.



Рисунок 47. Космические снимки поля, обработанного с использованием систем спутниковой навигации.

Преимущества спутниковой навигации для обеспечения требуемой траектории движения трактора состоят в следующем:

- Не требуются проведения работ по предварительной разметке поля;
- Не требуются дополнительные расходные материалы для маркирования рядов;
- Максимально используется ширина агрегата, сводятся к минимуму перекрытия соседних рядов;
- Исключаются пропуски между соседними рядами;
- Увеличивается коэффициент загрузки техники;

- Обеспечивается возможность работы в условиях плохой видимости;
- Повышается комфортность работы, снижается утомляемость водителя.

Ниже приведены некоторые способы обработки полей с использованием систем спутниковой навигации.

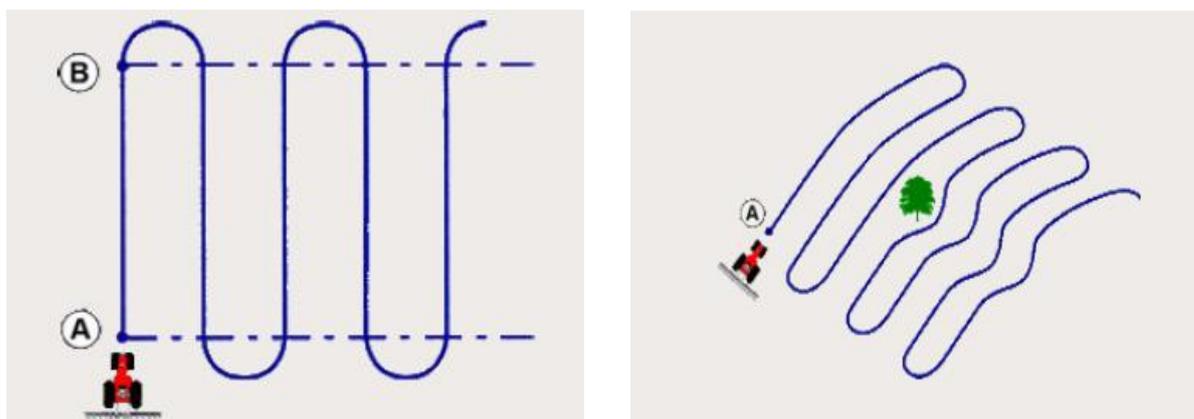


Рисунок 48. Базовый режим (слева) – загонки, параллельные базовой прямой АВ, режим «Адаптивная кривая» (справа) – каждая последующая загонка повторяет предыдущую.

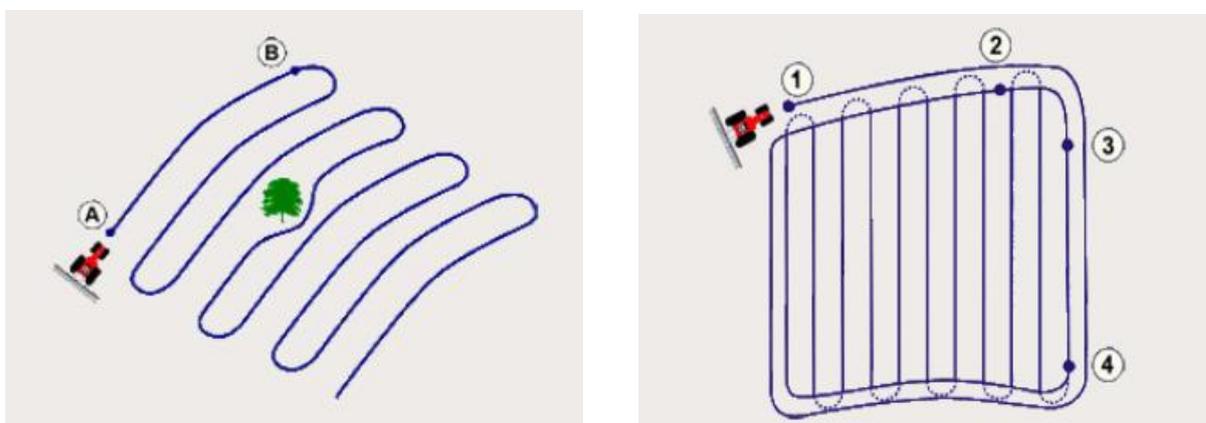


Рисунок 49. «Идентичная кривая» (слева) – все последующие загонки повторяют начальную кривую АВ, предварительная обработка разворотных зон по контуру (справа), с последующей обработкой поля загонками, параллельными базовой прямой.

5.3. АВТОПИЛОТЫ ДЛЯ САМОХОДНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.

Автопилоты для тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин – это системы, предназначенные для автоматического вождения сельскохозяйственной техники с высокой точностью без вмешательства механизатора.

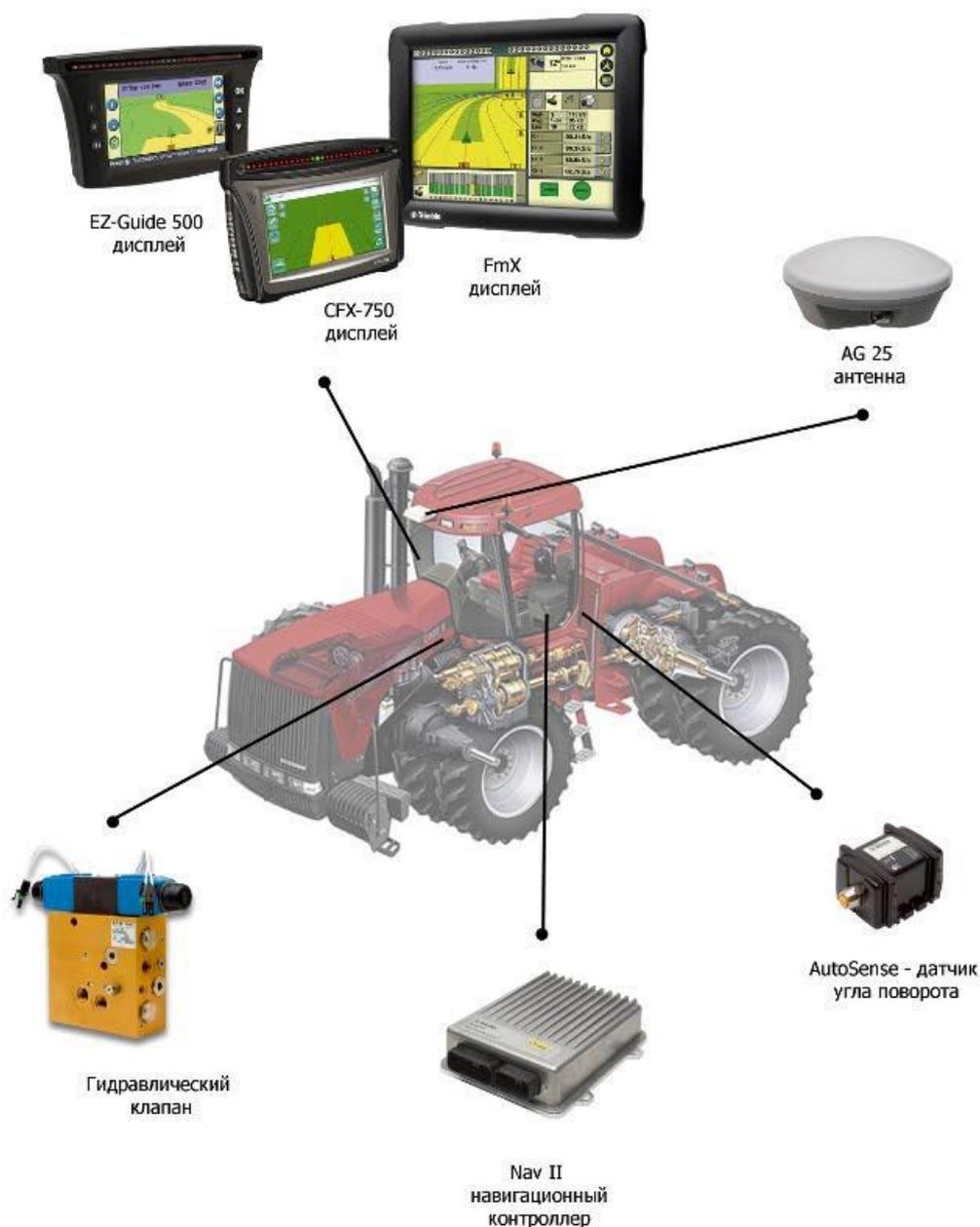


Рисунок 52. Основные элементы системы автоматического вождения сельскохозяйственной техники.

