

Возможности анализа состояния сельскохозяйственной растительности с использованием спутникового сервиса «ВЕГА»

В.А. Толпин, Е.А. Лупян, С.А. Барталёв,
Д.Е. Плотников, А.М. Матвеев*

*Институт космических исследований РАН
117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, 84/32*

Поступила в редакцию 15.04.2014 г.

Обсуждаются возможности методов оценки состояния растительности, в том числе и сельскохозяйственной, по данным дистанционного (спутникового) мониторинга, а также применение подхода, основанного на анализе отклонения временного наблюдаемого хода вегетационных индексов (ВИ) для конкретных объектов и регионов от «нормального». Рассматриваются вопросы построения «нормальных» динамик ВИ для различных регионов. Особое внимание уделено преимуществам использования (для реализации предлагаемого подхода) спутникового сервиса «ВЕГА», созданного в ИКИ РАН для решения задач исследования состояния растительного покрова Северной Евразии.

Ключевые слова: состояние растительного покрова, спутниковые технологии наблюдения Земли, мониторинг сельскохозяйственных земель, методы обработки данных, спутниковые данные, системы дистанционного мониторинга; vegetation condition, Earth observation satellite technologies, agricultural land monitoring, data processing methods, satellite data, remote monitoring system.

Введение

Проведение объективной оперативной оценки состояния сельскохозяйственной растительности необходимо для решения достаточно большого числа задач, связанных, например, с управлением сельскохозяйственным производством, прогнозом урожайности, страхованием посевов и т.д. При этом для решения многих из этих задач особенно важно оперативное получение однородной информации по достаточно большим территориям, например по территории всех сельскохозяйственных регионов России, что возможно сегодня только с использованием данных дистанционного, в первую очередь спутникового, мониторинга. Поэтому в последние годы достаточно активно ведется разработка методов и технологий, ориентированных на проведение таких оценок [1–4]. Настоящая статья посвящена описанию подходов к оценке состояния сельскохозяйственной растительности, которые были предложены в Институте космических исследований Российской академии наук и реализованы в спутниковом сервисе «ВЕГА» (<http://sci-vega.ru/>) [5, 6].

Оценка состояния растительности на основе анализа динамики вегетационных индексов

Традиционно для анализа состояния растительности по спутниковым данным используют вегетационные индексы (ВИ) [7–9], значение которых обычно хорошо коррелирует с объемами биомассы, листовыми индексами, степенью открытости почвы и т.д. Анализ ВИ позволяет отслеживать динамику развития растительности и ее состояние. Однако следует учитывать, что динамика различных типов растительности в разных регионах может сильно отличаться, поэтому при оценке ее состояния необходимо учитывать особенности и растительности, и территории, на которой она наблюдается.

Одним из возможных подходов учета этих особенностей является анализ временного хода вегетационных индексов разных типов растительности на различных типах территорий с целью выявления аномалий в его поведении путем сравнения с неким «нормальным» ходом развития. Для этого необходимо сначала решить задачу по построению «нормы», которая будет определять ход «нормального» развития и с которой можно будет проводить сравнение. При наличии такой «нормы» задача анализа состояния растительности в конечном итоге сведется к анализу отклонения анализируемого временного ряда от «нормального» хода ВИ.

* Владимир Аркадьевич Толпин (tolpin@smis.iki.rssi.ru); Евгений Аркадьевич Лупян (evgeny@iki.rssi.ru); Сергей Александрович Барталёв; Дмитрий Евгеньевич Плотников; Алексей Матвеевич Матвеев.

Задача построения такой «нормы» в общем случае является нетривиальной и должна быть решена для конкретного региона и типа растительности. Однако если мы имеем многолетние ряды наблюдений по всей территории, на которой планируется проведение анализа, решение данной задачи становится возможным. Следует отметить, что в настоящее время практически для любой территории земного шара имеются более чем десятилетние (начиная с 2000 г.) ряды хорошо калиброванных данных наблюдений прибора MODIS, установленного на спутниках Terra и Aqua [10]. Поэтому сегодня имеется информационная основа для оценки состояния растительности, заключающейся на сравнении текущей и «нормальной» динамики ВИ, наблюдаемой в различных точках, объектах или регионах. В то же время для проведения таких оценок следует решить достаточно большое число задач, а именно:

- сформировать однородные, очищенные от мешающих факторов архивы данных;
- разработать схемы проведения оценок для различных анализов (наблюдение отдельных точек, объектов, регионов);
- создать карты растительного покрова для последующего их использования при расчете «норм» для различных типов растительности;
- разработать методы построения норм;
- предложить методики оценки состояния растительного покрова при различных уровнях интеграции.

Далее мы опишем, как данные задачи были решены с использованием возможностей спутникового сервиса «ВЕГА» [2, 5, 6, 11–14].

Сервис «ВЕГА» и его основные технические возможности

Сервис «ВЕГА» создавался прежде всего как инструмент, позволяющий с наименьшими затратами анализировать информацию о состоянии растительного покрова, полученную на основе спутниковых данных как в отдельных точках или объектах (полях), так и на уровне регионов. При этом сервис обеспечивает проведение пространственного и вре-

менного анализа информации. Сервис рассчитан на работу с долговременными архивами информации, а также и с оперативно пополняющимися архивами, обеспечивая доступ к информации по всей территории Северной Евразии.

Главной задачей сервиса «ВЕГА» является не только обеспечение удобного доступа к данным, но и предоставление различных интерфейсов и инструментов для анализа спутниковых данных и результатов их обработки. Отметим, что на состояние растительности оказывает воздействие множество факторов, поэтому для анализа состояния и выявления трендов необходимо использовать не только спутниковые данные, но и другую сопутствующую информацию. Основные виды данных сервиса «ВЕГА», глубина архивов и частота их поступления приведены ниже.

