

СЕКЦИЯ
«СИСТЕМЫ, МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ,
КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ
ПРОИЗВОДСТВОМ»

DOI:

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ОБРАЗЕЦ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО
ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ**

А. Н. Крючков¹, И. П. Самсоненко²

¹*Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси;*

²*Республиканское унитарное предприятие*

«Проектный институт Белгипрозем»

В рамках программы Союзного государства «Мониторинг-СТ» создан экспериментальный образец системы оперативного дистанционного мониторинга состояния сельскохозяйственных земель. Он предназначен для информационного обеспечения в сферах мониторинга земель, сельскохозяйственного производства, а также планирования землепользования на различных уровнях.

**PILOT MODEL OF THE SYSTEM OF OPERATIONAL REMOTE
MONITORING OF AGRICULTURAL LAND OF BELARUS**

A. N. Kryuchkov¹, I. P. Samsonenko²

¹*Joint Institute for Informatics Problems of the National Academy of Sciences of
Belarus;*

²*Republican Unitary Enterprise «Project institute Belgiprozem»*

Agricultural land is a strategic resource. This ensures the food security of the population. Therefore, the rational use of land resources is very important, but very difficult without operational monitoring.

In the Republic of Belarus, a pilot model of the system of operative remote monitoring of agricultural lands has been created (within the program of the Union State of Russia and Belarus «Monitoring-SG»). Its purpose is the provision of information on the separation of agricultural land by species, as well as their changes in time and space. The source of the initial information for it can serve as remote sensing data.

The pilot model includes: a program-information complex for operational remote monitoring of agricultural lands (PIC OMZ) and a web service.

PIC OMZ is capable of performing the following functions:

- semi-automatic interpretation of remote sensing data;
- periodic monitoring of the state of agricultural land;
- change detection of the structure of agricultural land (the nature of use of agricultural land and the contours of agricultural land);

- retrospective analysis of the structure of agricultural land;
- identification of cultivated sites outside agricultural lands;
- maintenance of information support for the management of land resources, provision of accounting and cartographic materials on the availability, status and location of agricultural land and the changes in their structure.

Information and software compatibility of components of PIC OMZ, the modular principle of their construction allow to provide an increase in functionality without significant modification of program blocks.

The web service is based on the Geoportal of the land information system of the Republic of Belarus. It is physically located on the server <http://gismap.by/>. It is designed to provide access to materials obtained as a result of the use of PIC OMZ.

Земли сельскохозяйственного назначения являются стратегическим ресурсом, обеспечивающим продовольственную безопасность населения. Нерациональное и нецелевое использование сельскохозяйственных земель ведет к их деградации, которая заключается в утрате плодородия, зарастании, засорении и появлении иных негативных последствий, отрицательно влияющих на возможность получения сельскохозяйственной продукции. В свою очередь, обеспечить рациональное использование земельных ресурсов весьма затруднительно без оперативного мониторинга их состояния.

В связи с этим в рамках мероприятия 2.5 программы Союзного государства «Мониторинг-СГ» была поставлена задача по разработке экспериментального образца системы оперативного дистанционного мониторинга состояния сельскохозяйственных земель, предназначенной для получения информации о фактическом состоянии (распределении по видам) сельскохозяйственных земель и изменениях, происходящих в их структуре, на основе данных дистанционного зондирования Земли (далее – ДДЗ), поступающих со съемочных систем как космического, так и авиационного базирования.

В реализации данного проекта принимали участие специалисты Государственного научного учреждения «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси» и Республиканского унитарного предприятия «Проектный институт Белгипрозем» Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь. Ими было разработано специализированное программное обеспечение по обработке ДДЗ

«Программно-информационный комплекс оперативного дистанционного мониторинга состояния сельскохозяйственных земель» (далее – ПИК ОМЗ), выполнено технологическое и методическое обоснование процесса дешифрирования различных видов сельскохозяйственных земель по ДДЗ и создан веб-сервис для обеспечения доступа к результатам оперативного дистанционного мониторинга состояния сельскохозяйственных земель.