При выполнении технологических операций, требующих высокой точности, механизатору крайне сложно работать с необходимой скоростью в течении всей смены. Для решения подобных задач все более широко используются автопилоты для сельскохозяйственной техники. Применение данных систем позволяет повысить производительность и эффективность труда, снизить затраты на расходные материалы, сократить стыковую полосу (полосу между двумя проходами техники).

Можно выделить два основных типа систем автоматического вождения сельскохозяйственной техники:

- Автопилоты механического типа, воздействующие на траекторию движения трактора при помощи подруливающих устройств различных типов. Подруливающие устройства механически связаны с рулевым колесом и осуществляют его вращение в соответствии с алгоритмом, позволяющим поддерживать движение трактора по заданному курсу. Относительно недороги и могут быть установлены практически на любую технику. При работе с подруливающим устройством механизатору нужно следить за препятствиями на пути и брать управление на себя в конце ряда, когда нужно развернуться;
- Автопилоты гидравлического типа, воздействующие на траекторию движения посредством устройств, управляющих поворотом колес за счет гидравлической системы трактора. Более дорогое и технологичное решение обеспечивающее, однако, большую точность при работе. Ручное управление при этом не блокируется и имеет высокий приоритет. Для нормальной работы машинно-тракторного агрегата на неровных участках местности имеются гироскопические датчики горизонта. Учитывая широкий выбор переходных соединений гидравлических блоков управления, установка системы возможна практически на любой современный трактор.
- Системы автоматического вождения сельскохозяйственной техники.

Системы вождения сельскохозяйственной техники на отечественном рынке представлены следующими компаниями:

- Автопилоты компании Leica – mojoGLIDE, mojoRTK и mojoiRTK + QuickSteer, Mojo3D с подруливающим устройством QuickSteer;



Рисунок 53. Блок управления системы автоматического вождения сельскохозяйственной техники Leica mojoGLIDE.

- Автопилоты компании Claas Systems – спутниковая система GPS PILOT, электрооптическая система Laser PILOT, электромеханическая система Auto PILOT.

- Автопилоты компании Trimble – Trimble EZ-Steer (механический автопилот), Trimble AgGPS Autopilot (гидравлический автопилот), Trimble RTK Autopilot;

- Автопилоты компании TeeJet – FieldPilot, Voyager, Matrix (гидравлические автопилоты);

- Автопилот компании John Deere - Greenstar Autotrac (гидравлический или механический автопилот);



Рисунок 54. Оптический датчик системы автоматического вождения сельскохозяйственной техники Claas Laser PILOT установленной на жатке комбайна.



Рисунок 55. Основные элементы системы автоматического вождения сельскохозяйственной техники Trimble AgGPS Autopilot.



Рисунок 56. Основные элементы системы автоматического вождения сельскохозяйственной техники TeeJet FieldPilot 220.



Рисунок 57. Элементы управления системы автоматического вождения сельскохозяйственной техники John Deere - Greenstar Autotrac.

Традиционно, подобные системы включают в себя следующие основные компоненты:

1. Блок управления автопилотом (навигационный контроллер), своеобразный мозг системы, определяющий местоположения трактора или сельскохозяйственной машины и отдающий команды на управление её движением. Возможна работа в дифференциальном режиме с применением базовой станции и технологии RTK (Real Time Kinematic).



Рисунок 58. Автопилот Leica mojoGLIDE. Внешний вид и пример установки в кабине трактора.

2. Антенны для получения спутниковых сигналов и базовые станции.



Рисунок 59. Внешний вид антенн, принимающих спутниковые сигналы и пример их установки на кабине трактора.



Рисунок 60. Leica mojo RTK Base Station- простая, автономная базовая RTK станция (слева), компактная базовая станция BaseLine HD (справа).

3. Системы автоматического подруливания (для автопилотов «механического» типа). Это устройства, позволяющие построить автопилот на тракторе и другой технике, управляемой с помощью рулевого колеса. В соответствии с информацией с GPS-приемника устройство подкручивает рулевое колесо для поддержания правильного курса. Устройство заменяет собой более дорогие гидравлические автопилоты и позволяет выдерживать точность 2..30 см. В названии подобных устройств обычно содержится слово «Steer» (Quick **Steer**, EZ-**Steer**, Smart **Steer**), что в переводе с английского означает: править рулём, управлять, вести.



Рисунок 61. Подруливающие устройства для «механических» автопилотов, в данном случае – устройства, монтируемые на руль и не требующие вмешательства в гидравлику трактора.

Целесообразно отметить, что из опыта эксплуатации подобных устройств, установленных, в том числе, и на отечественной сельскохозяйственной технике, можно сделать следующие выводы:

- устанавливать системы автоматического подруливания целесообразно только на технику с полностью исправной и отрегулированной рулевой системой, так как значительный люфт рулевой колонки способен свести «на нет» работу подруливающего устройства;

- системы автоматического подруливания нецелесообразно устанавливать на технику с достаточно «тугой рулевой» («тяжёлым» рулём). Дело в том, что в некотором смысле, работа систем автоматического подруливания аналогична работе систем «круиз-контроля» у автомобилей – при любом вмешательстве со стороны водителя (в нашем случае механизатора) в процесс вождения (руления), автоматическая система отключается и «передает» управление человеку. На некоторых тракторах, например семейства МТЗ, штатная рулевая система является достаточно «жёсткой» и некоторые системы автоматического подруливания не удастся

агрегатировать с ней, постольку-поскольку из-за «жёсткости» руля подруливающее устройство не может повернуть руль и чувствуя значительное сопротивление, считает, что оно вызвано попыткой механизатора взять управление на себя. В этом случае система автоматического подруливания просто отключается.

4. Комплект оборудования для гидросистемы трактора (для автопилотов «гидравлического» типа).

Управление транспортным средством осуществляется через его гидравлическую систему. Команды управления на исполнительные органы формируются в контроллере системы. Контроллер оснащен датчиками поворота и ускорений по трем осям. Обработывая данные от GPS приемника и встроенных датчиков, контроллер управляет поворотным механизмом машины. Исполнительным органом системы является управляющий электрогидравлический клапан, встраиваемый непосредственно в гидросистему трактора. Получая команды от контроллера, клапан автоматически управляет поворотным механизмом трактора. Соединения масляных магистралей производится дополнительными шлангами и фитингами. Для обратной связи используется гироскопический или потенциометрический датчик положения колес. Информация об угле повороте колес используется для уточнения управляющих команд.

5. Опционально, вместо систем, работающих на основе GPS/ГЛОНАСС сигналов возможно использование систем позволяющих осуществлять автоматическое вождение сельскохозяйственной техники строго по созданным ранее рядкам. При этом не используется система глобального позиционирования. Система строит трехмерную картину микрорельефа с помощью двух камер и направляет технику, давая команды на гидравлическую систему, строго вдоль сделанных ранее рядков. Точность составляет 3...5 см. В качестве примеров подобных систем следует назвать Claas Laser Pilot (см. рис 5.15) и Claas CAM Pilot.



Рисунок 62. Электрооптический датчик системы Claas CAM PILOT установленный на грузах, предназначенных для увеличения сцепного веса, в передней части трактора.



Рисунок 63. Автопилот с оптическим датчиком EYE-DRIVE (CAM PILOT) в работе.

5.4. СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЖДЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.

Системы параллельного вождения предназначены в первую очередь для высокоточного вождения сельскохозяйственной техники по заданному маршруту в пределах поля.

Таблица 3. Пригодность систем к использованию в различных сельхозоперациях.

Сельхозоперация	Требования к системе		Система параллельного вождения (только терминал или курсоуказатель)		Система параллельного вождения с подруливающим механизмом			Система автоматического вождения	
	Относительные	Абсолютные	DGPS	Спутниковые коррективы	DGPS	Спутниковые коррективы	RTK	DGPS	Спутниковые коррективы
Почвообработка	10-30 см.	незначительные	++	++	++	++	++	++	++
Опрыскивание СЗР	10-30 см.	незначительные	++	++	++	++	++	++	++
Посев (непропашные культуры)	5-10 см.	30 см.	-	-	-	+	+	-	+
Работа по постоянным колеям	2 см.	2 см.	-	-	-	+	+	-	+
Strip-Till	2 см.	2 см.	-	-	-	-	+	-	+
Посев (пропашные культуры)	2 см.	2 см.	-	-	-	-	+	-	+
Уход за посевами (пропашные культуры)	2 см.	2 см.	-	-	-	-	-	-	+
Работы на опытных участках	2 см.	2 см.	-	-	-	-	-	-	+
++ хорошо подходит + подходит - не подходит									

Таблица 4. Размер перекрытий и тип используемой системы.