Особо следует отметить, что сервис «ВЕГА» позволяет оперировать не только исходными спутниковыми изображениями, но и очищенными от шумов и влияния облачности временными композитами. Без этих данных невозможно проведение анализа временной динамики растительного покрова. Для создания таких продуктов были разработаны полностью автоматизированные методы обработки данных, позволившие сформировать долговременные архивы однородных данных и обеспечить постоянное автоматическое обновление информации [6, 15–18]. Примеры используемых в системе композитных изображений, получаемых на основе данных LANDSAT ETM+/OLI (разрешение 30 м) и MODIS (разрешение 250 м), представлены на рис. 1 (цв. вклейка).

Когда речь заходит о больших территориях, всегда возникает вопрос о различных уровнях интеграции данных. Разработанные в составе сервиса «ВЕГА» инструменты анализа ориентированы на обеспечение возможности проведения анализа состояния растительности на различных уровнях интеграции – от отдельной точки и объекта (поля) до районов и субъектов.

Сервис организован таким образом, что имеет полностью автоматизированные процедуры обработки данных на всех уровнях. Это позволяет получать однородную, максимально объективную информацию по всей территории, не зависящую от субъективного мнения отдельных специалистов, а также облегчает их практическое использование.

| Вид данных | Регламент поступления |
|---|------------------------------------|
| Мультиспектральные сцены MODIS, 250 м | До 8 раз в день с 2000 г. |
| Мультиспектральные снимки LANDSAT, 15–30 м | Ежедневное поступление с 1989 г. |
| Мультиспектральные композиты MODIS, 250 м | Ежедневное поступление с 2000 г. |
| Безоблачные карты NDVI, 250 м | Еженедельное поступление с 2000 г. |
| Карта растительности, 250 м | Ежегодное поступление с 2000 г. |
| Карты пахотных земель, озимых культур и паров, 250 м | Карты озимых – несколько раз в год |
| Картограммы отклонений в развитии определенного вида растительности в разрезе районов и субъектов | Еженедельное поступление с 2000 г. |
| Значения NDVI, осредненные по объектам мониторинга и типам растительности | Еженедельное поступление с 2000 г. |
| Метеоданные, данные реанализа NCEP | 4 раза в день с 2000 г. |
| Карты пожаров, данные по сельхозпалам, 250 м | Несколько раз в день с 2000 г. |
| Безоблачные композитные изображения MODIS, 250 м | Ежемесячное поступление с 2000 г. |
| Безоблачные композитные изображения LANDSAT, 30 м | Ежегодное поступление с 2009 г. |

Сервис предоставляет следующие основные функциональные возможности:

- комплексный анализ спутниковых данных различного пространственного разрешения и результатов их обработки, картографических и атрибутивных тематических данных;

- ведение пользовательской базы данных контуров и характеристик различных объектов (полей) и мониторинг их состояния;

- анализ интегральных характеристик состояния растительности по областям, районам или любым объектам, заданным пользователем;

- анализ динамики вегетационного индекса (с 2000 г.) с целью определения причин и времени изменений в растительном покрове;

- формирование статистики и аналитических форм состояния растительности на заданных объектах;

- возможность автоматического импорта / экспорта информации в различные информационные системы.

Для работы с данными и их анализа были разработаны различные пользовательские интерфейсы, в частности картографический интерфейс и интерфейс работы с рядами данных, с пользовательскими объектами, с информационными бюллетенями и отчетными формами. (Подробно см. [5, 6, 19].)

Для обеспечения возможности анализа различных типов растительности в сервисе используются построенные на основе спутниковых данных постоянно обновляющиеся карты, в том числе: карты растительности [11]; карты пахотных земель [12]; земель, занятых озимыми культурами [13]; земель, занятых парами [14], и др.

Основные карты, используемые в сервисе, актуализируются не реже, чем один раз в год. Это, в частности, позволяет ежегодно рассчитывать динамику поведения различных типов растительности в разных регионах.

Особенности оценки состояния растительности

Как было сказано выше, проведение анализа состояния растительности невозможно без создания многолетних рядов ВИ. При создании этих рядов необходимо учитывать типы растительности, особенно важно это делать при расчете интегральных значений по административным единицам, поскольку разные типы растительности, в первую очередь сельскохозяйственной, ведут себя по-разному в течение вегетационного сезона (рис. 2, цв. вклейка).

Для того чтобы наблюдать за изменениями, которые происходят в разных типах растительности, необходимо уметь отделять эти типы растительности и специально отслеживать поведение вегетационных индексов именно на нужных типах растительности.

Именно поэтому при расчете интегральных ВИ по объектам используются различные карты растительности. Для проведения такого анализа из карт,

описанных выше, в сервисе «ВЕГА» сформирована карта MLC (Multi Land Cover), содержащая 23 класса типов наземного покрова. Карта MLC используется для получения средних значений ВИ для каждого типа растительности в районах и субъектах РФ. Таким образом, удается получить ряды поведения ВИ, характерные для различных типов растительности в разных регионах в разные годы. Эта информация используется в дальнейшем для расчета «норм» и для интегральной оценки состояния разных типов растительности, в том числе и сельскохозяйственной, в различные моменты разных лет.

На уровне отдельных объектов мониторинга (полей) обычно строятся средние значения ВИ без учета карты MLC, так как предполагается, что объект имеет внутри растительность одного типа и, соответственно, значение ВИ по этому объекту просто усредняется по всем пикселям.

Для получения значений ВИ (в качестве основного ВИ на сервисе «ВЕГА», как правило, используется индекс NDVI [20]), осредненных по отдельным полям или регионам, применяются безоблачные карты NDVI, которые формируются еженедельно. Это позволяет получить временной ряд NDVI для всех объектов, слежение за которыми осуществляет сервис. Для получения осредненных значений реализована полностью автоматизированная процедура обработки данных, которая автоматически запускается по мере обновления в системе одного из видов информации, используемых при расчете (карты NDVI, карты MLC, карты объектов (районы, поля)). Для обеспечения масштабируемости процедуры осреднения используется не вся карта целиком, а гранулы, на которые разбита карта. Алгоритм расчета интегральных значений NDVI представлен на рис. 3.

