

УДК 528.88

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫЯВЛЕНИЯ, ДЕШИФРИРОВАНИЯ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ¹

А. В. ОЛЬШЕВСКИЙ¹⁾, И. П. САМСОНЕНКО²⁾, В. М. ЯЦУХНО³⁾

¹⁾Ростелеком, ул. Арбат, 46, 119002, г. Москва, Россия

²⁾Проектный институт «Белгипрозем», ул. Казинца, 68, корп. 3, 220108, г. Минск, Беларусь

³⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Описан экспериментальный образец технологии выявления, дешифрирования и картографирования деградированных земель, созданный в рамках выполнения программы Союзного государства «Мониторинг-СГ». Экспериментальный образец основан на использовании моделей автоматизации обработки данных дистанционного зондирования Земли, разработанных на базе открытого геоинформационного программного обеспечения QGIS. Такие модели в совокупности дают возможность осуществлять автоматизированную предварительную обработку, классификацию космических снимков, оценку точности классификации, а также векторизацию и картографирование полученных результатов тематического дешифрирования. Предлагаемая технология позволяет создавать цифровые карты проявлений деградации земель, обеспечивает экономию затрат времени, а также упрощение процесса обработки данных дистанционного зондирования Земли. На основе полученной картографической продукции созданы база данных деградированных земель и электронный атлас проявлений процессов деградации земель Республики Беларусь, доступ к которым реализован через специализированный геоportal (веб-сервис). Результаты исследований могут быть применены для борьбы с деградацией земель на национальном уровне, а также при решении задач создания и актуализации планово-картографической основы, разработки тематических геоинформационных систем и документов планирования землепользования.

Ключевые слова: деградация земель; геоинформационные системы; данные дистанционного зондирования.

THE TECHNOLOGY OF IDENTIFICATION, INTERPRETATION AND MAPPING OF DEGRADED LANDS BASED ON REMOTE SENSING DATA

A. V. ALSHEUSKI^a, I. P. SAMSONENKA^b, V. M. YATSUKHNA^c

^aRostelecom, 46 Arbat Street, Moscow 119002, Russia

^bProject Institute «Belgiprose», 68 Kazinca Street, 3 building, Minsk 220108, Belarus

^cBelarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: V. M. Yatsukhna (yatsukhno@bsu.by)

Described experimental sample of the technology of identification, interpretation and mapping of degraded land, created in the framework of the Union State program «Monitoring-SG». The experimental sample is based on the use of GIS models of automatization of remote sensing data (RSD) processing, created on the basis of an open geoinformation

¹По материалам научного доклада на VII Белорусском космическом конгрессе (Минск, 24–26 октября 2017 г.).

Образец цитирования:

Ольшевский АВ, Самсоненко ИП, Яцухно ВМ. Технология выявления, дешифрирования и картографирования деградированных земель на основе данных дистанционного зондирования Земли. Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2018;2:50–58.

For citation:

Alsheuski AV, Samsonenka IP, Yatsukhna VM. The technology of identification, interpretation and mapping of degraded lands based on remote sensing data. Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology. 2018;2:50–58. Russian.

Авторы:

Алексей Валерьевич Ольшевский – кандидат географических наук; технический директор продуктового офиса «Гео-данные».

Игорь Павлович Самсоненко – кандидат географических наук; ведущий специалист отдела научно-исследовательских работ.

Валентин Минович Яцухно – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов географического факультета.

Authors:

Aleksey V. Alsheuski, PhD (geography); technical director of GeoData product office.

aleksey.olshevskiy@rt.ru

Igor P. Samsonenka, PhD (geography); leading researcher at the research department.

samsonenka@gmail.com

Valentin M. Yatsukhna, PhD (agricultural sciences), docent; leading researcher at the landscape ecology laboratory, faculty of geography.

yatsukhno@bsu.by

software *QGIS*. Developed GIS models are used together to implement an automated pre-processing, satellite images classification, accuracy assessment of the classification and vectorization and mapping of the received results of thematic interpretation. The proposed technology allows to create digital land degradation maps, provides a cost savings and simplification of remote sensing data processing. The database of degraded lands and the electronic atlas of land degradation forms of the Republic of Belarus are created, access to which is realized through a dedicated geoportal (web-service). The research results could be applied for combat land degradation at national level, but also at the solution of tasks of creating and updating of cartographic products, development of thematic geographic information systems and land use planning documents.

Key words: land degradation; geoinformation systems; remote sensing data.