Показатель	Без системы параллельного вождения	С системой параллельного вождения	С системой автоматического вождения
Перекрытия, %	4	0,92	0,2
Полоса перекрытия, м.	0,95	0,22	0,048
Площадь с учетом перекрытий, га	1040	1009,2	1002
*При общей площади 1000 га, ширине захвата агрегата 24 м, перекрытия 4%			

С их помощью возможно решение следующих задач:

- Экономия удобрений, средств защиты растений, семян, топлива и других средств производства за счет сокращения ширины полосы двойной обработки (полоса между двумя смежными проходами техники);
- Повышение интенсивности использования сельскохозяйственной техники, имеющейся в хозяйстве (появляется возможность высококачественной работы в ночную смену, в туман или дым) и производительности труда;
- Параллельное вождение по приборам позволяет улучшить качество и оперативность выполнения технологических операций;
- Снижается утомляемость механизатора.

Системы параллельного вождения можно разделить на три класса:

1. Системы, не имеющие возможности модернизации до автопилотов;
2. Системы с возможностью модернизации до установки подруливающего устройства («Steer»);
3. Системы с возможностью полноценной модернизации до систем автоматического вождения (автопилотов).

Экономия (€)

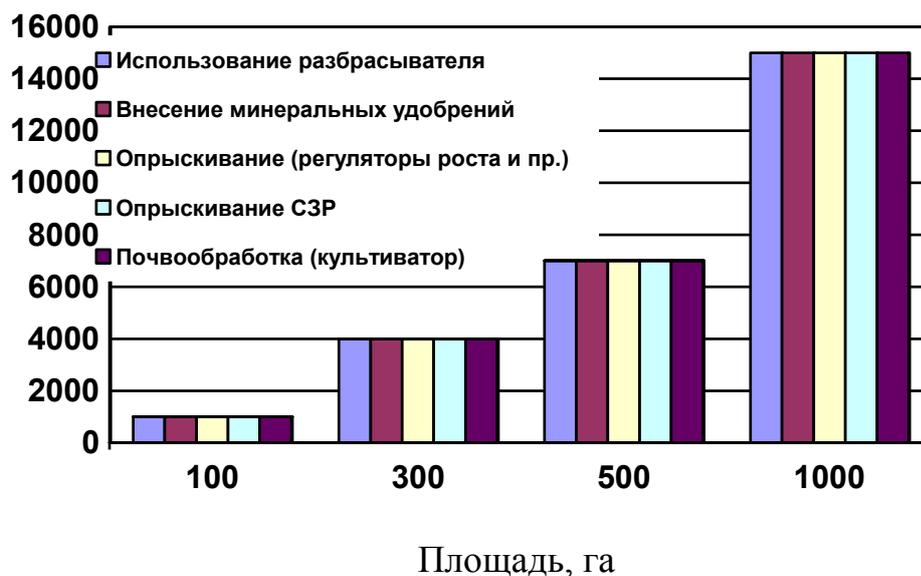


Рисунок 64. Снижение затрат в зависимости от площади.

Основные элементы систем параллельного вождения:

- Курсоуказатель (необходим для настройки системы, расшифровки спутниковых сигналов принимаемых антенной, обработка данных, вывод указателя курса). Курсоуказатель может быть оснащен жидкокристаллическим экраном или показывать курс (отклонение от курса) с помощью светодиодных индикаторов. По большому счету, способ отображения курса решающего значения не имеет, однако приборы, оснащенные жидкокристаллическими экранами, как правило, имеют больше различных полезных дополнительных функций и более удобны для восприятия;
- Приемник спутниковых навигационных сигналов. В настоящий момент начинают появляться GPS/ГЛОНАСС приемники, рассчитанные на работу с сигналами обеих навигационных систем с большим количеством каналов для приема сигнала.

Система параллельного вождения функционирует следующим образом:

- Устанавливается электронный маркер (курсоуказатель);

- Машинно-тракторный агрегат выезжает в поле;
- Включается система параллельного вождения;
- Задается ширина захвата агрегата, установленного на трактор;
- Электронный маркер определяет местоположение машинно-тракторного агрегата, основываясь на сигналах, получаемых со спутников. Как правило, состояние сигнала отражают индикаторы: красный – характеризует недостаточность информации для определения местоположения, желтый – прибор работает с точностью, предоставляемой навигационной системой без дифференциальной поправки, зеленый – в работе прибора учитывается дифференциальная поправка. После появления индикатора, система параллельного вождения готова к работе;

- Механизатор фиксирует точку начала движения (обработки);
- Проехав до конца гона или отъехав на расстояние минимум 30 метров от точки начала движения механизатором фиксируется точка окончания движения;

- Компьютер системы параллельного вождения строит в своей памяти линию, соединяющую две эти точки. Электронный маркер создает в памяти маршруты, параллельные базовой линии на расстоянии ширины захвата агрегата на основании данных о местоположении, ширины агрегата, и вычисленных величин и направлений отклонения машины от заданного курса. Маршруты могут быть как прямыми, так и криволинейными;

- Механизатор может обрабатывать поле, ориентируясь на светодиодные индикаторы или карту поля, отображаемую на дисплее, где так же фиксируется направление и величина отклонения трактора от маршрута, заложенного курсоуказателем;

- На дисплее в режиме реального времени происходит перерисовка электронной карты с учетом перемещения машинно-тракторного агрегата, отображение его текущего положения каким-либо условным знаком в центре

окна карты, фиксация необходимых данных, отображение дополнительных характеристик;

- Все вышеперечисленные «подсказки» указывают механизатору - в какую сторону и на сколько поворачивать рулевое колесо для правильного прохождения ряда.

Системы параллельного вождения сельскохозяйственной техники на отечественном рынке представлены следующими моделями:

Outback S-Lite – базовое устройство в линейке систем параллельного вождения марки Outback. Устанавливается практически на любую машину, имеет интуитивно понятный и удобный для восприятия интерфейс. Для освоения системы и работы с ней не требуется специальной теоретической подготовки. Имеется возможность выбора параллельного или контурного режимов вождения, продолжения движения с места остановки, вычисления площади поля.



Рисунок 65. Базовый блок системы параллельного вождения Outback S-Lite.

Система поддерживает следующие варианты вождения: прямые ряды, параллельные базовой линии, задаваемой двумя точками в начале и в конце первого ряда; криволинейные ряды, при этом каждый последующий ряд

повторяет предыдущий; комбинированный с предварительной обработкой зон разворота по контуру поля с последующей обработкой параллельными прямыми рядами. Максимальная точность вождения системы Outback S-Lite составляет 10-15 см (с учетом применения технологии бесплатной дифференциальной поправки e-Dif).

Outback S2 – функционально более усовершенствованная по сравнению с Outback S-Lite система, ориентированная на работу с автопилотом (например e-Drive). При работе с базовой станцией (RTK, BaseLine HD) точность вождения достигает 1-3 см. Система может использовать в работе дифференциальные поправки WAAS и e-Dif.



Рисунок 66. Базовый блок системы параллельного вождения Outback S2.

Outback S3 – один из флагманов линейки систем параллельного вождения Outback совмещающей в себе функционал системы Outback S2 и цветной сенсорный дисплей со встроенным DGPS приемником. Система имеет более высокую точность вождения за счет преобразование поля, отображаемого на дисплее, в трёхмерное изображение, что дает

механизатору более точное представление о местоположении техники относительно соседних рядов. Поддержка дифференциальных поправок e-Dif и Omnistar позволяет добиться точности вождения 5...10 см. При использовании базовой станции BaseLine HD точность вождения достигает 1...2 см. Система ориентирована на работу с автопилотом, позволяет подключить оптический датчик EYE-DRIVE. Может применяться при культивации, вспашке, севе яровых и озимых, опрыскивании, разбрасывании удобрений. Встроенный модуль компенсации угла позволяет сохранять точность вождения при движении по склонам и в условиях неровного ландшафта. С помощью запатентованной DGPS поправки e-Dif система сама вычисляет погрешность сигнала, вводит коррекцию и обеспечивает точность вождения, сравнимую с платными дифференциальными поправками (Omnistar VBS, Omnistar HP/XP, SF2) и пригодную для использования на севе даже непропашных культур. Это выгодно отличает системы Outback от других аналогичных устройств параллельного вождения.



