

УДК 631.4

**ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
АГРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА.
ЧАСТЬ III**

Рекс Леонид Мечеславович
д.т.н., профессор, академик РАЕН
*Московский государственный университет
природообустройства*

Тимохин Вячеслав Михайлович
ведущий специалист Федерального
Государственного Унитарного Предприятия
«Российский научно-исследовательский институт
космического приборостроения»

Представленный материал в практическом приложении описывает информационную структуру региональной системы агрокосмического мониторинга сельскохозяйственных земель с учетом увязки информационных потребностей в решении задач по оценке состояния сельскохозяйственных культур, реальных возможностей современной спутниковой аппаратуры, реальных возможностей различных информационных каналов, тематического полигонного обеспечения, технологий тематического дешифрирования. Другими словами, нами представлена модель, которая на основе дистанционно-контактного контроля о состоянии сельскохозяйственных земель и, главным образом, за состоянием растительного покрова почвы (как индикатора) сможет обеспечить различным сельскохозяйственным потребителям и государственным контролирующим органам решение целого ряда задач в агроэкологической сфере

Ключевые слова: КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ, СЪЕМОЧНАЯ АППАРАТУРА. РАСПИСАНИЕ ПРОЛЕТА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ДИСТАНЦИОННО ПИЛОТИРУЕМЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ, ПЕРСОНАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ ПРИЕМА СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ, АПРИОРНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ПОЛИГОННАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ТЕМАТИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ

3) Изучение информативных свойств панхроматического канала

КА Ресурс ДК1

UDK 631.4

**PRACTICAL BASE OF AGRO-COSMICAL
MONITORING. PART III**

Rex Leonid Mecheslavovich
Dr. Sci. Tech., professor, academic of RANS
*Moscow State University of Nature arrangement,
Moscow, Russia*

Timohin Vyacheslav Mikhaylovich
leading specialist of the Federal State Unitary
Enterprise "Russian research institute of cosmic
instrument making"

The presented material in a practical exhibit describes the information structure of the regional system of agro-cosmic monitoring of the agricultural lands with the provision for tying ups of the information needs for decision of the problems on estimation of the condition of the agricultural cultures, real possibilities of the modern satellite equipment, real possibilities of different information channels, thematic полигонного provision, the technology of thematic decoding. In other words, this is the model, which will be able to provide the decision of a number of problems in agro-ecological sphere to different agricultural consumer and state checking authorities on a base of remote-contact checking for condition of the agricultural lands and, mainly, for condition of the vegetable cover of ground (as an indicator).

Keywords: COSMIC DEVICES, SHOOTING EQUIPMENT, TIMETABLE OF THE STAIRWELL COSMIC DEVICE, REMOTE CONTROLLED FLYING MACHINE, SATELLITE DATA PERSONAL RECIEVING STATION, A PRIORI INFORMATION, THEMATIC DECODING

Эксперимент проводился в текущем году. Снимок получен с КА Ресурс ДК1 23 июля 2008 года. Размещение тестовых участков полигона показано на космоплане (рис. 6).

Поле 1В (рис. 16)

На дату съемки подстилающая поверхность поля 1В представляла собой чистый пар, без растительного покрова. Для такого типа поверхности более всего информативна полоса 0.5-0.6 мкм или панхроматический диапазон. В данном случае представлена уникальная возможность дистанционно проанализировать состояние чистого почвенного покрова: его мощность, механический состав подпочвенных грунтов, гумусированность верхних слоев почвы и технологию обработки почвы. Темные пятна на снимке (за исключением теней от лесополос (время съемки – 16 часов по московскому времени) указывают на участки поля с наибольшей гумусностью и мощностью почвенного слоя более 27-30 см. Светлые пятна указывают на участки поля с близко залегающими глинистыми подпочвенными грунтами (менее 25-27 см. от поверхности), поднимаемыми на поверхность при вспашке. Продольные полосы говорят о свально-развальном формировании грунтов при вспашке (развал в месте нахождения полосы) и направлении вспашки. Информативность снимка по рассмотренной тематике очень высока в связи с высоким геометрическим разрешением (не грубее 2-х метров) а также высоким (16 бит) радиоярким разрешением, что несомненно является одним из главных положительных достоинств аппаратуры КА Ресурс ДК1 в данной тематике

дешифрирования.