В результате осреднения получаются следующие данные:

- для поля: временной ряд ВИ, осредненного по заданному полигону, – одно значение за 1 нед;

- для района: временные ряды ВИ, осредненных по границам административного района и каждого типа растительности, – N значений за 1 нед (N – количество классов растительности).

После того как построены временные ряды ВИ, их можно анализировать в специальных интерфейсах совместно с другой информацией, доступной в сервисе «ВЕГА», например с метеоданными. Отметим, что такой анализ можно проводить не только для рядов осредненных значений NDVI, но и для рядов, полученных в конкретных точках.

Анализ временных рядов в сервисе «ВЕГА», полученных как по отдельным объектам, так и в отдельных точках, можно осуществлять совместно с эталонным временным рядом, выбранным для объекта, который характеризует «нормальное» развитие растительности. При этом может использоваться как «норма», полученная на основе осреднения многолетних данных, так и некоторый «год-аналог» для конкретного объекта.



Рис. 3. Алгоритм расчета интегральных значений NDVI

Понятие «нормы» и особенности ее построения

Как мы уже обсуждали выше, «норма» может служить основой для проведения оценок состояния растительности. В качестве одного из наиболее естественных вариантов «нормы» может быть усредненное межгодовое состояние растительности, характерное для заданной территории и типа растительности, из которого исключены аномальные отклонения. При этом следует учитывать, что такое понятие «нормы» оправданно для достаточно локальных территорий с одинаковыми условиями, влияющими на развитие растительности. С другой стороны, следует учитывать, что для построения «нормы» на основе использования многолетней статистики для различных типов растительности на заданной территории необходимо иметь на ней достаточно большое число площадей, занятых тем типом растительности, для которого строится «норма».

В случае, если мы хотим определить «норму» для небольшого участка (например, поля), на котором растительный покров может быть разным в разные годы, мы должны перейти от пространственной классификации площадей, занятых различными типами растительности, к временной. То есть, например, для однородных участков (полей), на которых в каждом году произрастает только один тип растительности, для вычисления нормы для конкретного типа необходимо использовать данные только по тем годам, в которые данный тип наблюдался на анализируемой территории. Поэтому в сервисе «ВЕГА» активно используются два типа «нормы»: для поля и для административного района. Эти «нормы» имеют ряд отличий.

Так, для поля невозможно построить межгодовое усредненное значение, так как культура, выращиваемая на поле, может меняться от года к году, и такое построение будет некорректно из-за разной динамики развития культур. Следует отметить, что

алгоритм автоматического построения «нормы» для полей является нетривиальной задачей. В качестве «нормы» для поля можно использовать следующие показатели:

- временной ряд для этого поля в тот год, когда было нормальное развитие такой же культуры на этом или близлежащем поле, или среднее значение нескольких таких рядов;
- «норму», построенную для района, в котором находится поле для определенного вида растительности.

В то же время для достаточно больших территорий (района) «норма» может определяться как межгодовые усредненные значения ВИ для этого района по определенному типу растительности. На сервисе «ВЕГА» для районов выделено в настоящий момент 3 типа нормы, соответствующие пахотным землям и землям, занятым озимыми или яровыми культурами. При этом для расчета «нормы» используется специальная процедура, позволяющая исключить аномальные данные и случайные выбросы. Эта процедура включает следующие этапы: анализ межгодовых значений ВИ для объекта и типа растительности и удаление грубых выбросов для каждой точки, усреднение межгодовых значений при наличии репрезентативной выборки. Для удаления грубых выбросов используется процедура, базирующаяся на критерии Смирнова–Граббса [21].

В результате работы алгоритма получаются значения ВИ NDVI, соответствующие районам и полям для различных типов растительности, а также средние межгодовые характеристики для каждого вида растительности. Для дальнейшего анализа на других уровнях агрегации эти данные пересчитываются в соответствующие уровни с сохранением разделения по типам растительности.

Оценка состояния растительности

Для оценки состояния растительности с помощью «нормы» можно использовать метод обнаружения

аномальных изменений в развитии сельскохозяйственных культур в разных регионах и на различных объектах (полях), основанный на анализе отклонений динамики наблюдаемых ВИ от среднегогодовой «нормы». В основе метода лежит анализ величины относительного отклонения Δ , которое выражается в процентах. Это отклонение рассчитывается как отношение разницы значения ВИ (в данном случае NDVI) в текущем сезоне ($NDVI_{current}$) и значения «нормы» ($NDVI_{norm}$) и нормируется на значение «нормы»:

$$\Delta = \frac{(NDVI_{current} - NDVI_{norm}) \cdot 100}{NDVI_{norm}}$$

Значение Δ показывает, насколько сильно отличается поведение ВИ в текущем сезоне от «нормы». При этом «положительные» значения Δ соответствуют хорошему, а «отрицательные» — плохому состоянию растительности.

Несмотря на кажущуюся простоту метода, он достаточно эффективно работает и позволяет оценивать состояние растительности как на уровне полей (однородных участков), так и на уровне регионов, в которых имеются различные типы растительности. Например, на рис. 4 (цв. вклейка) приведены графики NDVI для «хороших» и «плохих» полей и сравнение их с «нормой».

При анализе состояния растительности в регионе также может проводиться сравнение динамики развития растительности с «нормой». Однако в отличие от анализа ситуации на отдельном «однородном» поле в регионе сравниваются различные типы растительности (культуры).

Как показала практика, для анализа ситуации в регионе удобно использовать картограммы состояния растительности с детализацией до района, построенные для различных типов растительности. Пример картограмм приведен на рис. 5 (цв. вклейка). Эти картограммы строятся еженедельно. Основой картограммы являются анализ состояния различных типов растительности в каждом районе и расчет коэффициента отклонения временного ряда ВИ в текущем сезоне от «нормы» для этого района. Таким образом, для каждого района и для различных типов растительности показано, насколько сильно развитие растительности отклоняется от нормы. Для визуализации уровня отклонения от нормы в конкретном районе используется простая цветовая шкала (зеленый — положительное значение, красный — отрицательное). На сервисе «ВЕГА» были выбраны следующие границы уровней состояния растительности: -30%, -10%, 10%, 30%. Каждый из этих уровней при представлении закрашивается в свой оттенок цвета (см. рис. 5).