Программное обеспечение ПИК ОМЗ является интероперабельным и может выполняться в 64-разрядных операционных системах (как Windows, так и Linux). Его функциональные возможности обеспечивают проведение всего комплекса работ по предварительной и тематической обработке растровых изображений, их автоматизированному дешифрированию, а также определению изменений (во времени и пространстве), созданию цифровых карт и генерированию статистических данных.

К характерным специфическим особенностям ПИК ОМЗ можно отнести его направленность на работу с открытыми (бесплатными) ресурсами, предоставляющими данные космической съемки высокого и среднего разрешения на местности, возможность автоматического поиска и формирования массивов исходных данных в пределах указанных зон интересов, возможность классификации большой совокупности растровых изображений, осуществление мониторинга путем сопоставления векторных изображений (в пределах установленных допусков), автоматизированное формирование выходных материалов в соответствии с требованиями государственной статистической отчетности.

ПИК ОМЗ способен работать с растровыми изображениями в графических форматах хранения GeoTIFF и JPEG2000 (в соответствии со стандартами космических съемочных систем Landsat 8, Sentinel 2 и Канопус В). Поддерживается импорт векторных пространственных данных из форматов Shape, SXF, MID/MIF. В качестве базовой картографической подложки могут использоваться данные различных картографических веб-сервисов.

Весь технологический цикл мониторинга формализован в виде последовательно выполняемых операций, сгруппированных в блоки поиска и формирования исходных данных, их дешифрирования и оформления полученных результатов в виде отчета. Так, при импорте изображений производится их трансформация в рабочую проекцию, обрезка по заданной маске (в автоматическом и ручном режимах) и визуализация в соответствии с заданным стилем. Географическая привязка и выравнивание ДДЗ производится в соответствии с информацией об их исходной проекции, содержащейся в служебных тегах файлов хранения. В случае необходимости (возможного смещения в пределах нескольких пикселей) выполняется «допривязка» по опорным точкам до полного совмещения с объектами растровой картографической подложки (дороги, водные объекты и т. п.).

Кроме того, при использовании космических снимков Landsat 8 автоматически выполняются радиометрическая коррекция спектральных каналов (номера с 1 по 8) с использованием информации из файла метаданных в формате MTL, радиометрическая калибровка (приведение значений яркости пикселей в физические единицы), радиометрическая коррекция влияния атмосферы, маскирование облаков и теней, а также осуществляется расчёт индексов. В ручном режиме дополнительно доступны операции контрастирования, фильтрации, цветовых преобразований, генерирования многозональных изображений и улучшения их пространственного разрешения.

Таким образом, получаемый массив исходных данных состоит из серии разновременных (в пределах цикла наблюдений), подобранных и совмещённых по определенной территории, геопривязанных безоблачных (маскированных) растровых изображений. Количество геоинформационных слоев, предназначенных для дальнейшей обработки, обусловлено множеством (пакетом) используемых спектральных каналов в составе космического снимка, в том числе полученных путем индексных преобразований, а также числом пакетов и составленных из них временных рядов (рабочих сессий).

Тематическое дешифрирование выполняется в два этапа путем контролируемой классификации с обучением по одному из ряда методов (в их числе – алгоритмы машинного обучения «Random forest» и «Artificial neural networks»). На первом этапе происходит выделение собственно сельскохозяйственных земель, земли других видов маскируются. Целью второго этапа классификации является разделение сельскохозяйственных земель по видам – пахотные, улучшенные луговые, под постоянными культурами и естественные луговые. Это достигается с помощью обучения классификатора специально составленной выборке из базы эталонов дешифрирования, учитывающей особенности облика сельскохозяйственных культур в различных фенологических фазах их развития.