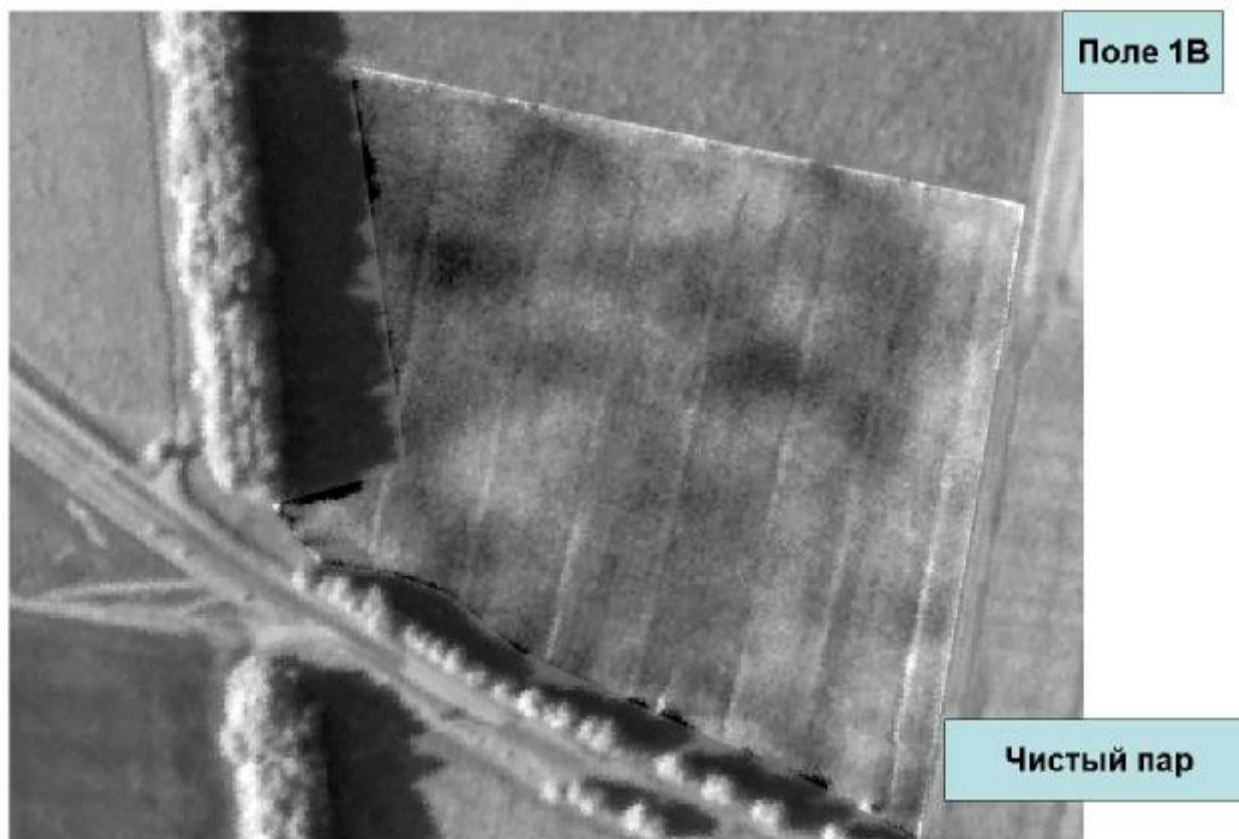


Рисунок 16 – Поле 1В (тестовый участок)

Поле 2А (рис. 17)

На дату съемки подстилающая поверхность поля 2А состояла из двух равновеликих участков и представляла собой два типа растительного покрова: картофель (слева) и озимый ячмень (справа). Такой тип поверхности лучше всего анализировать по космическим снимкам с использованием так называемого «вегетационного индекса». К сожалению, аппаратура КА Ресурс ДК 1 не имеет полосы ближнего инфракрасного диапазона. Что не позволяет по снимкам этого КА синтезировать изображение в вегетационном индексе и является одним из главных недостатков аппаратуры КА. Однако, высокие информативные качества панхроматического режима (высокое геометрическое разрешение, а также высокое (16 бит) радиояростное разрешение) позволяют в значительной степени компенсировать указанный недостаток. В данном случае

представлена возможность дистанционно проанализировать состояние растительного покрова: его степень однородности, степень полегания и определить предшествующие культуры. Растительный покров первого участка (слева) представляет собой картофель. Темные пятна на участке указывают на места в поле с остатками предшественника (люцерны). Растительный покров другого участка (справа) представляет собой озимый ячмень. Светлые тона указывают на места полеглого ячменя. Основной причиной значительного полегания посева являются неблагоприятные погодные условия. Неблагоприятность погодных условий заключается в выпадении в начале июля значительного количества атмосферных осадков (с 3-го по 6 июля выпало 90 мм дождя), что способствовало чрезмерному усвоению ячменем внесенных под нынешний урожай удобрений, а также удобрений имевшихся ранее и снижению по этой причине устойчивости растений к полеганию.