Введение

В настоящее время деградация земель, включая их ключевой компонент – почвы, представляет собой существенную угрозу, определяющую негативные социально-экономические и экологические последствия. Усиливающееся антропогенное воздействие на земельные ресурсы, сокращение биоразнообразия экосистем, увеличение их уязвимости к климатическим изменениям, нерациональное управление и организация землепользования не только снижают продукционную способность земель (почв), но и отрицательно сказываются на других жизненно важных, предоставленных ими экосистемных услугах. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), общая площадь деградированных земель составляет свыше 25 % территории суши, а ежегодный глобальный ущерб, наносимый деградацией земель, – около 300 млрд долл. США [1].

Для Республики Беларусь деградация земель также является одной из наиболее актуальных проблем, от решения которой зависят как успешность экономического развития, так и экологическая безопасность. Это находит отражение в международных обязательствах страны в связи с присоединением к Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием/деградацией земель (Указ Президента Республики Беларусь от 17 июля 2001 г. № 393) и реализацией положений стратегии и Национального плана действий по предотвращению деградации земель (включая почвы) на 2016–2020 гг., утвержденных постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29 апреля 2015 г. № 361 [2].

К основным формам (видам) деградации земель (почв) применительно к условиям Беларуси относятся водная и ветровая эрозия; минерализация (разрушение) осушенных торфяно-болотных почв; ухудшение гранулометрического состава; химическое, в том числе радионуклидное, загрязнение; загрязнение отходами производства и потребления, подтопление, переуплотнение; выгорание осушенных торфяников; нарушение земель при разработке месторождений полезных ископаемых, а также при ведении строительных работ и иных раскопках; самовольное занятие и нецелевое использование земель; заброшенность земель, в том числе занятых пустующими объектами, и др.

Одной из главных причин, сдерживающих проведение мероприятий по борьбе с деградацией, является отсутствие оперативной, точной и низкочатратной технологии выявления, картографирования, классификации, учета и оценки процессов деградации и деградированных земель.

В силу развития технологий сбора, обработки, хранения и использования данных дистанционного зондирования (ДЗЗ), снижения их стоимости, возможности выбора каналов спектрального сканирования земной поверхности и периода наблюдений, а также получения актуальных данных и применения программных средств автоматизации эти методы наиболее приемлемы для выявления и картографирования процессов деградации и деградированных земель.

Решению указанной проблемы на национальном уровне уделяется все больше внимания, однако до настоящего времени из всех видов деградации земель лишь для водной и ветровой эрозии и минерализации торфяников имеется некоторый опыт их изучения средствами дистанционного зондирования. Вопросы методического обеспечения и внедрения таких работ в практику все еще остаются нерешенными.

Экспериментальная часть

В настоящее время в научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов географического факультета БГУ завершена работа над проектом «Разработка экспериментального образца технологии выявления, дешифрирования и картографирования динамики процессов деградации, деградирующих и деградированных земель на основе современных спутниковых данных» в рамках программы Союзного государства «Разработка космических и наземных средств обеспечения потребителей России и Беларуси информацией дистанционного зондирования Земли» («Мониторинг-СТ») [3].

Создаваемая в ходе проекта технология основана на использовании геоинформационных моделей обработки ДДЗ, которые представляют собой определенные последовательности операций, в совокупности позволяющих осуществлять автоматизированную предварительную обработку, классификацию космических снимков, оценку точности классификации, а также векторизацию и картографирование полученных результатов тематического дешифрирования [4].

Для разработки геоинформационных моделей в качестве базового используется программное обеспечение (ПО) с открытым кодом *Quantum GIS (QGIS)* и дополнительные модули к нему (*SAGA*, *OTB*). При выборе данного ПО существенной являлась возможность подключения к основному функционалу пространственного анализа *QGIS* инструментов обработки ДДЗ из других геоинформационных пакетов и их последующего использования в виде отдельных модулей, а также наличие специализированного модуля создания моделей, в котором можно комбинировать имеющиеся алгоритмы для решения различных прикладных задач. ПО *QGIS* позволяет оперировать графическими моделями рабочих процессов, создавать, редактировать, запускать и документировать пространственные модели. При этом основными используемыми категориями являются исходные геоинформационные слои, процессы, их параметры и связи между ними, а также результирующие слои.

В рамках разработки технологии создан ряд геоинформационных моделей: предварительной обработки ДДЗ, автоматизированной классификации, оценки точности классификации и векторной пост-обработки ее результатов.