Опыт использования представленных картограмм показал, что они позволяют выявить как положительные, так и отрицательные тенденции в развитии состояния сельскохозяйственных посевов. Так, например, они позволяют оценить районы, в которых происходила гибель озимых культур в результате плохих условий перезимовки, а также доста-

точно точно определить районы, в которых происходит гибель культур в результате засухи.

С использованием предложенного подхода для детального анализа текущего состояния озимых и яровых культур в конкретных субъектах в сервисе «ВЕГА» был реализован информационный бюллетень, который строится автоматически еженедельно для всех регионов РФ. Характерный вид бюллетеня представлен на рис. 6 (цв. вклейка).

Бюллетень содержит не только актуальные картограммы по интересующему субъекту по разным видам растительности и карту ВИ, но и детальные графики ВИ для каждого района и каждого вида растительности. На этих графиках отображаются ход ВИ текущего сезона и «норма» для этого района и цветом фона кодируется значение текущего отклонения от «нормы». Такая форма представления информации позволяет достаточно быстро оценить ситуацию в различных районах анализируемого региона.

Заключение

Описанные возможности анализа состояния растительности показывают, что использование данных спутниковых наблюдений и ВИ, а также специальных методов позволяет оперативно оценивать состояние растительности, в том числе диагностировать развитие аномальных ситуаций на ранних стадиях. Приведенные методы и алгоритмы оценки состояния сельскохозяйственной растительности в настоящее время достаточно активно используются в научных проектах, а также в решении задач по управлению сельскохозяйственным производством и его страхованию.

Следует также отметить, что сфера применения предложенных подходов, на наш взгляд, не ограничивается только задачами мониторинга сельскохозяйственной растительности, они также могут эффективно использоваться для анализа различных типов растительности. Сервис «ВЕГА» и предложенные подходы могут с успехом применяться для оценки и мониторинга состояния лесов [22] и анализа влияния на них различных неблагоприятных природных явлений, главным из которых являются лесные пожары.

Работа выполнена при поддержке РАН (тема «Мониторинг», госрегистрация № 01.20.0.2.00164).

1. Савин И.Ю., Луян Е.А., Барталёв С.А. Оперативный спутниковый мониторинг состояния посевов сельскохозяйственных культур в России // Геоматика. 2011. № 2. С. 69–76.
2. Толтин В.А., Барталёв С.А., Бурцев М.А., Ефремов В.Ю., Луян Е.А., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Прошин А.А., Флитман Е.В. Оценка состояния сельскохозяйственных культур на основе межгодовой динамики с использованием данных MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2007. Т. 4, № 2. С. 380–389.
3. Шелестов А.Ю., Скакун С.В., Кравченко А.Н., Кускуль Н.М. Распределенная система спутникового агромониторинга в Украине // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8, № 1. С. 141–149.

4. Муратова Н.Р., Терехов А.Г. Опыт пятилетнего оперативного мониторинга сельскохозяйственных угодий Северного Казахстана с помощью спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2007. Т. 4, № 4. С. 277–283.
5. Толпин В.А., Балашов И.В., Лупян Е.А., Савин И.Ю. Спутниковый сервис «ВЕГА» // Земля из космоса. 2011. Вып. 9. С. 32–37.
6. Лупян Е.А., Савин И.Ю., Барталёв С.А., Толпин В.А., Балашов И.В., Плотников Д.Е. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («ВЕГА») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8, № 1. С. 190–198.
7. Черепанов А.С. Vegetation indices // Геоматика. 2011. № 2. С. 98–102.
8. Klisch A., Royer A., Lazar C., Baruth B., Genovese G. Extraction of Phenological Parameters from Temporally Smoothed Vegetation Indices // Workshop proceedings: Remote Sensing support to crop yield forecast and area estimates. ISPRS Archives XXXVI-8/W48. P. 91–95.
9. Медведева М.А., Барталёв С.А., Лупян Е.А., Матвеев А.М., Толпин В.А., Пойда А.А. Возможности оценки момента наступления вегетационного сезона на основе спутниковых и метеорологических данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Т. 5, № 2. С. 313–321.
10. Justice C.O., Vermote E., Townshend J.R., Defries R., Roy D.P., Hall D.K., Barnsley M.J. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): Land remote sensing for global change research // IEEE Geosci. Remote Sens. 1998. V. 36, N 4. P. 1228–1249.
11. Барталёв С.А., Егоров В.А., Еришов Д.В., Исаев А.С., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Уваров И.А. Спутниковое картографирование растительного покрова России по данным спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8, № 1. С. 150–162.
12. Барталёв С.А., Лупян Е.А., Нейштадт И.А. Метод выявления используемых пахотных земель по данным дистанционного зондирования со спутников // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2006. Т. 3, № 2. С. 271–280.
13. Плотников Д.Е., Барталёв С.А., Лупян Е.А. Метод детектирования летне-осенних всходов озимых культур по данным радиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Т. 2, № 5. С. 322–330.
14. Плотников Д.Е., Барталёв С.А., Лупян Е.А., Савин И.Ю. Использование данных спутникового радиометра MODIS для распознавания пахотных земель, чистого пара и посевов озимых культур // Мат-лы Всероссийской научной конференции «Методическое обеспечение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения». 29–30 сентября 2009. М.: РАСХН, 2010. С. 417–422.
15. Балашов И.В., Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Прошин А.А., Толпин В.А. Построение систем, обеспечивающих динамическое формирование комплексных информационных продуктов на основе данных дистанционного зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. Т. 6, № 2. С. 513–520.
16. Балашов И.В., Бурицев М.А., Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Прошин А.А., Толпин В.А. Построение архивов результатов обработки спутниковых данных для систем динамического формирования производных информационных продуктов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Т. 5, № 1. С. 26–31.
17. Лупян Е.А., Балашов И.В., Бурицев М.А., Ефремов В.Ю., Мазуров А.А., Мальцев Д.В., Матвеев А.М., Прошин А.А., Толпин В.А., Халикова О.А., Крашенинникова Ю.С. Возможности работы с долговременным архивом данных спутников LANDSAT по территории России и приграничных стран // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9, № 3. С. 307–315.
18. Бурицев М.А., Мазуров А.А., Нейштадт И.А., Прошин А.А. Построение архива спутниковых данных для анализа динамики растительности // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2006. Т. 1, вып. 3. С. 170–174.
19. Толпин В.А., Балашов И.В., Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Прошин А.А., Уваров И.А., Флитман Е.В. Создание интерфейсов для работы с данными современных систем дистанционного мониторинга (система GEOSMIS) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8, № 3. С. 93–108.
20. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS // Third ERTS Sympos. NASA SP-351 I. 1973. P. 309–317.
21. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы: Учебник. М.: Финансы и статистика, 2003. 352 с.
22. Лупян Е.А., Мазуров А.А., Еришов Д.В., Коровин Г.Н., Королева Н.В., Абушенко Н.А., Тащилин С.А., Сухинин А.И., Афонин С.В., Белов В.В., Гришин А.М., Соловьёв В.С. Спутниковый мониторинг лесов России // Оптика атмосф. и океана. 2007. Т. 20, № 5. С. 443–447.