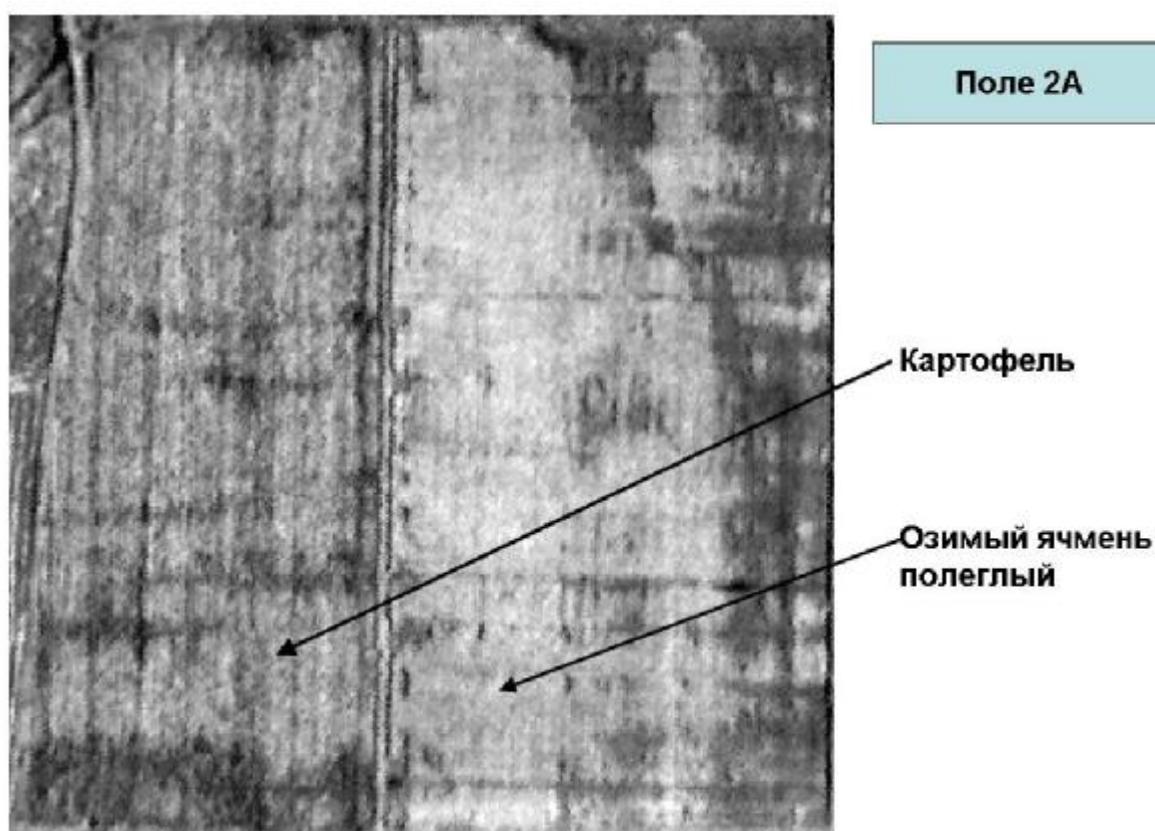


Рисунок 17 – Поле 2А (тестовый участок)

Поле 3Д (рис. 18)

На дату съемки подстилающая поверхность поля 3Д представляет собой один тип почвенно-растительного покрова: картофель.

Растительный тип подстилающей поверхности лучше всего анализировать с использованием так называемого «вегетационного индекса». Однако, высокие информативные качества панхроматического режима (высокое геометрическое разрешение, а также высокое (16 бит) радиояростное разрешение) позволяют в значительной степени компенсировать отсутствие такой возможности для съемок с КА Ресурс ДК1.

В данной задаче представлена возможность дистанционно в панхроматическом диапазоне распознать на снимке не только сельскохозяйственную культуру, но и разделить ее по сортам.

Распознавание сельскохозяйственной культуры основывается на анализе текстуры изображения. Текстура изображения (пересечение продольных и поперечных полос) характерна для технологии возделывания картофеля. Первоначально при вспашке вдоль границ поля образуются характерные развальные полосы. При посадке картофеля борозды нарезаются поперек вспашке и отражаются на снимке в виде поперечных полос.

На снимке четко выделяется геометрически правильная разнородность картофеля по биомассе (более темный тон в панхроме характеризует большую биомассу), что указывает в данном случае на разноростность. Картофель, выделяющийся более темным тоном, относится к сорту "Елизавета", представляющий ранние сорта картофеля (соответственно, вегетативно более развитые на дату съемки). Другой сорт картофеля - "Удача".

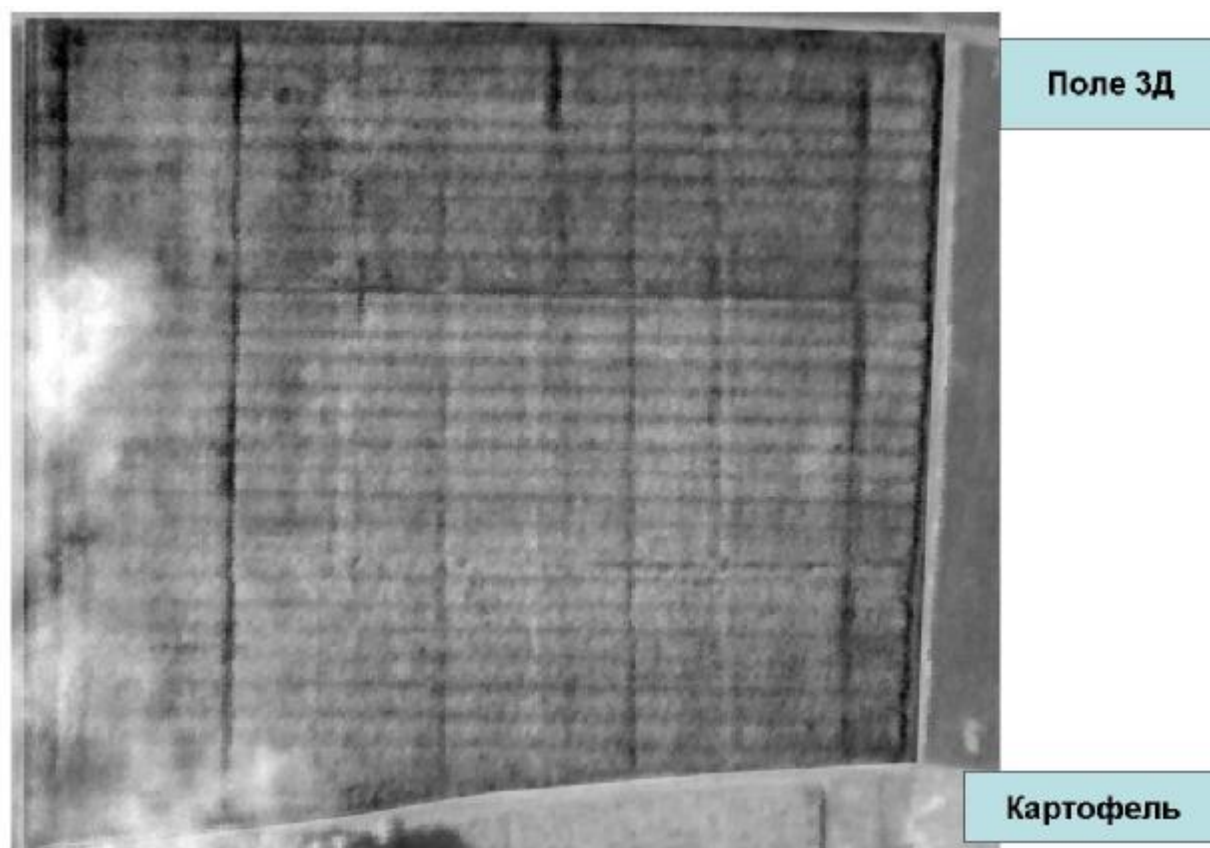


Рисунок 18 – Поле 3Д (тестовый участок)

Поле 5Д (рис. 19)

На всем поле находится озимая пшеница сорта Московская 39. Различие в предшественниках: на участке слева предшественником является пар; на участке справа – гречиха. По всей видимости, разные предшественники сформировали разную устойчивость пшеницы к полеганию. На участке слева, как и на большинстве таких участков (озимая пшеница после пара) отмечается интенсивное полегание. В то же время, совершенно не отмечено полегания на участке озимая пшеница после гречихи.