Геоинформационная модель предварительной обработки ДДЗ (рис. 1) предназначена для подготовки исходных данных к последующему автоматизированному дешифрированию и включает в себя:

- исходные слои:
 - растровый космический снимок;
 - отдельные спектральные каналы снимка (*NIR band*, *R band* и т. д.);
- геоинформационные процессы (алгоритмы программных пакетов *QGIS*, *SAGA* и *OTB*), которые можно отключать или активировать в зависимости от решаемой задачи и целей обработки ДДЗ:
 - разделение многозонального снимка на *N* каналов (*Split Image*);
 - разделение многозонального снимка на *RGB*-каналы (*Split RGB bands*);
 - линейное растяжение гистограммы (*Rescale Image*);
 - расчет вегетационных индексов (*NDVI*, *PVI* и др.);
 - фильтрация методами Гаусса (*Gaussian filter*) и Лапласа (*Laplacian filter*);
 - композит *RGB* (*Rgb composite*);
 - расчет статистики второго порядка (*Compute Images second order statistics*);
- результирующие слои, которые возможно сохранять в памяти компьютера либо во временной папке.

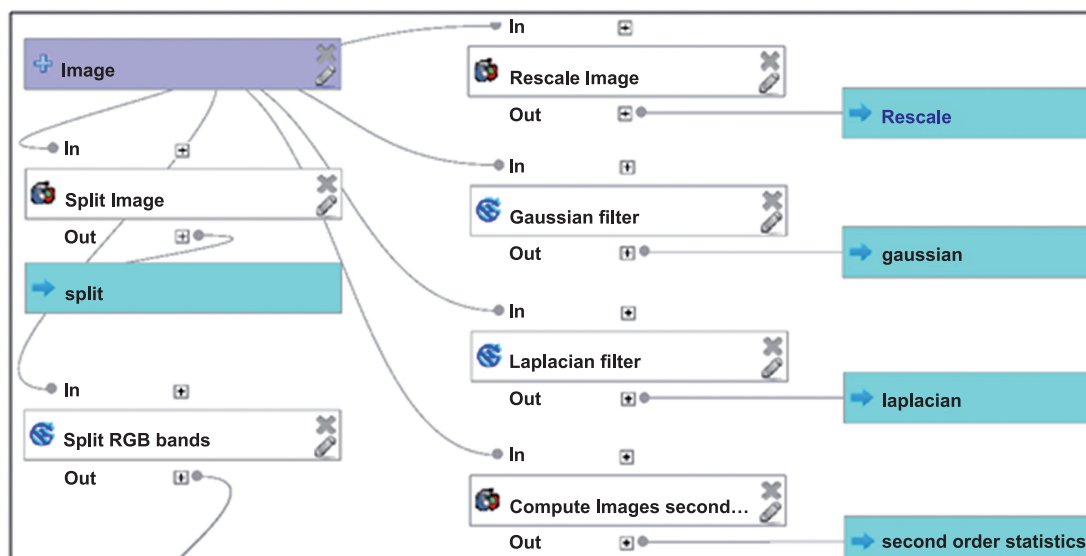


Рис. 1. Геоинформационная модель предварительной обработки ДДЗ (фрагмент)

Fig. 1. Geoinformation model of preliminary processing of RSD (fragment)

Геоинформационные модели автоматизированной классификации предназначены для автоматического разбиения изображений по заданному признаку или совокупности признаков на однородные содержательно интерпретируемые области и включают:

- исходные слои:
 - растровый снимок (может использоваться исходный снимок либо результирующие слои модели предварительной обработки (комбинации каналов));
 - векторный слой эталонов (для модели автоматизированной контролируемой классификации с обучением);
- геоинформационные процессы (алгоритмы пакетов *QGIS*, *SAGA* и *OTB*):
 - модель классификации без обучения (*Unsupervised KMeans classification*);
 - модель классификации с обучением (*Supervised classification*);
- результирующие слои классифицированных снимков.

Геоинформационная модель оценки точности предназначена для определения объективных показателей достоверности и надежности информации, полученной при классификации ДДЗ, и состоит из следующих процессов (алгоритмов пакета *GRASS*):

- преобразование векторного слоя в растровый с использованием атрибута слоя (*v.to.rast.attribute*);
- расчет параметров оценки точности классификации (*r.kappa*).

Исходные слои модели:

- классифицированный растровый снимок, полученный на предыдущем этапе обработки ДДЗ;
- векторный полигональный слой с информацией об известных видах земель.

Алгоритм расчета матрицы ошибок и параметра *kappa* для оценки точности результатов классификации вычисляет матрицу ошибок классификации и подготавливает таблицу, в которой отражены количество правильно классифицированных пикселей, общая площадь (в пикселях) и процент правильно классифицированных пикселей. Отчет о работе алгоритма записывается в результирующий файл в текстовом формате.