Качество дешифрирования обеспечивается требованиями к формированию базы эталонов, которые учитывают природно-хозяйственные особенности различных регионов Республики Беларусь. Полнота и разнообразие дешифровочных признаков, а также их репрезентативность определяются значительной площадью обследованных территорий. Тестовые полигоны достаточно равномерно распределены по территории страны (по одному в каждой области) и при этом отражают большинство основных ситуаций, складывающихся при наложении природных и антропогенных факторов, таких как характер почвенного покрова, рельеф местности, температурный режим, степень проявления эрозионных процессов и заболоченности, освоенность территории, интенсивность землепользования, техногенная нагрузка и т.п. Весьма важным является наличие эталонов, характеризующих одни и те же объекты в течение всего вегетационного периода, что существенно улучшает достоверность дешифрирования.

В процессе классификации принимают участие одновременно все геоинформационные слои рабочей сессии. Далее с помощью процедуры векторизации полученных результатов формируется изображение сельскохозяйственных земель с контурами отдельных участков (рис. 1).

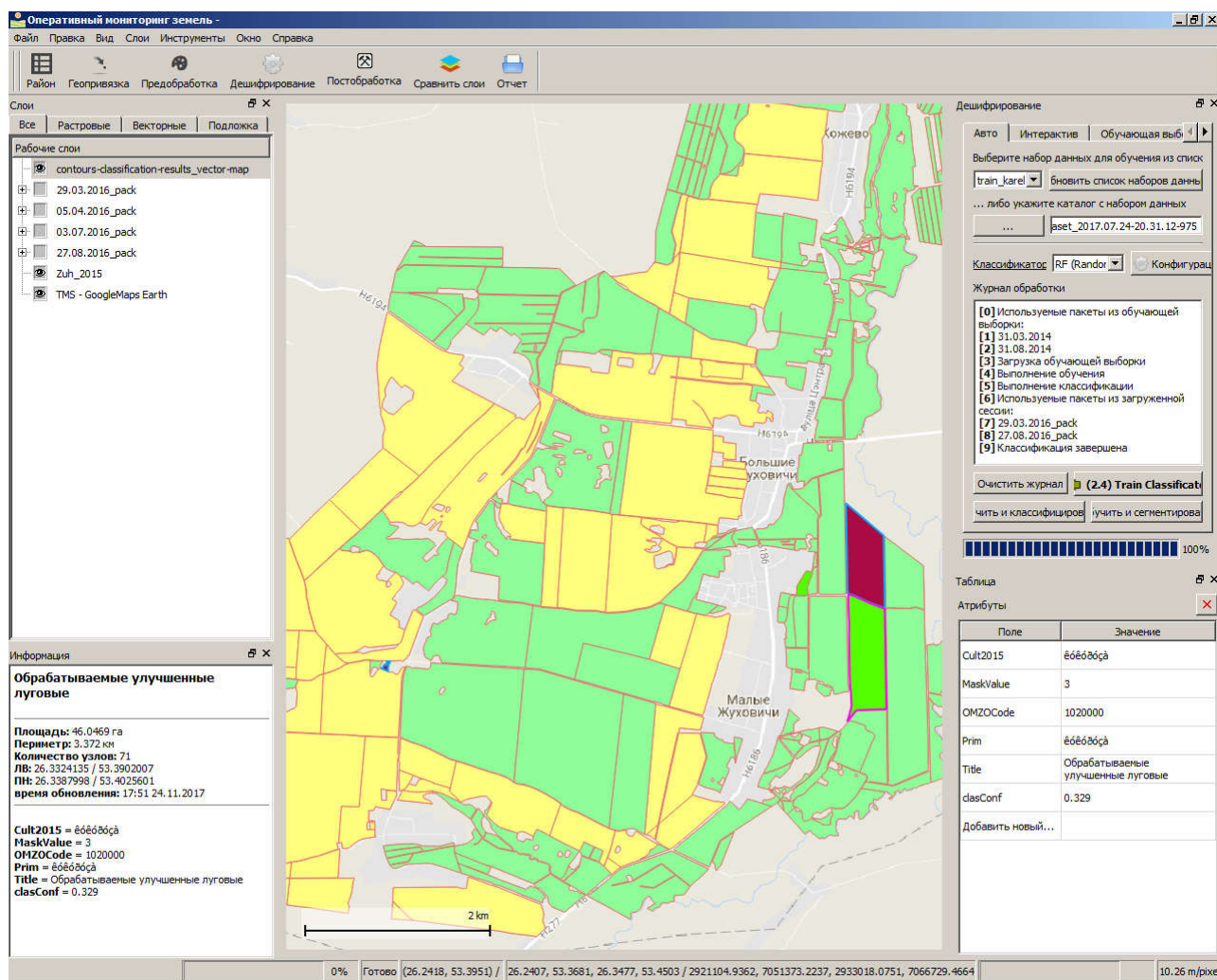


Рис. 1. Пример результата дешифрирования космической съемки в ПИК ОМЗ

В случае необходимости предусмотрена возможность его редактирования с использованием таких инструментов графического редактора, как «редактирование вершин», «разделение полигонов», «слияние полигонов» и т. п.

На основе полученных таким образом данных осуществляется выявление изменений состояния сельскохозяйственных земель путем их сопоставления с аналогичными материалами по той же территории, полученным за предыдущий период наблюдений. Допуск увеличения/уменьшения площади отдельного контура земель, при котором фиксируется изменение, настраивается заранее и зависит от качества (разрешения на местности) используемых ДДЗ. При этом фиксируются как трансформация границ отдельных контуров сельскохозяйственных земель, так и изменение характера их фактического использования. Кроме того, определяются контуры земель, фактически