V.A. Tolpin, E.A. Loupian, S.A. Bartalev, D.E. Plotnikov, A.M. Matveev. Possibilities of agricultural vegetation condition analysis with the “VEGA” satellite service.

This paper considers methods of estimating the state of various vegetation including agricultural from remote sensing data (satellite monitoring). This paper discusses the possibility of using the analysis of vegetation indices (VI) deviations from “normal” time variation based method for specific objects and regions to estimate the state of vegetation. The problems of constructing the “normal” VI time series for different regions are discussed. Special attention is paid to possibilities of using the “VEGA” satellite service created in IKI for research of Northern Eurasia vegetation to implement the proposed approach.

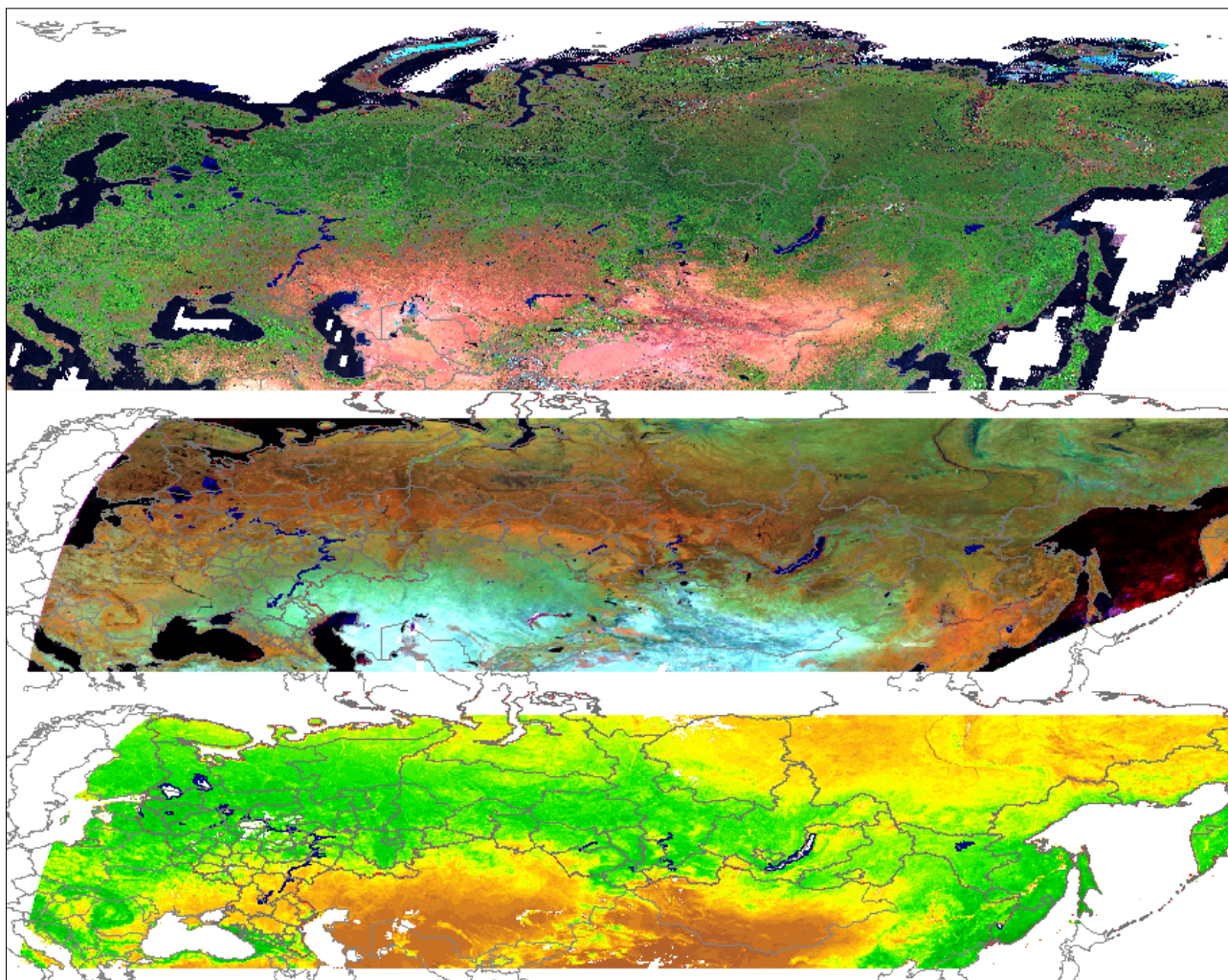


Рис. 1. Многовременные безоблачные композиты, используемые в спутниковом сервисе «ВЕГА». Сверху вниз: поканальный композит LANDSAT (строится ежегодно); поканальный композит MODIS (ежемесячно); композит ВИ NDVI, получаемый на основе данных MODIS (еженедельно)