Геоинформационная модель постобработки результатов классификации ДДЗ предназначена для оформления этих результатов в виде цифровой карты. Векторная постобработка заключается в фильтрации шумов (алгоритм *r.neighbors*) и автоматической векторизации (алгоритм *r.to.vect*) полученных данных. В качестве исходного слоя для модели выступает классифицированный растровый снимок, созданный на предыдущем этапе обработки ДДЗ.

Результаты и их обсуждение

Последовательная реализация разработанных моделей позволяет создавать цифровые карты проявлений деградации, на которых отображаются границы контуров деградированных земель, различающихся по видам деградации, а также дополнительные необходимые элементы содержания (рис. 2).

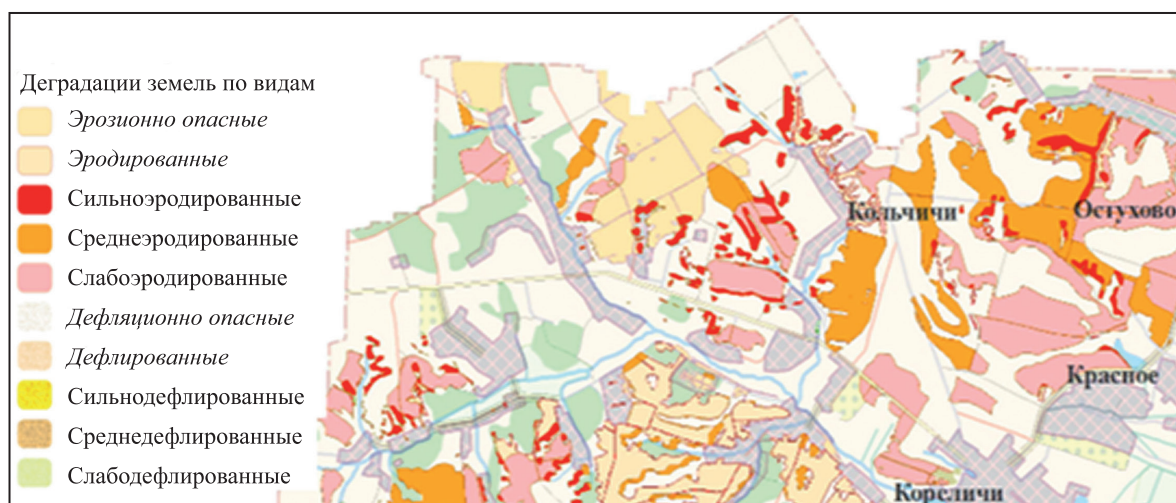


Рис. 2. Цифровая карта проявлений деградации земель, созданная с использованием геоинформационных моделей обработки ДДЗ (фрагмент)

Fig. 2. Digital map of degradation land worked out with geoinformation models of RSD (fragment)

Карты являются важнейшим итогом работ по выявлению и картографированию процессов деградации и деградированных земель и предназначены для анализа почвенно-экологической ситуации и принятия управленческих решений по борьбе с негативными процессами.

Цифровые карты деградации земель хранятся в созданной пространственной базе данных деградированных земель в виде специального класса объектов, структура которого представлена в табл. 1.

Таблица 1

Структура класса объектов «Деградированные земли»

Table 1

Structure of the «Degraded Land» class of objects

Наименование поля	Имя поля	Тип поля (размер или диапазон значений)	Описание
ID	ID	Числовое целое (0–255)	Идентификационный номер
Название	Name	Символьное (40 знаков)	Собственное название участков, вводится по необходимости
Вид деградации	DegrType	Числовое целое (0–255)	Кодируется в соответствии со справочником DEGRTYPES
Вид земель	ZemVid	Числовое целое (0–255)	Кодируется в соответствии со справочником ZEMVIDS
Процесс деградации	DegrProc	Числовое целое (0–255)	Кодируется в соответствии со справочником DEGRPROC
Проявление процесса	DegrDem	Числовое целое (0–255)	Кодируется в соответствии со справочником DEGRDEM
Индикатор деградации	DegrInd	Числовое целое (0–255)	Кодируется в соответствии со справочником DEGRIND
Координаты ареала (центральной точки)	AreCor	Числовое	Определяются GPS-приемником
Площадь ареала	ArePlo	Числовое	Картометрические измерения
Область	Region	Символьное (40 знаков)	Административная область
Район	District	Символьное (40 знаков)	Административный район
Код административно-территориальной единицы	RegCod	Числовое целое	В соответствии с единым государственным регистром недвижимого имущества (ЕГРНИ)
Кадастровый номер	CadNum	Числовое целое	В соответствии с ЕГРНИ
ID ЗИС	IDZIS	Числовое целое	В соответствии с земельными информационными системами
Уточняющая подпись	Text	Символьное (40 знаков)	Кодируется в соответствии со справочником DEGRTEXTS