Рисунок 67. Базовый блок системы параллельного вождения Outback S3.

Outback Sts (S touch screen) – это последнее добавление в линейку систем параллельного вождения Outback. Объединив самые популярные функции широко продаваемого Outback S2 с дружественным

пользовательским интерфейсом и сенсорным экраном Outback S3, Outback Sts предлагает целостное производственное решение с достаточно простым управлением.

Outback Sts оборудован большим цветным сенсорным дисплеем с высоким разрешением использующим GPS данные и специфическую информацию по проводимым работам. Он имеет набор легких в использовании надстроек и возможность установки и изменения направлений. Система обеспечивает широкий спектр опций управления работами, включая установку периметров, установку мест посадки, создание шаблонов и запись специфичной информации по работам, такую как тип проводимых посадок, направление ветра и температура. Вся эта информация может быть сохранена во внутренней памяти или передаваться через USB порт.

Система разработана с возможностью расширения и работы с другими устройствами. Функционал Outback Sts расширяется с помощью автопилота Outback eDrive, также возможна работа с Outback AutoMate - автоматической системой контроля за секциями распылителей, для минимизации перекрытий и пропусков.



Рисунок 68. Базовый блок системы параллельного вождения Outback Sts.

AutoMate может включать и выключать секции удобрения, базируясь на заранее заданных рамках поля, неудобряемых и незасеиваемых зонах и ранее заданных участках. AutoMate предоставляет 10-секционный автоматический контроль, имеет электрический теплый пол для подогрева семян и удобрений перед посадкой, имеет ручной контроль и позволяет внести до 8 заранее установленных зон без удобрения и посева. Новый интерфейс включает 1 набор для воздушного посева с 8 секциями и 2 набора для электрической сеялки с двумя или четырьмя секциями.



Рисунок 69. Базовый блок системы контроля за секциями распылителей Outback AutoMate.

Trimble Ez Guide 250 – система параллельного вождения предназначенная для установки на трактора, комбайны или опрыскиватели. Курсоуказатель системы сочетает в себе светодиодный курсоуказатель, цветной дисплей, возможность сохранять результаты выполненной работы и переносить их на компьютер для создания карт и отчетов. Устройство легко устанавливается на любую машину, имеет удобный интуитивно понятный интерфейс.

Курсоуказатель системы EZ-Guide 250 включает в себя:

- Встроенный приемник GPS сигналов с точностью работы от 40 до 15 см;

- 15 светодиодных индикаторов для указания направления движения;
- Большой цветной дисплей;



Рисунок 70. Базовый блок системы параллельного вождения Trimble Ez Guide 250.

- USB-порт для сохранения данных на компьютер, с целью создания карт и отчетов;
- Удобный, интуитивно понятный интерфейс;
- Ударопрочный корпус защищенный от пыли и влаги;
- Возможность работы с дифференциальной поправкой EGNOS и в режиме вычисляемой поправки OnPath без подключения внешнего GPS приемника (OnPath – встроенная бесплатная поправка – предназначена как резервная в случае пропадания сигнала – действует в течение примерно 20-30 минут. Точность около 30 см.);
- Автоматический расчет характеристик рабочего участка;
- Встроенные шаблоны движения машины по полю.

Trimble Ez Guide 500 - система параллельного вождения для сельхозмашин, включающая расширенный функционал и множество полезных приложений. Система работает с бесплатными поправками,

позволяющими добиться точности в 20-30 см, платными поправками, позволяющими добиться точности в 15-20 см, и базовой станцией по технологии RTK, позволяющими работать с точностью в 5 см. Курсоуказатель можно установить вместе с системой автоматизированного вождения и подруливающим устройством.



Рисунок 71. Базовый блок системы параллельного вождения Trimble Ez Guide 500.

Курсоуказатель системы EZ-Guide 500 включает в себя:

- Встроенный двухчастотный GPS/DGPS/RTK приемник с изменяемой точностью от 40 см до 5 см (RTK);
- 31 светодиодный индикатор для указания направления движения;
- Большой цветной дисплей;
- USB-порт для сохранения данных на компьютер, с целью создания карт и отчетов;
- Удобный, интуитивно понятный интерфейс;
- Ударопрочный корпус защищенный от пыли и влаги;

- Возможность работы с дифференциальной поправкой EGNOS и в режиме вычисляемой поправки OnPath без подключения внешнего GPS приемника;
- Возможность модернизации до системы автоматизированного вождения;
- Автоматический расчет характеристик рабочего участка;
- Встроенные шаблоны движения машины по полю.

Trimble AgGPS FmX - одна из первых систем параллельного вождения с поддержкой сигналов как GPS так и ГЛОНАСС. Использование в данном приборе обеих систем одновременно, позволило повысить точность позиционирования и дало возможность создавать карты полей с сантиметровой точностью. В данной модели имеется встроенный радиомодуль для беспроводного захвата видео и специализированное программное обеспечение для фермеров. Прибор AgGPS FmX – система параллельного вождения, которая может стать частью автоматизированной системы контроля и управления, если её доукомплектовать подруливающей системой EZ-Steer или системой автопилот.



Рисунок 72. Базовый блок системы параллельного вождения Trimble AgGPS FmX.

Ключевые особенности системы Trimble AgGPS FmX:

- Большой сенсорный дисплей (диагональ 31 см);
- Виртуальная световая панель указания курса;
- Возможность установки дополнительных световых панелей;
- Приемники сигналов GPS и ГЛОНАСС;
- Возможность модернизации до функции автоматического вождения и создания карт полей;
- Работа в режиме вычисляемой поправки OnPath с обоими приемниками;
- Возможность подключения дополнительных аксессуаров.

Trimble CFX-750 GPS/GLONASS/Omni Star VBS/XP/HP/RTK система параллельного вождения предназначена для параллельного вождения по курсоуказателю вдоль рядов в условиях любой видимости в ручном режиме либо в автоматическом режиме в составе автопилота, управления секциями опрыскивателей и сеялок, управления нормой высева, дифференцированного внесения удобрений.



Рисунок 73. Базовый блок системы параллельного вождения Trimble CFX-750.

Ключевые особенности системы Trimble CFX-750:

- Цветной сенсорный дисплей с диагональю 8 дюймов;
- Курсоуказатель с 27 светодиодами;
- Интерфейсы: 2 порта RS232/CAN, 1 порт CAN/Питание, USB - для подключения USB накопителей, TNC –в/ч вход для антенны AG 25, TNC - в/ч вход для антенны RTK; слот для радиомодема RTK 450 или 900 МГц; Типы дифференциальных поправок: OnPath, Egnos, Omnistar VBS/HP/XP, RTK.

• Для расширения базовых функций курсоуказателя возможно подключение следующих опций: автопилот Trimble Autopilot или устройства подруливания EZ steer, подключение внешнего курсоуказателя LB 25 и джойстика EZ-Remote, подключение до 2-х внешних видеокамер AgCAM для наблюдения за агрегатами во время работы на поле, подключение внешнего GSM/GPRS модема Ag3000 или Sierra для передачи данных с прибора в офис в режиме реального времени при работе с программным обеспечением Connected Farm, FarmWorks, активация функции Field-IQ при работе совместно с системой Trimble True Count для управления секциями сеялок и опрыскивателей, управлением точным высевом семян, а также функции VRA – дифференциального внесения удобрений на сеялках, опрыскивателях и разбрасывателях, активация режима дифференциальных спутниковых поправок OmniStar HP/XP; активация режима RTK для работы с базовыми станциями; активация ГЛОНАСС.

Итак, параллельное вождение на базе GPS-навигации – технически совершенная и экономически выгодная технология для современного растениеводства. Технология реализуется с помощью специальных систем, обеспечивающих оптимальное вождение, экономят топливо, средства защиты растений, удобрения и другие материалы, которые расходуются при полевых работах. Системы параллельного вождения увеличивают коэффициент использования техники, позволяя точно водить трактор или

комбайн по заданным рядам при любой видимости – днем и ночью, в туман, при сильной запыленности. В результате сокращаются сроки и стоимость выполнения работ.

5.5. СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.

Спутниковый мониторинг позволяет улучшить качество и достоверность сельскохозяйственной статистики, повышая точность, объективность и частоту наблюдений за аграрным производством.