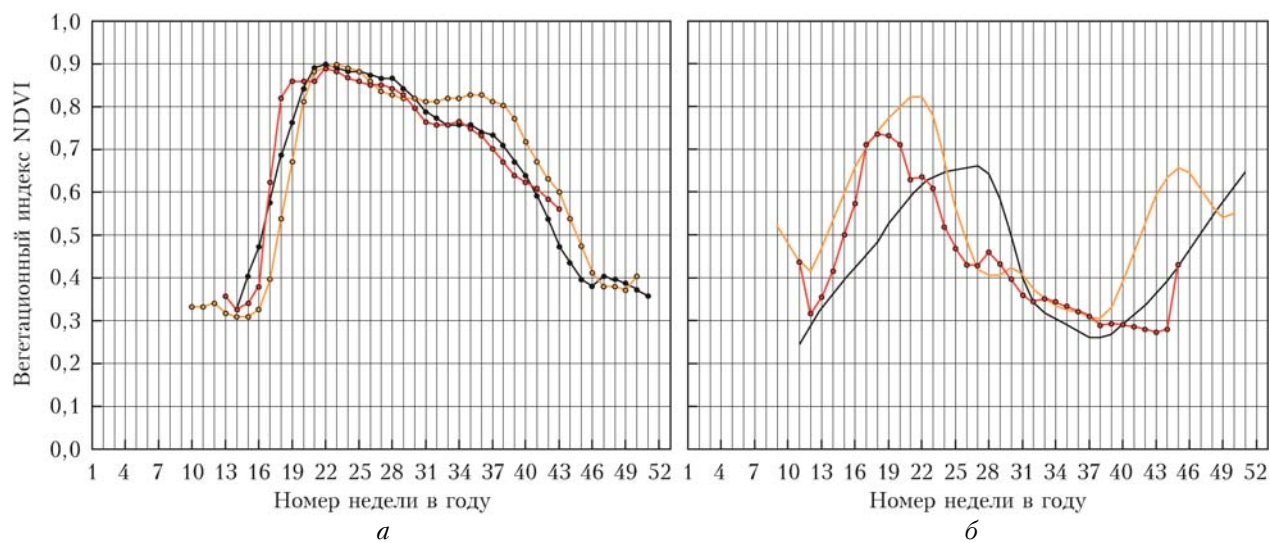


Рис. 2. Динамика ВИ для различных типов растительности в течение вегетационного сезона: *а* – лесная; *б* – сельскохозяйственная растительность

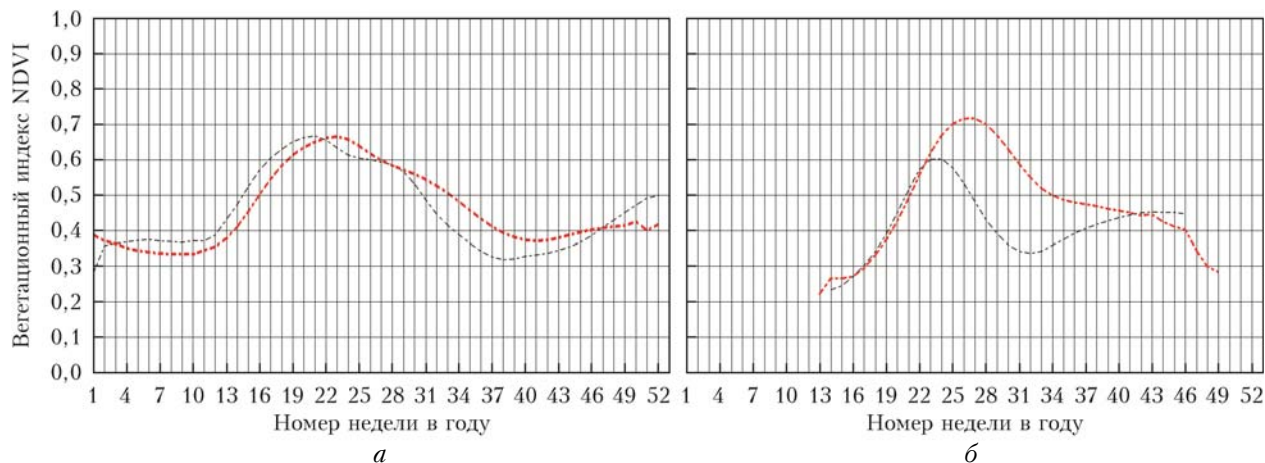
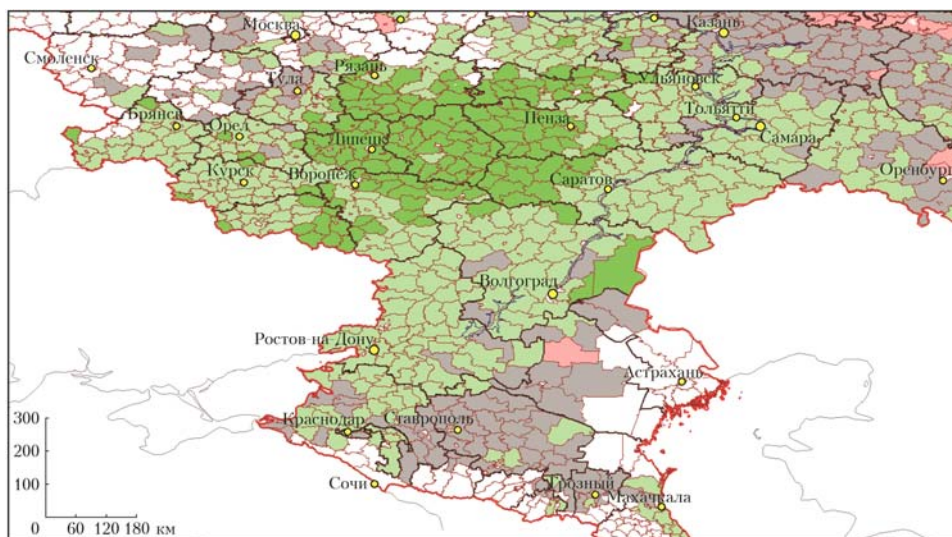
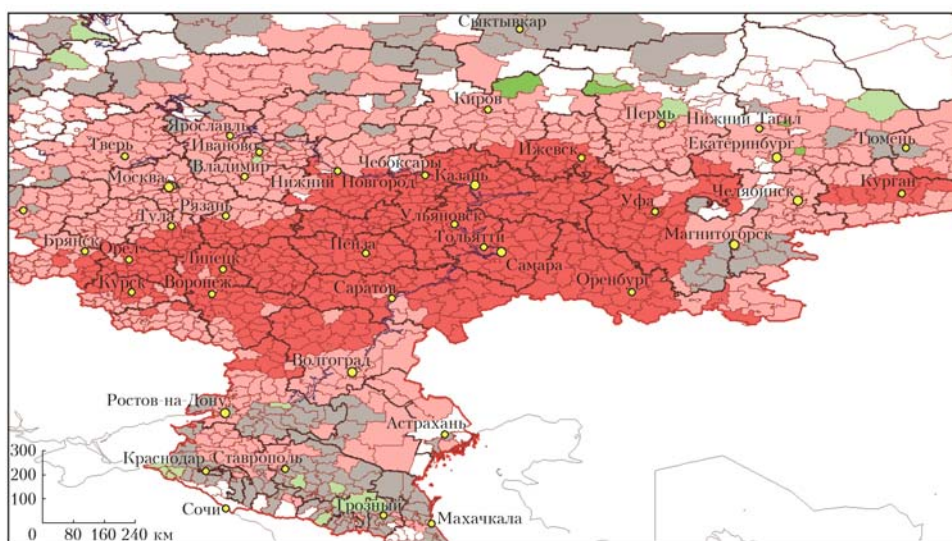