На основе полученной картографической продукции создан электронный атлас проявлений процессов деградации земель Республики Беларусь, содержащий обзорные (масштаб 1 : 1 000 000) и крупномасштабные (1 : 10 000–1 : 100 000) карты, охватывающие территорию отдельных административных районов страны. В атлас входят:

- обзорная карта процессов водной и ветровой эрозии по Беларуси масштаба 1 : 1 000 000 (создана по материалам первичного наполнения базы данных деградированных земель и в результате уточнения накопленной ранее картографической информации);
- обзорная карта процессов деградации земель на осушенных торфяниках в разрезе административных районов масштаба 1 : 1 000 000 (создана по материалам первичного наполнения базы данных деградированных земель);
- карты очагов проявления процессов деградации земель в пределах административных районов масштаба 1 : 10 000–1 : 100 000.

Крупномасштабные карты данного атласа отражают ареалы распространения основных причин снижения производительной способности почвенно-земельных ресурсов республики, в первую очередь

сельскохозяйственного назначения. Динамика процессов и явлений деградации земель интегрально проявляется в почвенном покрове территории, его структуре и качественном состоянии. В связи с этим основной исходной информацией для учета деградации сельскохозяйственных земель являются данные о структуре почвенного покрова, т. е. системном объединении не только факторов землепользования (соответственно техногенной нагрузки на территорию), но и условий прошлого и современного почвообразования.

Для организации возможности обращения заинтересованных лиц к базе данных деградированных земель и указанному выше электронному атласу посредством интернета в ходе выполнения проекта был создан специализированный геопортал (рис. 3), который доступен по следующей ссылке: <http://maps.geo.bsu.by:8080/geoexplorer/viewer/#maps/4>.