Что касается нашей страны, то попытки внедрения подобных технологий наталкиваются на ряд сложностей. Прежде всего, отсутствуют инструменты для сбора точной информации о землепользовании и контроля технических средств производства, особенно в крупных хозяйствах. Руководители крупных хозяйств зачастую даже не обладают информацией о точных размерах собственных сельскохозяйственных угодий. Большие площади угодий требуют надежного программного обеспечения, которое обеспечит качественный контроль и удобную работу с информацией по всем полям и культурам. Внедрение подобного рода программ дает весьма ощутимый экономический эффект.

В настоящее время системы спутникового мониторинга в основном используются для управления и контроля автомобильного транспорта – для отслеживания незапланированных перемещений и выявления слива топлива. Систем управления сельскохозяйственным парком очень мало. Предпринимаются попытки внедрения систем автомобильного мониторинга в агропроизводство. Однако, задачи, которые выдвигают хозяйства, не всегда могут быть удовлетворены функционалом готовых систем, разработанных для другой отрасли. Земельный участок, будучи недвижим, тоже обладает изменчивостью: меняются культуры, технологии их возделывания, даже

границы полей с течением времени трансформируются, что приводит к изменению площадей. Все это тоже надо контролировать в реальном времени и хранить в течение нескольких лет, чтобы обеспечить преемственность информации и минимизировать проблемы, возникающие, в том числе, и вследствие смены кадров хозяйства.

В целом следует отметить, что внедрение подобных систем выводит управление хозяйством на качественно новый уровень, снижает эксплуатационные расходы, ограничивает нецелевое использование парка техники, увеличивая тем самым производительность. Кроме того, используя данные системы, можно обойтись минимумом персонала даже в больших хозяйствах, а контроль всех агротехнических сроков, несомненно, отзовется повышением урожайности основных культур.

На расширенном заседании Правительства Рязанской области в апреле 2012 г. министр сельского хозяйства и продовольствия региона доложил, что посевная площадь в этом году увеличилась на 6 тыс. гектаров и составила 774,5 тыс.га. Область полностью обеспечена семенами яровых зерновых культур и картофеля. На уровне прошлого года планируется внесение минеральных удобрений. Готовность основных видов сельхозтехники составляет 85%. К началу весенних полевых работ все хозяйства будут полностью обеспечены льготным топливом. Губернатор Олег Ковалев дал поручение пересмотреть в сторону увеличения объема вносимых удобрений, а также исключить возможность использования в ходе сева некондиционных семян. Особое внимание глава региона обратил на газификацию зерносушилок, которую потребовал провести до начала уборочных работ. Он также дал поручение рассмотреть возможность централизованной доставки топлива сельхозпредприятиям.

Также обсуждался вопрос оформления и регистрации не востребовавшихся земельных паев и долей, площадь которых в настоящее время превышает в регионе 400 тыс.га. По словам губернатора, необходимо

ускорить их передачу эффективным собственникам, чтобы пустить в сельхозоборот. Полученные при этом средства должны пойти в бюджеты поселений для целевого использования. Министр отметил, что «сегодня в условиях роста производства молока в Рязанской области (в первом квартале отмечается рост на 10% по сравнению с прошлым годом) и преддверии сезона большого молока общей задачей министерства, производителей и переработчиков является принятие мер для того, чтобы в летний период было меньше проблем и у тех, кто производит молоко, и у тех, кто его перерабатывает.

На сегодняшний день структурными подразделениями Минсельхоза РФ определены основные направления для внедрения систем глобального позиционирования в сельском хозяйстве, организована поставка оборудования ГЛОНАСС/GPS в центры и на станции агрохимической службы Минсельхоза России. Кроме того, в ряде аграрных вузов разработаны методики контактного картирования полей по плодородию почвы (содержанию гумуса) с применением спутниковых навигационных систем. Ведется комплексная отработка технологий, в том числе по адаптации навигационного оборудования к отечественной технике. В частности, в МСХА имени К.Тимирязева создан Центр точного земледелия по внедрению навигационных технологий в сельском хозяйстве.

Системы контроля и мониторинга представляют собой аппаратно-программные комплексы, состоящие из комплектов оборудования устанавливаемых на транспортных средствах или механизмах (от сеялок и комбайнов до автомобильной и тракторной техники) подлежащих контролю и специализированного программного обеспечения производящего обработку, анализ и визуализацию полученных от транспортного средства данных с последующим формированием отчетов. В транспортном средстве устанавливается GPS/ГЛОНАСС приемник, который определяет точное положение транспортной единицы, её скорость, направление движение и т.д.

Затем, при помощи GSM модема по сетям операторов сотовой связи эти данные в режиме реального времени передаются на специальный сервер, а затем через сеть Интернет пользователям системы.

Система способна проконтролировать большое количество параметров техники, как первичных, так и вторичных, от наличия водителя за рулем и уровня топлива в баках до расхода топлива и длительности стоянок. В случае если оснащенное датчиками контролируемое средство выпадает из зоны действия сети GSM по каким-либо причинам, все данные о его передвижении сохраняются в базе данных (до нескольких месяцев непрерывной работы) и приходят в виде отчетов клиенту при возобновлении связи.

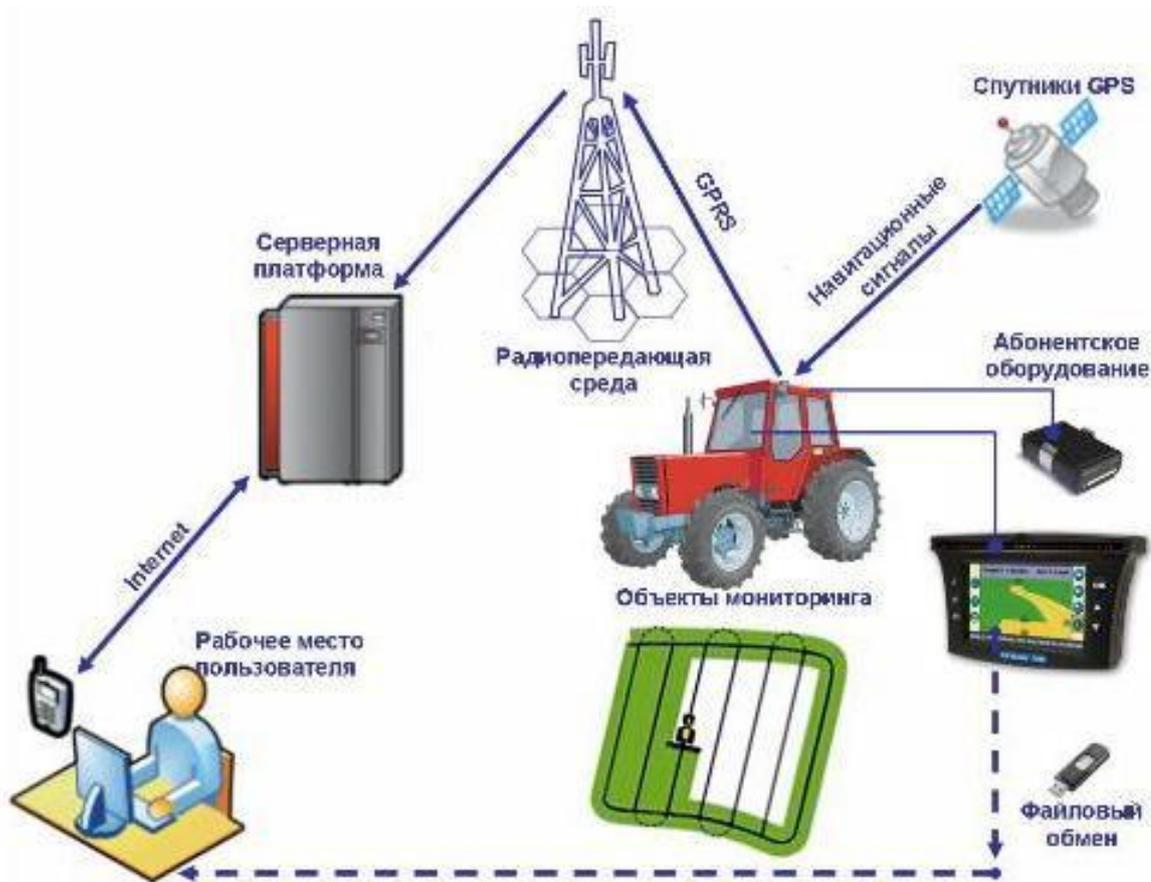


Рисунок 74. Принцип работы системы контроля и мониторинга.