обрабатываемых, но не состоящих на учете в качестве сельскохозяйственных. В результате формируется изображение, на котором отображаются различные варианты перехода сельскохозяйственных земель из одного вида в другой за определенный период наблюдений.

В завершение технологического цикла мониторинга осуществляется автоматическое формирование отчетных материалов. При этом используются шаблоны тематических цифровых карт с установленными правилами разграфки и зарамочного оформления, а также таблиц статистических показателей (в соответствии с требованиями технических нормативных правовых документов). В процессе предварительного просмотра и подготовки графических документов к печати возможно редактирование их объектовой нагрузки и легенд.

Открытый доступ к указанным материалам в сети Интернет возможен с помощью веб-сервиса ОМЗ, который разработан на базе Геопортала земельно-информационной системы Республики Беларусь (геопортал ЗИС) и физически расположен на сервере <http://gismap.by/>. Использование наиболее авторитетного в стране географического информационного ресурса позволило ускорить разработку веб-сервиса ОМЗ и обеспечить надежность его функционирования. Кроме того, базовая картографическая основа геопортала ЗИС на данный момент является самой точной, детальной и информативной в Республике.

На вкладке веб-сервиса ОМЗ данные о состоянии сельскохозяйственных земель на определенные даты и данные об изменениях, произошедших в их состоянии за определенные периоды наблюдений, визуализируются в виде групп геоинформационных слоев (папок). Все изображения komponуются в разрезе административных районов с использованием специально разработанных классификатора и стилей оформления легенды (рис. 2). Предполагается, что возможность широкого доступа к данной информации заинтересованных в ней пользователей будет способствовать популяризации и эффективному использованию ресурса.