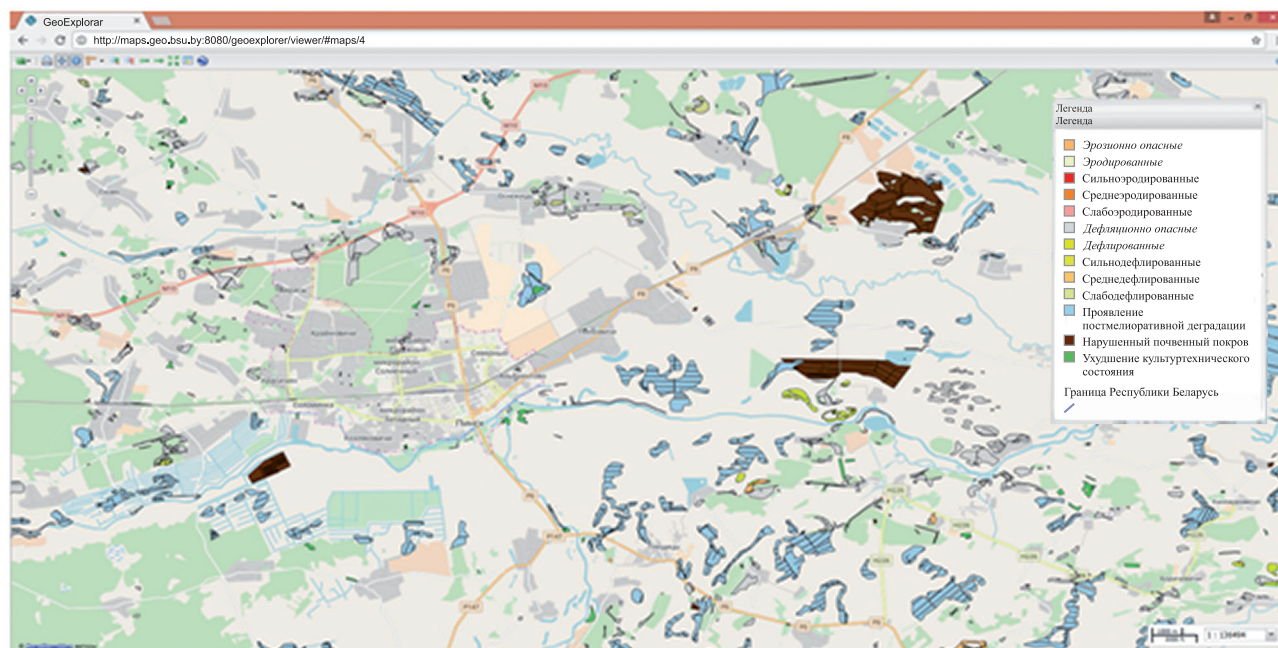


Рис. 3. Геопортал данных о проявлении процессов деградации земель

Fig. 3. The geoportal of data on the manifestation of land degradation processes

Доступ к перечисленным ресурсам реализован по протоколу *http* посредством сервис-ориентированной архитектуры (SOA) с использованием стандартизированных интероперабельных веб-сервисов. При этом применялось серверное ПО *GeoServer*, которое является открытым, бесплатным и позволяет реализовать все виды геоинформационных сервисов в соответствии со стандартами OGC.

Основные функции, выполняемые указанными геосервисами, – это визуализация пространственных данных (Web Map Service – WMS), их предоставление пользователю в векторном (Web Feature Service – WFS) и растровом (Web Coverage Service – WCS) форматах, удаленное редактирование данных (Web Feature Service Transactional – WFS-T).

Использование реализованных геосервисов и геопортальных технологий при планировании землепользования, создании и актуализации карт деградированных земель дает пользователям возможность получить необходимые пространственные данные в онлайн-режиме, хранить данные и результаты анализа в одном месте, обеспечивая доступ всех заинтересованных на любом этапе работы. Это позволяет преодолеть ограниченность ресурсов (времени, данных, связи) и в конечном итоге повышает эффективность проводимых работ [5; 6].

Разработчики публикуют пространственные данные о деградированных землях на центральном сервере в виде геоинформационных сервисов визуализации, передачи и редактирования данных. Геосервисы визуализации размещаются на соответствующих веб-страницах в интернете и совмещаются с пользовательскими инструментами, предназначенными для обсуждения картографических материалов и совместного принятия решений. Актуализация исходных данных, необходимых для разработки документов планирования землепользования, осуществляется с помощью удаленного редактирования. Согласование мероприятий по борьбе с деградацией земель происходит в онлайн-режиме путем просмотра картографических материалов и их комментирования. Землепользователи, общественность

и другие заинтересованные также могут обсуждать имеющиеся картографические материалы и предполагаемые изменения использования земель, тем самым участвуя в процессе планирования такового. Зайдя на страницу системы в интернете, представители органов государственного управления могут обращаться к утвержденным в установленном порядке документам планирования землепользования при обосновании и принятии решений. Специалисты, находясь в командировках, непосредственно в поле, имеют возможность удаленно обращаться к серверу как при разработке, так и при проведении авторского надзора (без необходимости иметь картографические материалы в бумажном виде).

Данная технология может применяться на различных этапах работы для следующих целей.

- Согласование предварительных материалов документов планирования землепользования в онлайн-режиме с руководителями и специалистами исполкомов, их структурных подразделений и иных организаций. При этом существует несколько вариантов использования системы. При условии наличия интернета и технических средств на местах специалисты райисполкомов и других организаций просматривают подготовленные карты в интернете, высказывают замечания и предложения с помощью соответствующих инструментов, вносят необходимые изменения путем удаленного редактирования. В случае отсутствия такой технической возможности осуществляется командировка одного из разработчиков в район (при этом ему понадобятся ноутбук и 3G-модем для выхода в интернет). В этом случае отпадает необходимость дорогостоящей распечатки картографических материалов на плоттере и сотрудник демонстрирует их удаленно (если нужно, редактирует пространственные данные).

- Актуализация исходных пространственных данных о деградированных землях с помощью удаленного редактирования. При этом разработчики используют космический снимок, описывающий текущую ситуацию, совмещая его на странице портала с текущим слоем деградированных земель. В этом случае наглядно видно, где необходима актуализация.

Технология может быть полезна для вовлечения местного населения и землепользователей в мероприятия по борьбе с деградацией земель и процесс планирования землепользования через обсуждение предложений на страницах геопортала, а также для демонстрации материалов разработчиками. Картографические материалы могут использоваться учеными и преподавателями при проведении различных исследований и в образовательных целях.

Отдельная стадия работ по проекту – подготовка методических рекомендаций, устанавливающих порядок применения экспериментального образца (ЭО) технологии для различных целей в области землеустройства, государственного земельного кадастра и государственного контроля за использованием и охраной земель.