Пользователю доступны карты, на которых отображается необходимый объект, а также база данных, в которой содержится вся полученная информация, она отображается и на картах, и в журнале событий.

В качестве примеров таких систем следует отметить:

- «АгроКонтроль» – специализированная система мониторинга и управления транспортом и земельными участками. Установленное на подвижный объект навигационное оборудование обеспечивает сбор необходимой информации и передачу на центральный сервер системы. Данная информация может быть доступна главному механику, зав. гаражом, инженеру, агроному или руководителю, который принимает решения. Передача данных осуществляется как через электронный накопитель (флэш-память), так и в реальном времени при помощи сетей сотовой связи.

- Система мониторинга техники «АвтоГРАФ» – гибкая и рентабельная система мониторинга техники, работающая на отечественных приборах.

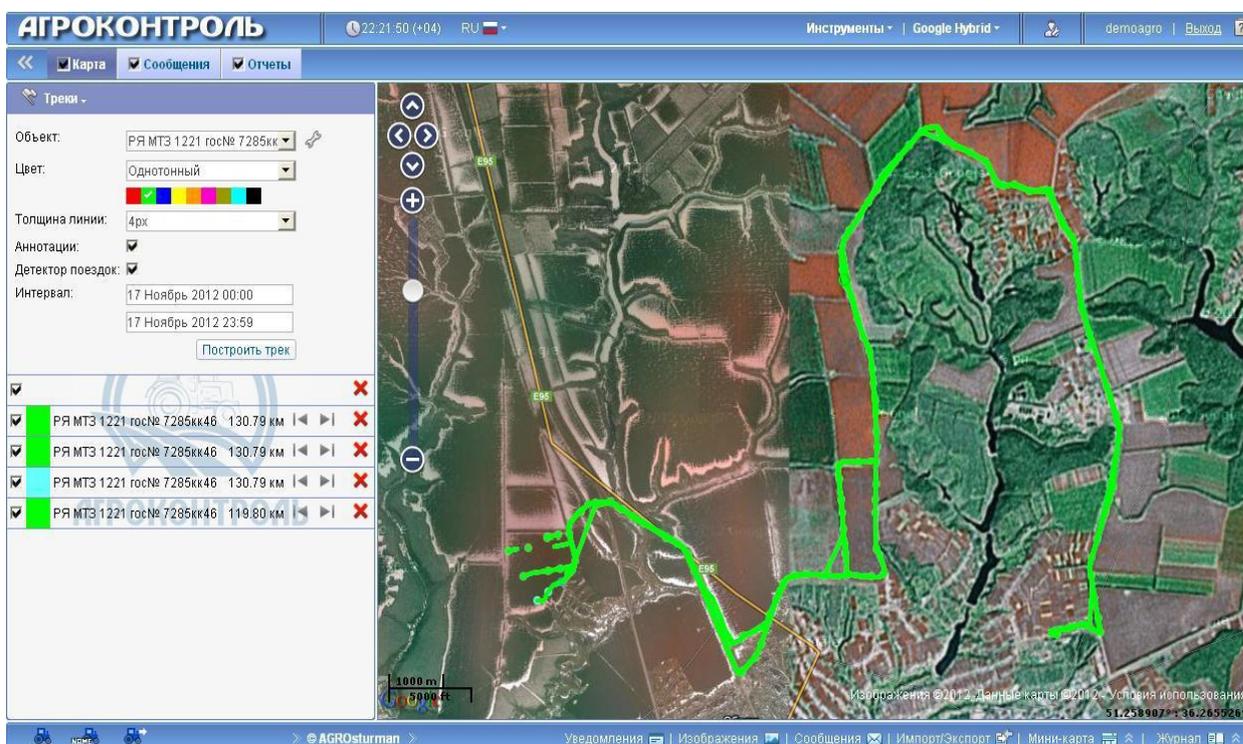


Рисунок 75. Пример интерфейса системы контроля и мониторинга «АгроКонтроль».

- «Навигатор-Агро» позволяет осуществлять проверку работы агрономов, механизаторов и комбайнеров, оценивая качество работы, пресекая хищение посевного материала и товарного зерна, удобрений, средств защиты растений и ГСМ.

- «СКАУТ» или Спутниковый Контроль Автотранспорта и Учет Топлива – систему мониторинга и контроля транспортных средств. Благодаря этой системе можно отследить местоположение и состояние любого транспорта, на котором она установлена.

На рисунке 76 представлены этапы установки системы СКАУТ на самоходную машину ФГБОУ ВПО РГАТУ.



Рисунок 76. Установка системы СКАУТ на самоходную машину ФГБОУ ВПО РГАТУ.

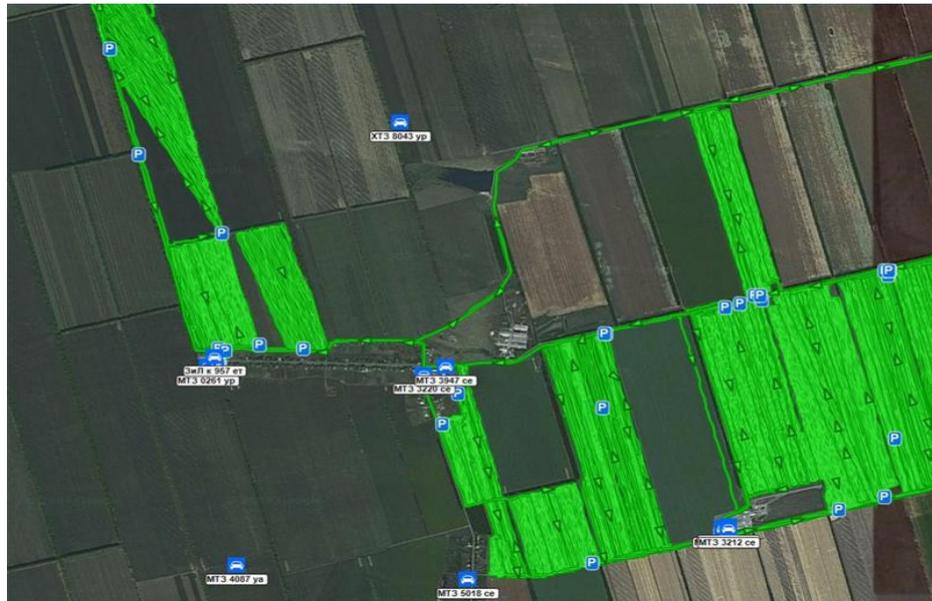


Рисунок 77. Пример интерфейса системы контроля и мониторинга СКАУТ: наложение трека на фотоснимки площадей из космоса.

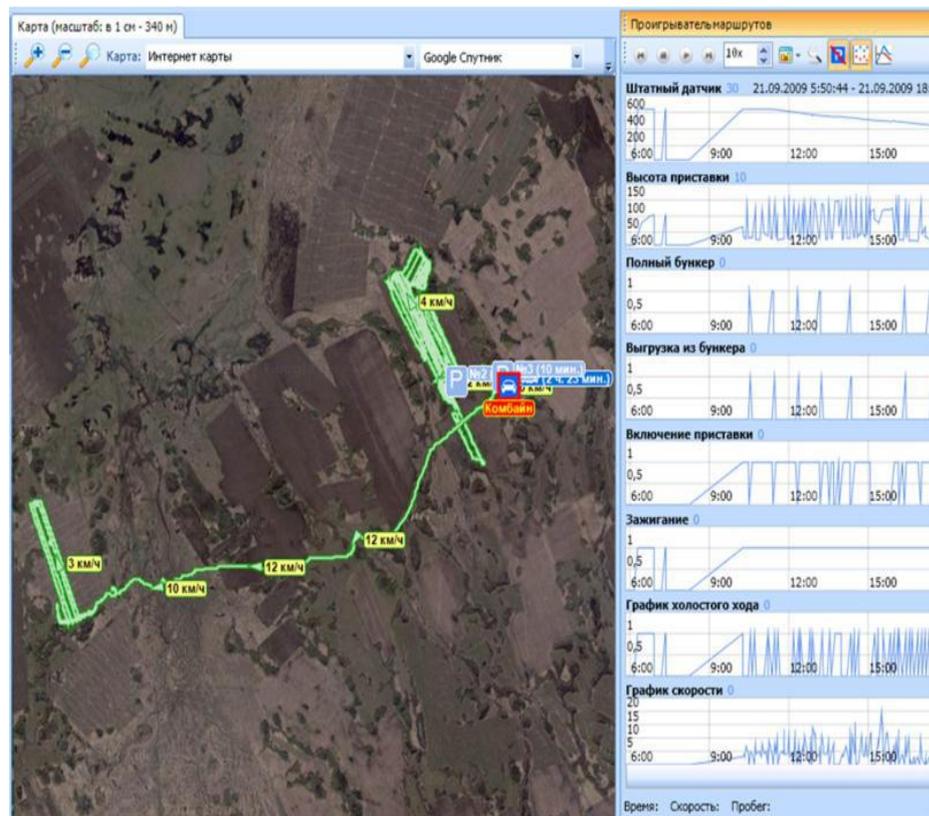


Рисунок 78. Пример интерфейса системы контроля и мониторинга СКАУТ: контроль основных параметров комбайна – график холостого хода, зажигание, график скорости, график наполнения бункера и выгрузки из бункера, контроль перемещения по полю, включение приставки и др.