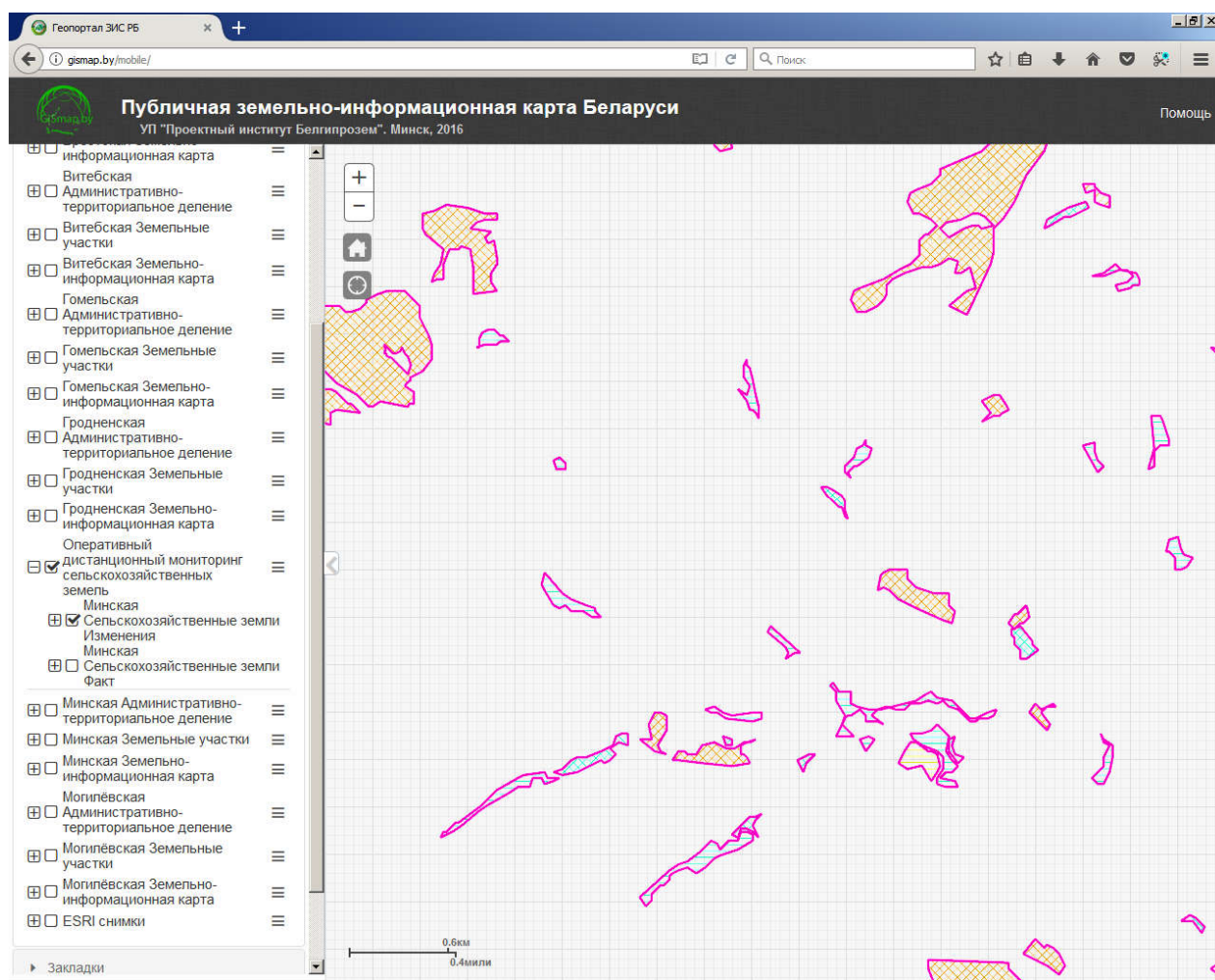


Рис. 2. Отображение цифровой карты «Изменение состояния сельскохозяйственных земель» с помощью веб-сервиса ОМЗ

Таким образом, в результате выполнения одного из заданий программы Союзного государства «Мониторинг-СГ» создана высокотехнологичная продукция, которая способна улучшить информационное обеспечение мониторинга земель, принятия управленческих решений в сфере сельскохозяйственного производства, а также планирования землепользования на различных уровнях.