Рис. 4. Графики развития NDVI с «нормой» для различных вариантов развития сельскохозяйственной растительности. Черная линия – ход NDVI в течение сезона 2010 г., красная линия – «норма»; *а* – отсутствие отклонений от нормы (Краснодарский край, 2010 г.); *б* – отклонение от нормы, связанное с засухой (Республика Татарстан, 2010 г.)



а



б

Рис. 5. Пример картограмм, использующихся в спутниковом сервисе «ВЕГА» для оценки состояния посевов сельскохозяйственных культур: *а* – состояние посевов на 4 мая 2008 г. (быстрое развитие озимых культур в самом урожайном году этого столетия); *б* – состояние посевов на 8 августа 2010 г. (повреждения и гибель яровых культур в пик засухи)

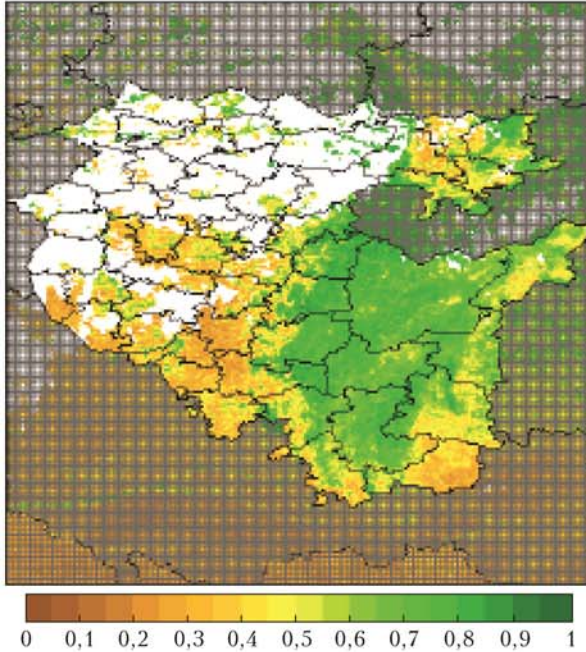
ОПЕРАТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР
ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Описание бюллетеня