В целом подобные системы позволяют решать следующий спектр задач:

- определение географического местоположения, направление и скорости движения сельскохозяйственных транспортных средств;
 - контроль погрузки, транспортировки и разгрузки сельскохозяйственных грузов;
- контроль расхода топлива, а также его несанкционированных сливов;
- учет обработанных сельскохозяйственной техникой земельных угодий;
 - контроль времени начала и окончания выполнения работ;
 - контроль соблюдение скоростного режима при выполнении сельскохозяйственных работ;
 - контролировать нахождение объекта в пределах обозначенного участка (поля) с контролем времени входа/выхода;
 - контроль соблюдения маршрута и вскрытие фактов его нарушения;
- контроль расхода топлива согласно пройденному пути.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные направления применения геоинформационных систем в агропромышленном комплексе?
2. Охарактеризуйте современные системы навигации для сельскохозяйственных машин.
3. Каково основное назначение систем контроля и мониторинга на сельскохозяйственных предприятиях?
4. Охарактеризуйте системы точного земледелия.
5. Каково назначение и принцип работы автопилотов для сельскохозяйственной техники?
6. Каково назначение и принцип работы систем параллельного вождения для сельскохозяйственной техники?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Динамичное развитие аграрного производства требует внедрения высокоэффективной системы земледелия, современных технологий сбора и обработки информации, необходимой для решения многочисленных производственных и управленческих задач с использованием современных технологий, в том числе - географических информационных систем (ГИС).

Применение космических и информационных технологий позволяет придать процессу управления сельским хозяйством страны такие свойства как глобальность, системность, оперативность, непрерывность.

В последние годы в области использования результатов космической деятельности в сельском хозяйстве отмечается определенный прогресс.

Но ГИСы в АПК сопровождаются следующие проблемы внедрения:

1. Дефицит информации о преимуществах, склонность руководителей сельхозпредприятий к «традиционным» методам хозяйствования.
2. Затраты времени на освоение, необходимость повышения квалификации специалистов.
3. Отсутствие на отечественном рынке роботизированной с.х. техники, в том числе, российского производства.
4. Отсутствие отечественного программного обеспечения.
5. Низкая доходность предприятий АПК, снижающая вероятность внедрения ГИС.

Для преодоления существующих затруднений авторы предлагают следующие мероприятия, которые предстоит реализовывать изучающим это пособие студентам уже в ближайшее время:

1. Создание федеральной комплексной ГИС специализированного – сельскохозяйственного назначения при соответствующих космических ресурсах.
2. Разработка унифицированного программного обеспечения.

3. Создание региональных центров информационных технологий точного земледелия на базе аграрных вузов во всех регионах РФ при активной поддержке государства.

В качестве примера авторы предлагают свой проект, доложенный на заседании секции департамента научно-технической политики Министерства сельского хозяйства Российской Федерации в 2013 году (Приложение).

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Агропромышленный комплекс России. Статистический сборник. - М.: ГУП «АгроПресс», 2004.
2. Агропромышленный комплекс Рязанской области. [Электронный ресурс] / Портал исполнительных органов государственной власти Рязанской области. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Рязанской области. – 2012. – Режим доступа: <http://www.ryazagro.ru>.
3. Алешин А. Кооперативные отношения в АПК [Текст] //АПК: экономика, упр. - 1998. - № 8. - С. 55-60.
4. Анфиногенова А., Крылатых Э. Стратегия развития АПК с учетом инновационных факторов [Текст] // АПК: экономика, управление. - 2006. - №3. - с.4-12.
5. Банькин В. Концепция реформирования АПК [Текст] // Сельскохозяйственная жизнь. – 2005. - 13 дек. - С.2.
6. Баранов Ю.К., Гаврюк М.И. и др. Навигация. 3-е изд., перераб. и доп. Спб. Лань 1997 г. 509 с.
7. Бастова М.Т. Инвестиционный процесс в сельском хозяйстве. [Текст] // Аграрная наука. 2002г. №4.
8. Баутин В.М. Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства [Текст] / В.М. Баутин и др.- М.: Колос, 2010.
9. Березовский Е. Внедрение технологий точного земледелия: опыт Тимирязевской академии [Электронный ресурс] / Е. Березовский, А. Захаренко, В. Полин. – 2009. – Режим доступа: <http://agroobzor.ru/zem/a-135.html>.
10. Богданов В.А. Сорочинский В.А. и др. Спутниковые системы морской навигации. – М.; Тр-т, 1987 г. 200 с.
11. Бусел И.П., Малихтарович П.И. Агробизнес: учеб. пособие. Минск.: Беларусь, 2009 г.

12. Быков А. Активизация инвестиционного процесса на сельхозпредприятиях. Экономика и управление. 2003 г. № 2.
13. Власов В.М. Использование ГИС в технологии диспетчерского управления маршрутизированным транспортом [Текст] / В.М. Власов, Д.Б. Ефименко, С.В. Жанказиев // Методическое пособие МАДИ (ГТУ); Под ред. В.М. Власова. – М., 2007. – 72 С.
14. Волков Н.М., Иванов Н.Е., Салищев В.А., Тюбалин В.В. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС [Текст] / Успехи современной радиоэлектроники. 1997 г. № 1.
15. Гаравский А.А. ГЛОНАСС глобальности не потеряет [Текст] / А. Гаравский // Красная звезда. – 2007. – 4 апр. - № 56. С.3.
16. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. М.: КНИЦ ВКС, 1995 г.
17. «ГЛОНАСС Систем». [Электронный ресурс] / ГК «ГЛОНАСС Систем». – 2012. – Режим доступа: <http://www.glonasssystem.ru>.
18. Государственная программа Российской Федерации «Космическая деятельность России на 2013 - 2020 годы» [Электронный ресурс] / Федеральное космическое агентство. – 2012. – Режим доступа: <http://www.roscosmos.ru/main.php?id=24>.
19. Груздев Н.М., Колчин Г.А. и др. Навигация. М.; В-дат, 1980 г. 382 с.
20. Дугин П.И. Резервы повышения производительности труда в сельском хозяйстве.- М. Росагропромиздат, 2007 г.
21. Жданович И. «Сердце» для навигатора [Текст] / И. Жданович // Российская газета. – 2007. – 31 мая. - №114. – С.1.
22. Жуков Л. Концепция занятости сельского населения [Текст] / Л. Жуков М.Москалёв, // АПК: экономика, управление. - 1998. - № 3.
23. Злобин В.К. Обработка изображений в геоинформационных системах. / В.К. Злобин, В.В. Еремеев, А.Е. Кузнецов // Рязан. гос. радиотехн. университет. Рязань, 2006. 264 с.