Биологическая урожайность озимой пшеницы в целом на поле достаточно высока (около 50 ц/га). На это указывает относительно темный тон панхроматического канала в местах неполеглого посева. Фактическая урожайность в итоге составила 31.0 ц/га, что является следствием потерь (около 40%) при уборке полеглых хлебов.



Поле 5Д, озимая пшеница

Рисунок 19 – Поле 5Д (тестовый участок)

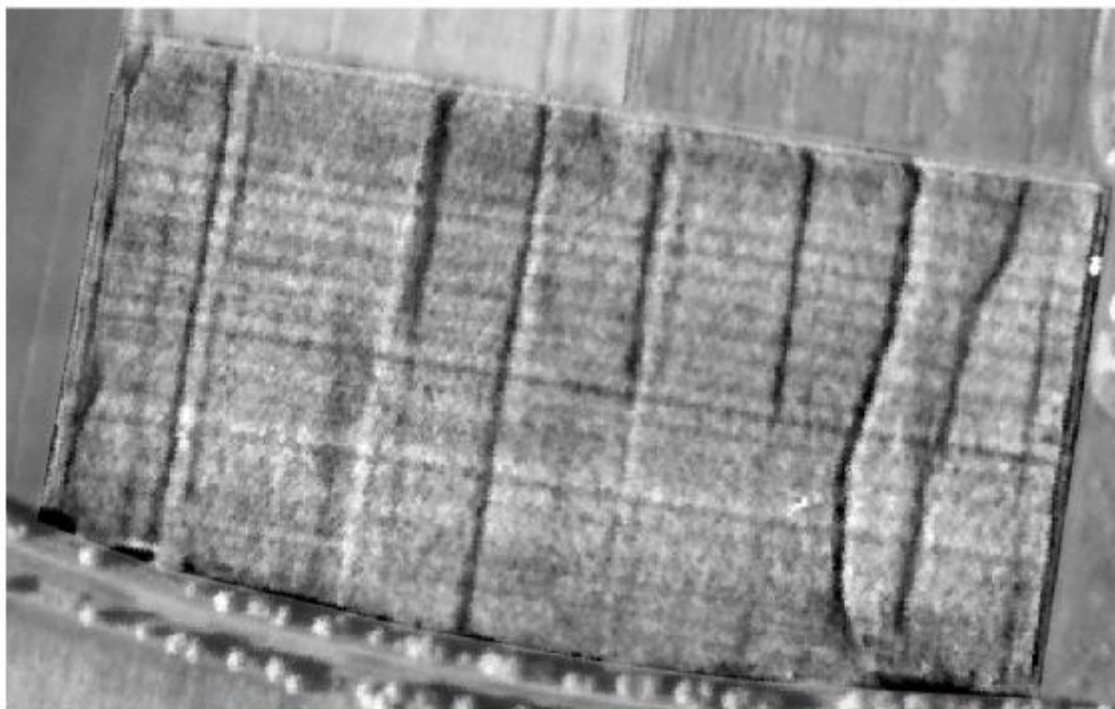
Поле 6В (рис. 20)

На дату съемки подстилающая поверхность поля 6В представляет собой один тип почвенно-растительного покрова: картофель.

Распознавание сельскохозяйственной культуры основывается на анализе текстуры изображения. Текстура изображения (пересечение продольных и поперечных полос) характерна для технологии возделывания картофеля. Первоначально при вспашке вдоль границ поля образуются характерные развальные полосы. При посадке картофеля борозды нарезаются поперек вспашке и отражаются на снимке в виде поперечных полос. Снимок наглядно отображает эрозионные процессы, происходящие на поле при неблагоприятных погодных условиях.

В частности, в текущем году в начале июня прошли ливневые дожди, которые произвели значительные размывы картофеля на этом поле. В

начале июля также выпадало повышенное количество атмосферных осадков.



Поле 6В, картофель

Рисунок 20 – Поле 6В (тестовый участок)

Поле 9А (рис. 21)

По характеру подстилающего покрова поле 9А состоит из двух участков: чистый пар и озимая пшеница. Участок озимой пшеницы в свою очередь разбивается на два участка, в связи с разными предшественниками: средний участок поля имеет предшественником клевер, а нижний участок поля имеет предшественником чистый пар.

Как и в ранее рассмотренных участках чистых паров участок чистого пара поля 9А имеет по снимку аналогичные информативные показатели, наглядно характеризующие возможности панхроматического канала высокого геометрического и яркостного разрешения самым достоверным способом определять пестроту плодородия поля.

По состоянию озимой пшеницы с учетом предыдущих анализов можно прийти к выводу, что в аналогичных погодных условиях

устойчивость озимых зерновых к полеганию снижается, если предшественником посева озимых являются пары. Мы практически не наблюдаем в текущем году существенного полегания озимых на других предшественниках.

