

УДК 528.9

*Чернышева Мария Андриановна, Шигапов Иршат Сайдашович,  
Мингалиев Ринат Раисович  
Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия*

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ УЩЕРБА ОТ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

**Аннотация.** В настоящей статье предлагается конструктивный подход к решению одной из наиболее сложных задач по оценке экологического ущерба, наносимого природными катастрофами, а именно задачи дистанционной оценки ущерба, наносимого лесными пожарами. В представленной работе приводится описание разработанных авторами подходов к созданию методики и ГИС-технологии для оценки экологического ущерба от пожаров на основе космической информации и данных из лесного плана. По материалам разновременных спутниковых съемок с космических аппаратов Landsat TM/MSS определяются площади, пострадавшие от пожаров. Методика детектирования гарей (выгоревших территорий) основана на расчете разностных спектральных индексов для пред-пожарного и после-пожарного периодов. Для тестирования разработанной ГИС-модели в ходе исследования производился количественный учет территорий, пройденных лесными пожарами на территории Республики Марий-Эл.

**Ключевые слова:** ДДЗ, спутниковые снимки, лесные пожары, ГИС-технологии

*M. A. Chernisheva, I. S. Shigapov, R. R. Mingaliev  
Kazan Federal University, Kazan, Russia*

## APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES TO ASSESS DAMAGE FROM FOREST FIRES

**Annotation.** This article proposes a constructive approach to solving one of the most difficult problem of assessing environmental damage caused by natural disasters, especially, the problem of remote assessment of damage caused by forest fires. The presented work describes the approaches developed by the authors to the creation of a methodology and GIS technology for assessing environmental damage from fires based on space information and data from the forest plan. Based on the materials of multi-temporal satellite imagery from the Landsat TM/MSS spacecraft, the areas affected by fires are determined. The technique for detecting burnt areas

(burnt areas) is based on the calculation of difference spectral indices for the pre-fire and post-fire periods. To test the developed GIS model during the study, a quantitative accounting of the territories covered by forest fires in the territory of the Mari El Republic was carried out.

**Keywords:** remote sensing, satellite images, forest fires, GIS technologies

Российская Федерация в силу своего географического положения значительно подвержена воздействию природных пожаров. Лесные пожары оказывают негативное влияние на экономику страны, уровень жизнеобеспечения населения и на экологическую обстановку как в стране, так и в мире [1].

Как правило, оценка последствий лесных пожаров сегодня выражается в денежном эквиваленте за потерянные кубометры древесины на основании результатов наземных лесопатологических обследований. Очевидно, что использование такого рода методов сопряжено с существенными финансовыми и трудовыми затратами. В современном мире лесопатологические исследования значительно упрощены за счет внедрения данных дистанционного зондирования (ДДЗ), позволяющих значительно приумножить полноту выявления и точность определения площади измененных насаждений.

Актуальность исследования обусловлена отсутствием четко разработанных, проверенных практикой моделей и методик для оценки ущерба от лесных пожаров. Так как в настоящее время изучение и исследования окружающей природной среды достаточно тесно связаны с использованием географических информационных систем и разнообразным видом геоинформационных ресурсов (электронно-цифровых карт, наборов, баз пространственных данных, ГИС-сервисов), их можно популяризировать и в данной области, а именно в оценке ущерба, наносимого лесными пожарами.

Лесные пожары обладают рядом объективных факторов, осложняющих процесс их оценки (быстротекущее явление, зарастание гарей, большая протяженность границ крупных пожаров). Поэтому фактически единственным средством получения однородной информации о площадях, пройденных огнем, являются средства ДДЗ.

Существующие сегодня методы оценки и мониторинга пожаров по ДДЗ можно разделить на две группы. К первой группе относятся методы, определяющие активное горение и основываются в основном на применение данных низкого пространственного разрешения (500–1000 м), но получаемых достаточно часто (Modis (спутники Terra и Aqua) и VIIRS (спутник NPP)). Вторая группа методов направлена на картографирование и оценку последствий пожаров. Большинство входящих во вторую группу методов основаны на использовании данных видимого и инфракрасного диапазонов спутниковых приборов,

которые отличаются более высоким пространственным разрешением [2].

Для выявления границ гарей по ДДЗ используется разностный нормализованный индекс гарей dNBR (Normalized Burn Ratio) который рассчитывается по следующей формуле [Lopez, 1991; Ки и Бенсон, 1995]:

$$NBR = \frac{(NIR_{prefire} - SWIR2_{prefire}) - (NIR_{postfire} - SWIR2_{postfire})}{(NIR_{prefire} + SWIR2_{prefire}) - (NIR_{postfire} + SWIR2_{postfire})}, \quad (1)$$

где NIR – ближний инфракрасный диапазон;

SWIR2 – средний инфракрасный диапазон.