24. Информационные технологии. [Электронный ресурс] / Сайт Кунегина Сергея Владимировича, посвященный информационным и телекоммуникационным технологиям. – 2012. – Режим доступа: <http://kunegin.com>.
25. Ионов А.Ч. Экономические предпосылки регионализации АПК. [Текст] / А.Ч Ионов // Ставрополь: Ставропольское книжное изд-во, 2004 г. 64 с.
26. Караш Ю.Ю. Политическое решение космического уровня [Текст] / Ю.Ю. Караш // Независимая газета. – 2007. – 3 апр. - №67. – С.3.
27. Коляда С. Как все запущено [Текст] / С. Коляда // Итоги. – 2007. - №7. – С. 44-45.
28. Козловский Е. Искусство позиционирования. [Текст] / Е. Козловский // М.: 2006 г. № 12 с.204-280.
29. Космические технологии Земле. Системы навигации для сельхозмашин [Электронный ресурс] / Закрытое акционерное общество "Инженерный центр "ГЕОМИР" – Режим доступа: http://www.geomir.ru/ag_navigation_ru/.
30. Крамаренко В. Глобальная навигационная спутниковая система Отечества [Текст] / В. Камаренко // Независимое военное обозрение. – 2007 – 26 янв. - №3. – С.6.
31. Лантратов К. предвыборная навигация [Текст] / К. Лантратов // Коммерсант-Власть. – 2007. – №13. – С.26-28.
32. Липкин И.А. Спутниковые навигационные системы. М.: Вузовская книга, 2001 г.
33. Лисов И. Внедрение ГЛОНАСС: когда и как? [Текст] / И. Лисов // Новости космонавтики. – 2007. - №7. – С.50-53.
34. Лисов И. ГЛОНАСС: три «М»! [Текст] / И. Лисов // Новости космонавтики. – 2007. - №2. – С. 44-48.
35. Мельник И.В. Анализ сельскохозяйственных и геохимических свойств почв с использованием ГИС-технологий [Текст] / И.В. Мельник, Е.А.

- Яковлев, И.С. Шевченко // ARC Review. Современные геоинформационные технологии. – 2002. - №1 (20). – С.10-12.
36. Минасов М. Стратегия устойчивого развития агропромышленного комплекса [Текст] / М. Минасов // АПК: экономика, управление. - 2004. - №9.
37. Митин С. АПК России – приоритетный национальный проект // Сельская жизнь. – 2005. – 25 окт. – С.1, 3-4.
38. Мясников В. Подводные лодки и «Тополя» остались без поддержки из космоса [Текст] / В. Мясников // Независимое военное обозрение. – 2007. – 13 апр. - № 12. – С.1.
39. Мясников В. Ускорение для ГЛОНАСС [Текст] / В. Мясников // Независимая газета. – 2007. – 10 апр. – №73. – С.3.
40. Независимое военное обозрение. [Электронный ресурс] / Информационное агентство «Оружие России». – 2012. – Режим доступа: <http://nvo.ng.ru/armament>.
41. НИС ГЛОНАСС. [Электронный ресурс] / ОАО «Навигационно-информационные системы». – 2012. – Режим доступа: <http://www.glonass-ianc.rsa.ru>.
42. Новое сельское хозяйство [Электронный ресурс] / Журнал «Новое сельское хозяйство». – 2012. – Режим доступа: <http://www.nsh.ru/nsh-journal/2012/nsh-2-2012/>.
43. Птичкин С. Спутники рассекретили для водителей [Текст] / С. Птичкин, Ю. Гаврилов // Российская газета. – 2006. – 23 марта.
44. Поляков В.И. Информационная система управления землепользованием Красноярского края [Текст] / В.И. Поляков, А.И. Рюмкин, С.П. Сальников // ARC Review. Современные геоинформационные технологии. – 2002. - №1(20). – с.22.
45. Портал спутниковых технологий. [Электронный ресурс] / 2012. – Режим доступа: / <http://sharacom.com>.

46. Прикладной потребительский центр на базе Информационно-аналитического центра координатно-временного и навигационного обеспечения (ИАЦ КВНО) [Электронный ресурс] / ЦНИИмаш. – 2012. – Режим доступа: <http://www.glonass-ianc.rsa.ru>.
47. Прогноз мирового рынка GPS на 2013 год. [Электронный ресурс] / ООО «ТелеПроводник». – 2012. – Режим доступа: <http://www.teleprovodnik.ru/>
48. Программный комплекс WEB-GLONASS. [Электронный ресурс] / Компания «Ви-Тел» - разработчик системы спутникового мониторинга транспорта «WEB-GLONASS». ». – 2012. – Режим доступа: <http://www.web-glonass.com>.
49. Пулин Г. Венера, Марс и ГЛОНАСС [Текст] / Г. Пулин // ВПК. Военно-промышленный курьер. – 2007. – 28 марта. №12. – с.2.
50. Российская глобальная система навигации. [Электронный ресурс] / «Информационный портал системы ГЛОНАСС». – 2012. – Режим доступа: <http://www.glonassgsm.ru>.
51. Савицкая Г.В Анализ хозяйственной деятельности предприятий АПК: Учебник / Г.В. Савицкая. - Мн.: Новое знание, 2009. - 687 с.
52. Система «Автопилот». [Электронный ресурс] / Общество с ограниченной ответственностью «Компания «Ньютехагро» и общество с ограниченной ответственностью ООО «Интерпарк-Агро» – Режим доступа: http://agromonitoring.ru/catalog/sistema_avtopilot/.
53. Системы параллельного вождения для сельскохозяйственной техники [Электронный ресурс] / Общество с ограниченной ответственностью «ЭКО-Разум» – Режим доступа: <http://eco-razum.com/?q=node/14>.
54. Системы точного земледелия и параллельного вождения [Электронный ресурс] / Общество с ограниченной ответственностью «Тамбовнавигация» – Режим доступа: http://www.tmbnavi.ru/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=20&Itemid=70

55. Славина Н. Им сверху видно все [Текст] / Н. Славина // Российская газета. – 2007. – 25 мая.
56. Соловьев, Ю. А. Системы спутниковой навигации / Ю. А. Соловьев . – М. : Эко-Трендз, 2000.
57. Сорокин А.В. «АГРОКОНТРОЛЬ» или ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДСТВОМ [Электронный ресурс] / А.В. Сорокин. – Режим доступа: <http://agrosturman.ru/2011-06-29-16-08-01/stat-agrogps.html>.
58. Состав и состояние орбитальной группировки системы ГЛОНАСС. [Электронный ресурс] / Российская система дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ). – 2012. – Режим доступа: <http://www.sdcm.ru/smglo/grupglo?version=rus&site=extern>.
59. Спутниковая навигация поможет АПК [Текст] // Аграрный вопрос. Деловое издание для руководителей и специалистов АПК Рязанской области. – 2012. – №4 (36) – с.1.
60. Сычев В.Г. Методика отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференцированного применения удобрений / В.Г. Сычев, Р.А. Афанасьев, Г.И. Личман, М.Н. Марченко. – М.: ВНИИА, 2007. – 36 с.
61. Тимофеев В. Проблемы развития социальной сферы села: стратегия и тактика // АПК 1997 № 8.
62. Топсахалова Ф.М. Совершенствование механизма инвестирования как условие повышения привлекательности сельского хозяйства. // Финансы и кредит. – 2003 г. № 1.
63. Тушканов М.П., Шакиров Ф.К. Хозяйственный расчет и подряд в сельском хозяйстве.//М. 1991, стр.253.
64. Филиппов П. Иллювиева Е. Бизнес-план вашего предприятия. СПб. Норма, 2000 г.

65. Харисов В.Н. Глобальная Спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС. М. ИПРЖР 2003 г.
66. Шилин Б.В. Тепловая аэросъемка при изучении природных ресурсов [Текст] / Б. В. Шилин // Ленинград, Гидрометеиздат 247 с. ил.
67. Шпилько А.В. Экономическая эффективность механизации сельскохозяйственного производства. Москва, 2009 г.
68. Ячменникова Н. Россия смотрит в небо [Текст] / Н. Ячменникова // Российская газета. – 2007. – 23 мая.
69. Hemisphere GPS представили Outback Sts (TM) – точную систему фермерского управления [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс GPS Ukraine.net. – 2012. – Режим доступа: <http://www.gpsukraine.net/articles/56c3/>.
70. GPS для «точного земледелия». Агрокультура. Инновационное сельское хозяйство [Электронный ресурс] / Общество с ограниченной ответственностью "Агрокультура" – Режим доступа: http://www.agkultura.ru/products/precision_farming.
71. GPS-CLUB. Сообщество любителей и профессионалов. [Электронный ресурс] / ООО «Восход» – 2012. – Режим доступа: <http://gpsclub.ru>.
72. Outback Sts. Телематика. Технологии точного земледелия. [Электронный ресурс] / Общество с ограниченной ответственностью «Телематика» – Режим доступа: <http://www.agro-gps.ru>.

Ломоносов Дмитрий Александрович

Геоинформационные системы в агропромышленном комплексе:
методические указания для практических работ для обучающихся по
направлению подготовки 35.04.06 (Агроинженерия)

ЭЛЕКТРОННОЕ ИЗДАНИЕ

ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

Адрес: 692510, г. Уссурийск, пр-т Блюхера, 44