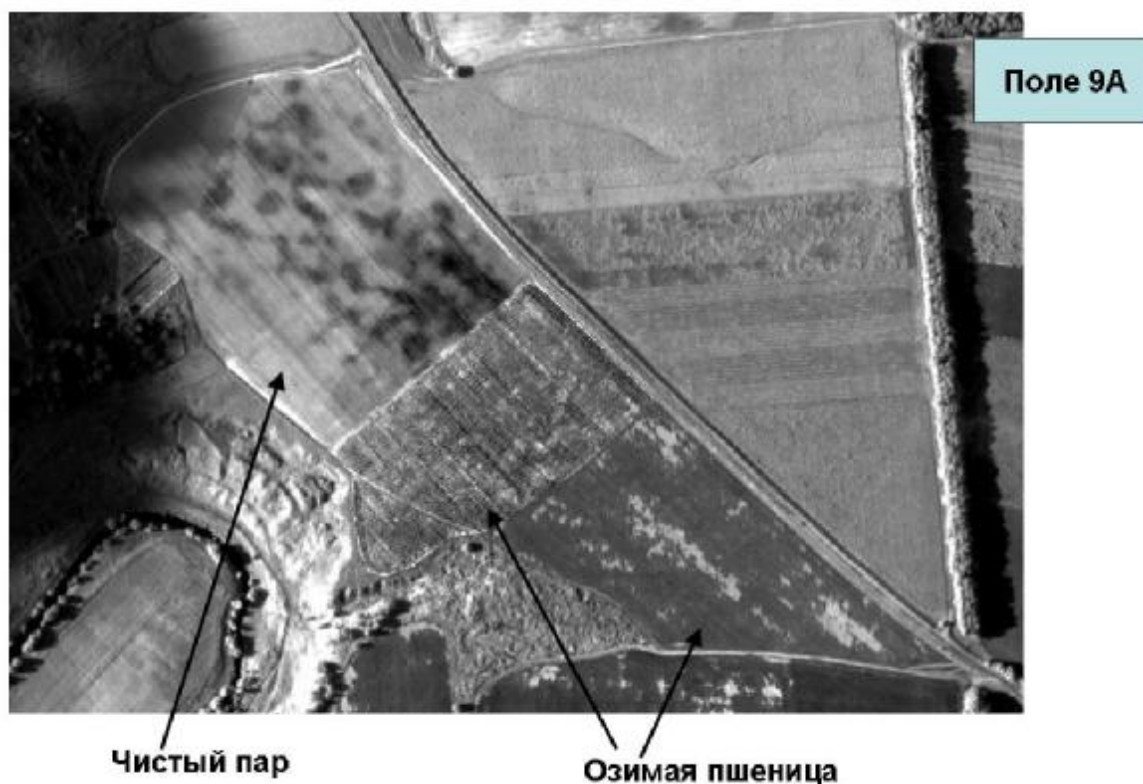


Рисунок 21 – Поле 9А (тестовый участок)

1.13 Моделирование продуктивности биогенезов (Блок 13)

Как показал проведенный анализ возможностей создания для системы агрокосмического мониторинга посевов сельскохозяйственных культур «банка знаний», решения проблемы создания такого банка требуют разработки специальной концепции с учетом большого количества требований к его функционированию.

Одной из наиболее важных составных частей информационной системы агрокосмического мониторинга является подсистема прогноза развития и оценки состояния антропогенных экосистем. Эта подсистема должна содержать в себе банк имитационных динамических и динамико-статистических **моделей развития экосистем**, методов прогноза

урожайности и оценки состояния посевов и др. Как показал проведенный анализ существующих традиционных методов прогноза и динамических моделей продуктивности посевов, большинство из них ориентировано на нестандартную, очень специфичную входную информацию, которую получить дистанционными и стандартными методами наблюдений достаточно проблематично. Поэтому, на наш взгляд, главным критерием разработки методов прогнозов развития и функционирования антропогенных растительных экосистем (кроме достоверности и оправдываемости прогноза) должна быть предоставлена возможность использования при разработке моделей биопродуктивности дистанционно получаемой информации о состоянии растений и окружающей среды. В доказательство этого тезиса можно привести пример сравнения достоверности результатов информационных биоклиматических систем, разработанных на основе старых эмпирических способов и тех же самых систем, в которых динамика биопродуктивности посевов фиксируется значительно более объективными методами дистанционного зондирования. При этом современный метод разработки информационной системы по праву можно назвать **космобиоклиматическим**.

Косвенное измерение биоклиматических характеристик растительности возможно путем получения корреляционных связей искусственного безразмерного показателя космического снимка «вегетационный индекс» со следующими параметрами: “проективное покрытие”, урожайностью, влагообеспеченностью растений, эвапотранспирацией и др.

Некоторые из этих параметров при отсутствии возможности прямого измерения предполагается получать путем расчета на самостоятельно разработанных экспериментальных моделях.

Примером одной из таких моделей - почвенно-гидрологической является разработанная В.М. Тимохиным компьютерная программа

ИКМО, по которой возможно в первом приближении оценивать водопотребление сельскохозяйственных культур. В основе расчета лежит уравнение водного баланса зоны аэрации:

$$D = d + E - x - m - k \quad (1), \text{ где}$$

D – дефицит влагообеспеченности сельхозкультуры, мм:

d – исходный дефицит влагообеспеченности, мм;

E – суммарное испарение, мм;

X - атмосферные осадки, мм:

M - поливная норма, мм:

K - подпитка от грунтовых вод, мм.