В соответствии с разработанными рекомендациями использование ЭО технологии предполагает следующие этапы (рис. 4):

- подготовка исходных данных;
- использование ПО (геоинформационных моделей) ЭО;
- использование результатов автоматизированного дешифрирования деградированных земель.

Заключительная стадия проекта – оценка экономической эффективности разработанного ЭО. Методика ее определения основывалась на хронометрировании процессов обработки ДДЗ и вычислении разницы во времени реализации этих процессов с использованием разработанных моделей и без их использования (при последовательном применении соответствующих традиционных инструментов обработки ДДЗ – программных пакетов *QGIS*, *SAGA*, *OTB* и *GRASS* в программной оболочке *QGIS*). Полученная временная разница умножалась на показатель стоимости человеко-часа сотрудников, выполняющих обработку ДДЗ, что позволило определить экономию затрат в денежном выражении.

Результаты хронометрирования показали, что с помощью разработанных геоинформационных моделей временные затраты на обработку ДДЗ для целей выявления, дешифрирования и картографирования динамики процессов деградации, деградирующих и деградированных земель сокращаются на 36 % по сравнению с обработкой без использования указанных моделей (традиционные инструменты в программной оболочке *QGIS*) и на 88 % – по сравнению с выполнением аналогичных работ в ходе создания земельных информационных систем. Уменьшение времени происходит за счет ускорения выполнения отдельных операций обработки ДДЗ, отсутствия необходимости ручного ввода параметров алгоритмов, а также поиска и прописывания путей к файлам при загрузке данных в ПО и сохранении результатов, открытия и запуска множества отдельных алгоритмов обработки.

Для определения экономии затрат в денежном выражении использовался соответствующий средний показатель стоимости человеко-часа сотрудников предприятия «Геоинтех» (12,5 руб./ч (с учетом налогов и накладных расходов)), планирующего использовать ЭО при решении задач создания и актуализации планово-картографической основы, разработки тематических геоинформационных систем и документов планирования землепользования.