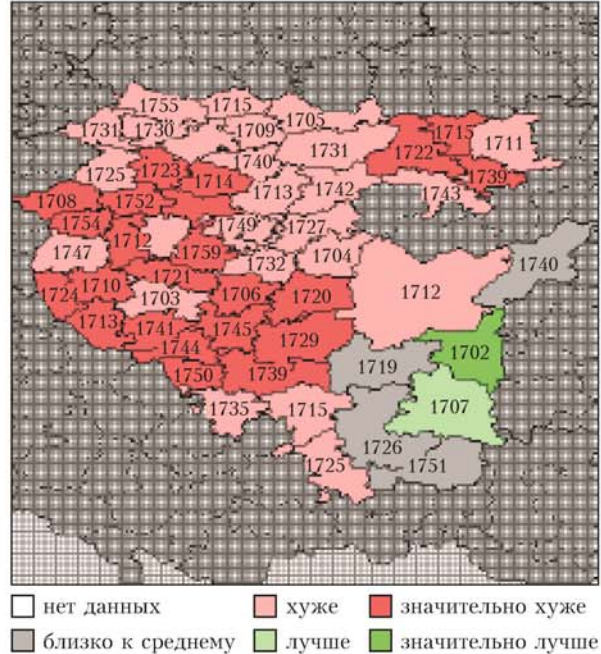
Регион: Республика Башкортостан

Состояние на 29.08.2010

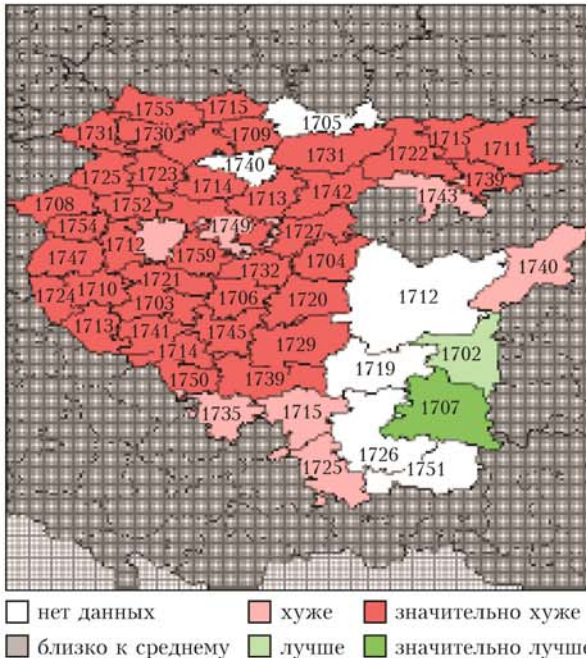
Значение вегетационного индекса



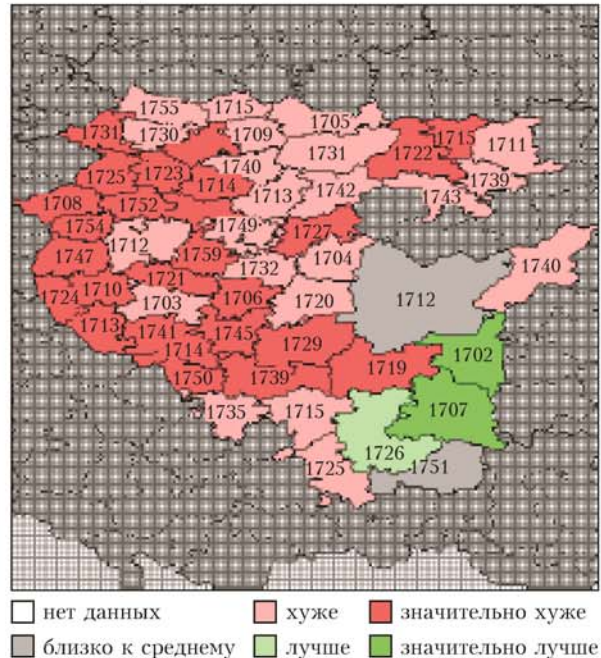
Состояние посевов в сравнении со средним многолетним



Состояние посевов озимых культур в сравнении со средним многолетним



Состояние посевов яровых культур в сравнении со средним многолетним



Институт космических исследований РАН, 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, 84/32. Тел. (495) 333-10-77
Email: smis@smis.iki.rssi.ru

Подготовлено для печати 6 сентября 2010 г., 18:15:49

Страница 1 из 6

Рис. 6. Пример информационного бюллетеня состояния сельскохозяйственной растительности для Республики Башкортостан

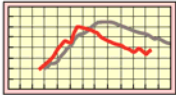
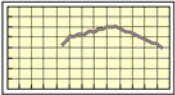
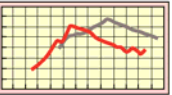
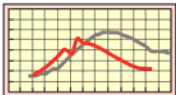
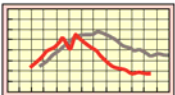
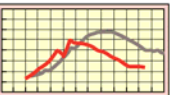
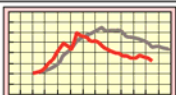
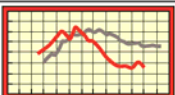
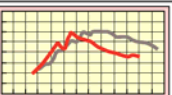
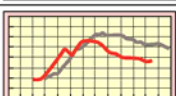
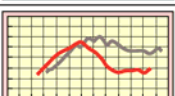
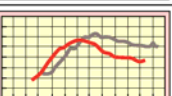

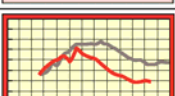
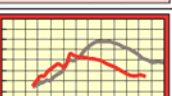

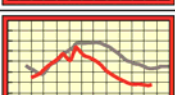
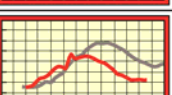
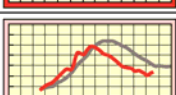
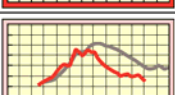
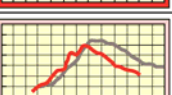
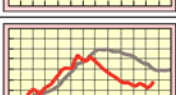
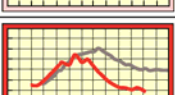
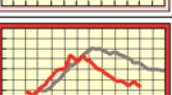
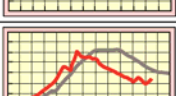
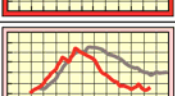
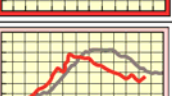
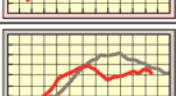

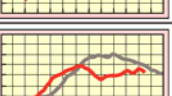


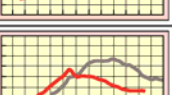
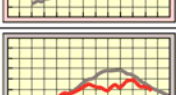
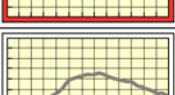
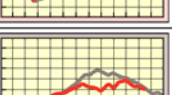


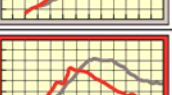
ОПЕРАТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР
ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Описание бюллетеня

Регион: Республика Башкортостан

Состояние на 29.08.2010

Ход текущего сезона вегетации (красная линия) в сравнении со средним многолетним (серая линия)

| Район | Посевы сельскохозяйственных культур | Посевы озимых культур | Посевы яровых культур |
|--------------------------------|---|--|---|
| Мишкинский район (№ 1740) |  |  |  |
| Миякинский район (№ 1741) |  |  |  |
| Нуримановский район (№ 1742) |  |  |  |
| Салаватский район (№ 1743) |  |  |  |
| Стерлибашевский район (№ 1744) |  |  |  |
| Стерлитамакский район (№ 1745) |  |  |  |
| Татышлинский район (№ 1746) |  |  |  |
| Туймазинский район (№ 1747) |  |  |  |
| Уфимский район (№ 1748) |  |  |  |
| Учалинский район (№ 1749) |  |  |  |
| Федоровский район (№ 1750) |  |  |  |
| Хайбуллинский район (№ 1751) |  |  |  |
| Чекмагушевский район (№ 1752) |  |  |  |