В настоящее время по программе ИКМО можно рассчитывать следующие параметры: **дефицит влагообеспеченности почвы, суммарное испарение, подпитку от грунтовых вод, инфильтрацию на грунтовые воды, снижение урожайности в связи с недостаточной влагообеспеченностью растений.** С 2008 года программа проходит апробацию на многолетних архивных данных (16 лет, с 1964 по 1983 г.г.) агрометеорологической станции полигона Калужский НИПТИ АПК РАСХН.

1.14 Аппаратно-программные средства для обработки информации ДЗЗ (Блок 14)

Основной целью этого раздела является выбор аппаратно-программных средств для обработки информации ДЗЗ.

Структура ежедневной работы оператора агрокосмического мониторинга на рабочем месте (осуществляется с 2008 года ежедневно в

РЦКМ на рабочем месте «Эксперт- 6») в основном заключается в следующем:

- регулярный поиск и добавление к существующим базам данных космических снимков разного геометрического разрешения, позволяющих в режиме свободного доступа получить необходимую пространственно-временную информацию;
- при возникновении условий чистого неба анализ возможностей проведения космической съемки актуальными космическими аппаратами и оформление заказа снимков по адресам соответствующих баз данных;
- **ежедневное** получение необходимых снимков и опорно-априорной информации по системе интернет с размещением полученной информации по 21 – ной папке данных; снимки с КА NOAA (15, 17, 18), около 6 снимков в сутки, в режиме реального времени (с задержкой на 2 часа) из базы данных Института космических исследований; снимки с КА «Метеосат-8», четыре снимка в сутки из базы данных Ferdinand Falk; снимки с КА «Метеосат-8» из базы данных EUMETSAT в режиме реального времени (с задержкой на час), в мультирежиме (24 снимка в ролике), с временной дискретностью в 15 минут по следующей тематике: пространственно-временное распределение и интенсивность атмосферных осадков; пространственно-временная динамика воздушных масс с распределением по высоте и температуре; пространственно-временная динамика пылевых атмосферных потоков; пространственно-временная динамика очагов крупных возгораний; снимки с КА «Метеосат-8» из базы данных Met Office в режиме реального времени (с задержкой на час), в мультирежиме (24 снимка в ролике), с временной дискретностью в 1 час, в тепловом канале спектра; получение из базы данных COLA результатов краткосрочных (ежедневно, на неделю вперед) прогнозов агрометеорологических условий (тепловой и водный ресурсы, ветровой

режим); получение космокарт пространственно-временного снегового покрытия суши и ледового покрытия открытой водной поверхности; спутниковые синоптические карты с прогнозом развития метеоусловий на пять суток вперед, из базы данных европейских стран НАТО; текущие метеоданные по метеостанциям Калуга, Сухиничи;

- ежедекадное получение снимков из базы данных VEGETATION в формате вегетационный индекс;
- ежемесячное получение из базы данных Met Office результатов долгосрочных (помесечно, на три месяца вперед) прогнозов агрометеорологических условий (тепловой и водный ресурсы);
- получение радиолокационных снимков с КА «Метеор М1» в режиме реального времени через персональную станцию приема спутниковой информации “КосмЭк” (планируется к осуществлению после запуска КА 25 марта 2009 года);
- отбор снимков и выделение дат по фактору прозрачности атмосферы;
- геометрическая коррекция снимков;
- расчет вегетационного индекса по многоканальным снимкам;
- расчет термоиндекса по снимкам с КА NOAA, Landsat;
- получение необходимой опорной информации с полигона;
- тематическое дешифрирование снимков;
- получение различного рода зависимостей яркостных показателей снимков от факторов, формирующих урожайность сельскохозяйственных культур (построение моделей).

Обработка данных ДЗЗ включает в себя следующие предварительные операции:

- устранение сбойных строк в изображении, проведение радиометрической коррекции;
- проведение геометрической привязки по навигационным данным и (или) опорным точкам на местности (карте);
- приведение снимка к заданной картографической проекции;
- создание мозаик из нескольких снимков на интересующую территорию;
- улучшение качества снимка и его информативных свойств, фильтрация, синтезирование и др.
- определение круга тематических задач, выделение зон интереса и тематическое дешифрирование

Результаты обработки сохраняются на рабочем месте как на жестком диске для оперативной работы, так и на CD ROM (RW, DVD) для длительного хранения.

Приобретенное лицензионное или разработанное собственными силами прикладное программное обеспечение должно предусматривать поддержку различных сторон обработки полученных спутниковых снимков, начиная от открытия пакета, выполнения операций по нормализации снимков и заканчивая подготовкой необходимого тематического материала, полученного с помощью графических редакторов. Кроме того, программное обеспечение должно помогать получать дополнительную к спутниковым снимкам информацию, характеризующую состояние исследуемого объекта, необходимую при тематическом дешифрировании. Такая информация может быть получена при использовании различных математических моделей, описывающих условия формирования различных режимов состояния объектов наблюдений.

Для обработки спутниковых снимков применяется следующий набор основных операций:

1) Геометрическая коррекция снимка в заданную систему географических координат в различных картографических проекциях по выбору (Меркаторская, Гаусса-Крюгера, UTM) с возможностью сохранения в типовых графических форматах (jpg, bmp, gif, tiff и др.).

2) Создание мультимедийных изображений по набору разновременных снимков, приведенных к единой системе пространственных координат.

3) Разложение снимка на отдельные черно-белые каналы, цветное синтезирование снимка из отдельных каналов.