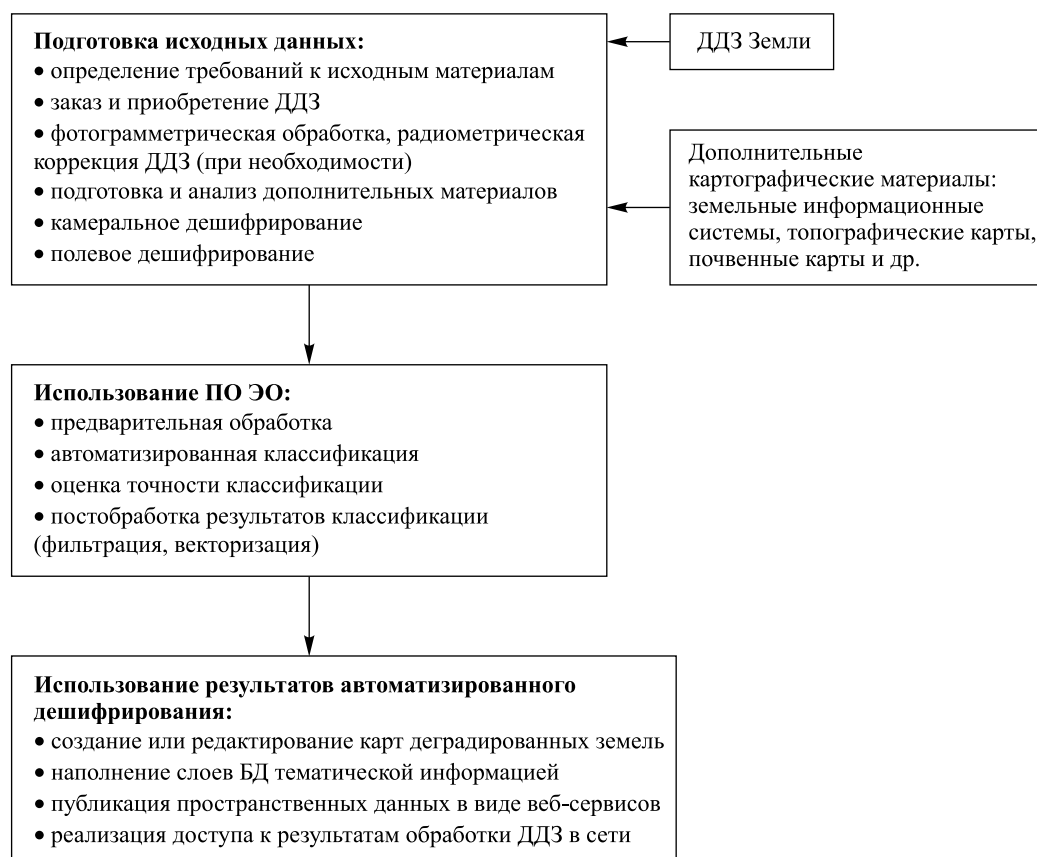


Рис. 4. Схема использования ЭО

Fig. 4. Scheme of using the experimental technology sample

Выполненные расчеты показали, что экономия затрат от применения ЭО в денежном выражении составляет 9072 руб. в год по сравнению с использованием традиционных инструментов обработки ДДЗ в среде *QGIS* и 22 176 руб. в год по сравнению с проведением аналогичных работ для создания земельных информационных систем.

Заключение

В ходе выполнения научных работ по проекту создан экспериментальный образец технологии выявления, дешифрирования и картографирования деградированных земель, основанный на использовании геоинформационных моделей автоматизации обработки ДДЗ. Разработанные модели в совокупности позволяют осуществлять автоматизированную предварительную обработку, классификацию космических снимков, оценку точности классификации, а также векторизацию и картографирование полученных результатов тематического дешифрирования. Проведенные предварительные испытания и опытная эксплуатация ЭО показали работоспособность созданных геоинформационных моделей и возможность получения требуемой информации в результате полного цикла обработки ДДЗ в полуавтоматическом режиме.

Предлагаемая технология позволяет создавать цифровые карты проявлений деградации земель, обеспечивает экономию затрат времени, а также упрощение процесса обработки ДДЗ Земли. На основе картографической продукции получены база данных деградированных земель и электронный атлас проявлений процессов деградации земель Республики Беларусь, доступ к которым реализован через специализированный геопортал (веб-сервис).

Результаты выполненных исследований могут быть применены для борьбы с деградацией земель на национальном уровне, а также при решении задач создания и актуализации планово-картографической основы, разработке тематических геоинформационных систем и документов планирования землепользования. Потенциальными пользователями предлагаемой технологии выявления и картографирования деградации земель являются организации и предприятия Минприроды, Госкомимущества, НАН Беларуси, а также преподаватели и студенты соответствующих специальностей.

Библиографические ссылки

1. Nkonya E, Mirzabaev A, Joachim von Braun, editors. *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development*. Bonn: Springer; 2016. 685 p.
2. Стратегия по реализации Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке. Национальный план действий по предотвращению деградации земель (включая почвы) на 2016–2020 гг. Минск: Минприроды; 2015. 56 с.
3. Разработать экспериментальный образец технологии выявления, дешифрирования и картографирования динамики процессов деградации, деградирующих и деградированных земель на основе современных спутниковых данных: научно-технический отчет о научно-исследовательской работе (заключительный). Яцухно ВМ, руководитель; Ольшевский АВ, исполнитель. Минск: БГУ; 2015. 115 с. № SR 20141420.
4. Ольшевский А. Разработка геоинформационной модели автоматизированной классификации многозональных космических снимков. *Земля Беларуси*. 2013;1:36–39.
5. Ольшевский А. Технология предоставления и редактирования картографических материалов схем землеустройства в сети Интернет. *Земля Беларуси*. 2011;4:39–45.
6. Giri CP, editor. *Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications*. New York: CRC Press; 2012. 477 p.

References

1. Nkonya E, Mirzabaev A, Joachim von Braun, editors. *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development*. Bonn: Springer; 2016. 685 p.
2. [Strategy of Implementation of the UN Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. 2016–2020 National Action Plan for the Prevention of Land (and soil) Degradation]. Minsk: Minprirody; 2015. 56 p. Russian.
3. [Develop an experimental model of technology for identifying, satellite image interpretation and mapping the dynamics of degradation processes, degraded lands based on modern satellite data: a scientific and technical report on research (final)]. Yatsukhno VM, scientific supervisor; Olshevsky AV, responsible performer. Minsk: Belarusian State University; 2015. 115 p. No. SR 20141420. Russian.
4. Olshevsky A. [Model of the automated classification of multispectral satellite images]. *Zemlya Belarusi*. 2013;1:36–39. Russian.
5. Olshevsky A. [The technology of presenting and editing of cartographical materials of land management schemas in the Internet]. *Zemlya Belarusi*. 2011;4:39–45. Russian.
6. Giri CP, editor. *Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications*. New York: CRC Press; 2012. 477 p.

Статья поступила в редколлегию 02.04.2018.
Received by editorial board 02.04.2018.