4) Операции с яркостями

Представляют собой наиболее распространённый вид операций. Гистограммные преобразования (Histogramme) позволяют адаптировать отображаемые фрагменты изображения на экране в соответствии со статическими характеристиками этого фрагмента (при необходимости должно осуществляться вычисление функции перехода от значений шириной более 8 бит в значения шириной 8 бит):

Привязка яркостей пикселей к соответствующим параметрам (Т-температура в градусах, NDVI- вегетационный индекс в долях единицы и др), согласно имеющихся для каждого космического аппарата калибровочных зависимостей;

Построение гистограммы яркостей с показателем соответствующих числовых величин на шкалах X, Y;

Контрастирование;

Создание палитры с последующим сохранением; Режимы разработки палитры отображаемых яркостей (Palette) должны позволять выбирать

различные цветовые палитры из базы данных, модифицировать их, создавать новые палитры и записывать палитры в базу данных;

Арифметические операции с сохранением нового изображения. Для повышения информативности обрабатываемых изображений возникает необходимость накладывать разноканальные фрагменты одного снимка один на другой или разновременные снимки, находящиеся в единой системе пространственных координат, производя при этом операции сложения, вычитания, деления, умножения пиксельных яркостей;

Всевозможные виды фильтрации. При обработке разновременных снимков, находящихся в единой системе пространственных координат, возникают затруднения с построением временной динамики яркости отдельных фрагментов по причине наличия над объектами наблюдений помех (например, облачности) во время съемки. Приходится восстанавливать истинную яркость отдельных пикселей на результирующем снимке, полученном из множества снимков за определенный срок съемки. Например. Речь может идти о восстановлении яркости пикселей на снимках, синтезированных по показателю NDVI (растительный покров). Предусмотрен специальный алгоритм, который, сканируя пиксели на разновременных снимках, на результирующем снимке яркостное значение каждого пикселя отображает из всех отсканированных значений яркостей максимальным значением. Соответственно, для выполнения расчетов имеется возможность поставить следующее задание: Какие снимки подлежат обработке? Помечаются снимки; Результирующая величина пикселя? Максимальная, минимальная, средняя, разность между максимальной и минимальной.

Кроме задач, связанных с оценкой состояния растительного покрова имеются задачи по восстановлению других параметров (снег, температура подстилающей поверхности и др.).

5) Панорамирование, с определением места положения фрагмента на всем изображении.

Эта операция предусмотрена на случай, если размеры активного окна меньше размеров расположенного в нём файла.

6) Масштабирование

При этой операции в активном окне можно увеличивать или уменьшать рабочее изображение объекта:

С показом соотношения исходного изображения к экранному;

С заданным соотношением исходного изображения к экранному, с возможностью сохранения нового изображения.

7) Работа с контурами (масками):

Построение контуров:

- «Рисование на экране» контура, как слоя с сохранением в векторной форме;

- Занесение узловых точек контура в системе географических координат;.

- Сохранение контуров в библиотеке с последующей возможностью их поиска и использования.

Коррекция построенных контуров (масок) путем натягивания маски с использованием опорных точек, с возможностью панорамирования маски и масштабирования с последующим сохранением;

Подсчет средней яркости в контуре в заданном диапазоне на отдельном снимке;

Построение яркостного профиля с показом числовых величин яркостей с учетом направления профиля;

Определение площади контура:

- произвольной конфигурации;

- геометрически правильной формы.

Контрастирование с последующим сохранением изображения;

Вырез части изображения по заданному контуру с сохранением географических координат;

Сшивка (склейка) отдельных фрагментов изображения единого объекта;

Автоматизированный опрос через сканирование контуром (маской) разновременных снимков с подсчетом в контуре средних яркостей в заданном диапазоне и выводом отдельного графика изменения яркости Y во времени T с аппроксимацией графической связи уравнением $Y = f(T)$.

8) Работа с линейными объектами:

Подсчет длин линий (прямых, кривых, периметров, окружностей).

9) Работа с точечными объектами:

Определение географических координат в точке;

Определение яркости в точке;

Составление списка отмеченных курсором точек и возможностью распечатки текстового файла. Текстовый файл помещается в типовую форму типовой тематической задачи. Например: повреждение посевов заморозками, неудовлетворительная влагообеспеченность сельскохозяйственных культур, повреждение растений ядохимикатами и др.;

Нанесением точек на растр с сохранением в библиотеке точечных объектов.

10) Построением на фоне растровой картинке векторного слоя изолиний по заданным параметрам с запоминанием слоя и возможностью вывода на печать:

- координатной географической сетки по заданному шагу долготы и широты;

- изолиний заданного параметра по заданным точкам с заданным шагом;

- изолиний заданного параметра (NDVI, T, суммарное испарение и др.), рассчитанным по растровой картинке с заданным шагом.

Автоматизированное распознавание объектов:

- Распознавание по геометрическим признакам (круг, сектор, кольцо);
- Распознавание по текстурным признакам (полосатость, парность, пятнистость);
- Распознавание по яркостным характеристикам (кластеризация).

Операция по распознаванию объектов происходит с активизацией распознанных объектов, “погашением” ошибочных в интерактивном режиме и автоматизированным выполнением по всем активным объектам операций по:

- Подсчету площадей;
- Определению средних яркостей;
- Оптимальному контрастированию.

Одновременно с разработкой собственными силами специализированных программ предусмотрено использование существующих лицензионных пакетов. В настоящее время существуют различные пакеты обработки данных ДЗЗ как зарубежной, так и отечественной разработок.

Наибольшее распространение получили такие программные пакеты обработки данных ДЗЗ как ERDAS IMAGINE (Leica Geosystems), ENVI и "Фотомод" ("Ракурс").

1.14.1 Программное обеспечение по обработке снимков с КА NOAA

Для работы со снимками с КА NOAA в РЦКМ используются следующие программы, которые были предоставлены Лабораторией Информационной поддержки космического мониторинга:

[XV_FRAME](#) просмотр, географическая привязка и фрагментация HRPT данных.

[XV_GEOREF](#) географическая привязка спутниковых данных и перевод их в стандартные проекции.

[XV_AVHRR](#) обработка данных прибора AVHRR

[XV_SPEC](#) пространственный фурье-анализ изображений.

[XV_MULTI](#) сегментация и классификация многоканальных данных.

[XV_IMAGE](#) Много-целевая программа обработки изображений.

Все программное обеспечение работает под управлением среды Microsoft Windows и отвечает всем требованиям, принятым в качестве стандартов для приложений Windows.

Программное обеспечение снабжено развитой системой подсказок (Help), которая, кроме выполнения своей основной функции - объяснения назначения клавиш и пунктов меню, может служить кратким справочным пособием по обработке спутниковых данных. Это позволяет тем потребителям, которые не являются профессионалами в работе с компьютерами и ранее мало использовали в своей работе спутниковые данные, быстро овладеть навыками работы с комплексом. Таким образом, пользователь может сконцентрироваться на выполнении своей конкретной задачи, не изучая предварительно все технические тонкости и трудности вопросов приема и обработки спутниковых данных.

Данное математическое обеспечение позволяет пользователю решать широкий круг задач (на сервере SMIS можно посмотреть [примеры](#) обработки, выполненной с помощью этих программ). Особое внимание

при создании данного программного обеспечения уделялось вопросу его гибкости и легкой модернизируемости. Во всех программах имеется возможность создания макрокоманд для автоматизации выполнения часто повторяющихся цепочек операций. При желании пользователь может дополнительно разработать необходимые ему программы на основе специально для этого созданных динамических библиотек (DLL), в которые входят процедуры ввода/вывода, часто используемые диалоги, процедуры обработки данных. При этом, если пользователь будет соблюдать достаточно небольшой набор правил, вновь созданные приложения сразу получают возможность общения с уже созданными программами. Все это позволяет дополнять и модифицировать базовое математическое обеспечение для решения конкретных задач.

1.14.2 Программное обеспечение по приему и обработке снимков с КА NOAA в формате ART

Прием и предварительная обработка спутниковых снимков осуществляется с помощью трех основных программ: Wxtrack, WXSat, SatSignal (первая и последняя предоставляются Дэвидом Тейлором).

Начинать работу необходимо с программы Wxtrack, которая предназначена для определения времени сеанса работы с космическим аппаратом, идентификации самого космического аппарата и условий съемки (день-ночь, высота солнца над горизонтом, высота космического аппарата над горизонтом, территория захвата).

Программа WX Sat предназначена для непосредственного приема и записи сигнала со спутника.

На последнем этапе для обработки снимков необходимо пользоваться программой SatSignal.

1.15 Потребители результатов агрокосмического мониторинга (Блок 15)

Круг потенциальных потребителей продукции агрокосмического мониторинга достаточно широк. На начальном этапе работы в регионе отобраны самые реальные потребители спутниковой информации. Как правило, это, прежде всего: природоохранные ведомства, сельскохозяйственные ведомства (см. табл. 3).

Таблица 3
Основные научно-производственные задачи, намечаемые к решению в системе Калужского подспутникового полигона и основные потребители этих задач

Сфера окружающей среды, мониторинговый блок, задачи	Потребители
1. Атмосфера	Министерство сельского хозяйства Ассоциация крестьянских (фермерских) хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов
1.1 Погодные условия	
1.1.1 Неблагоприятные погодные условия	
1.1.1.1 Штормовой ветер (направление, скорость приземного ветра)	
1.1.1.2 Ливень (с угрозой паводка), гроза, град	
1.1.1.3 Пыльные бури	
1.1.1.4 Гололед	
1.1.1.5 Заморозки	
1.1.1.6 Сильные морозы	
1.1.1.7 Засуха в сухие годы	
1.1.1.8 Переувлажнение в мокрые годы	
1.1.2. Агроклиматический мониторинг	Министерство сельского хозяйства Ассоциация крестьянских (фермерских) хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов
1.1.2.1 Краткосрочный прогноз и оперативная корректировка прогноза по температурам воздуха, а также режиму выпадения атмосферных осадков во время вегетационного периода сельскохозяйственных культур, а также во время посевной и уборочной.	
1.1.2.2 Долгосрочный прогноз по температурам воздуха, а также режиму выпадения атмосферных осадков на три месяца вперед	
1.2 Загрязнение атмосферы	Межрайонная природоохранная прокуратура
1.2.1 Контроль за пространственно-временным выпадением кислотных дождей	Ассоциация крестьянских (фермерских) хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов

2. Гидросфера	
2.1 Водохозяйственные гидромелиоративные объекты	Мелиоводхозы.
2.1.1 Инвентаризация и картографическое обновление водохозяйственных объектов по космическим снимкам	
2.1.2 Состояние плотин водохранилищ и прудов	
2.1.3 Мониторинг водоотводящей способности открытых дренажных коллекторов	
2.1.4 Эффективность работы площадного дренажа	
3. Земли	Министерство сельского хозяйства
3.1 Сельскохозяйственные земли	
3.1.1 Инвентаризация и картографическое обновление территории пахотных земель по космическим снимкам	
3.1.2 Контроль за подтоплением пахотных земель	
3.1.3 Инвентаризация и картографическое обновление территории пастбищных угодий и сенокосных лугов по космическим снимкам	
3.1.4 Мониторинг деградации почвенно-растительного покрова на пастбищных землях	
3.1.5 Мониторинг овражно-эрозионных процессов на пахотных землях	
3.1.5.1 Определение ущерба от овражно-эрозионных процессов	
3.2 Населенные пункты	Органы местного самоуправления
3.2.1 Оценка эффективности использования приусадебных участков в населенных пунктах по данным космических снимков	
4. Растительный покров	