Предлагаемая авторами модель для расчета ущерба от лесных пожаров описывается формулой:

$$Y = S * Y_{п.др.} * P * K_{к.з.}, \quad (2)$$

где S – площадь пожара (га);

$Y_{п.др.}$  – ущерб от потери древесины ( $m^3/га$ );

P – ставка платы за утраченную древесину (руб/ $m^3$ );

$K_{к.з.}$  – коэффициент, учитывающий категорию земель.

Разработанная авторами методика оценки ущерба от лесных пожаров основывается на использовании спутниковых снимков и геоинформационной программы QGIS.

Методика ГИС-оценки ущерба, наносимого лесными пожарами включает в себя четыре основных блока (рисунок 1).

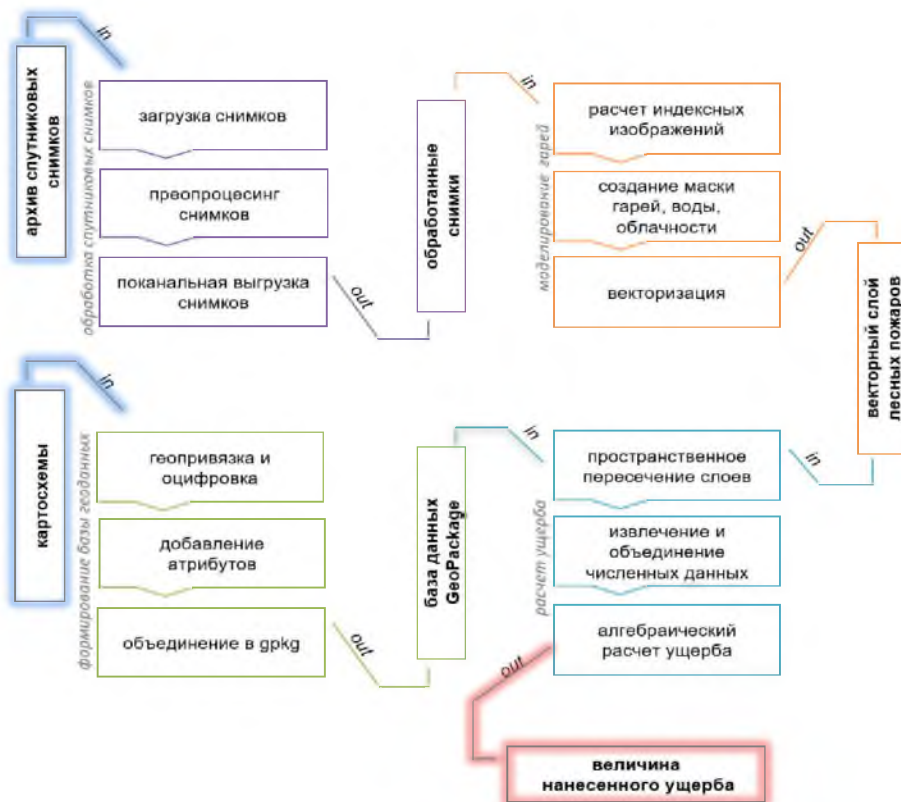


Рисунок 1 – Алгоритм оценки ущерба

1 блок – получение и обработка космических снимков. Сюда относится выборка архивных спутниковых снимков на исследуемую территорию, соответствующих необходимым условиям (например, облачность снимков, дата съемки). Для точности последующего анализа снимки подвергаются преобработке, с применением встроенного плагина программного комплекса QGIS «Semi-Automatic Classification Plugin». Результатом 1 этапа являются поканально выгруженные обработанные снимки в геоинформационную программу.

2 блок – формирование базы геоданных. Используемые в алгоритме операций данные содержатся в подготовленной базе геоданных, с набором векторных слоев, атрибутивная информация которых содержит необходимые данные для расчета ущерба. Исходными данными являются тематические картограммы, которые в результате векторизации и добавление атрибутивной информации превращаются в пространственную базу данных.

3 блок – моделирование гарей. На данном этапе формируется векторная маска гарей, что позволяет оценить площадные и пространственные характеристики лесных пожаров. Дистанционная оценка гарей основана на создании индексных изображений для допожарного и пост пожарного периодов, а далее вычисления их разности. На используемых снимках присутствует облачность и территории, занятые водными объектами, что дает ошибку в определении территорий гарей по «индексным» изображениям. Следовательно, для точности идентификации территорий гарей из результата выявленных изменений (разности индекса) следует вычесть территории, занятые водными объектами и облачностью. Для этого прибегают к созданию маски облачности и водной маски.

4 блок – расчет ущерба. Заключительный этап, результатом которого является стоимостная величина, нанесенного ущерба (в рублях). На данном этапе происходит пространственное пересечение территорий гарей со слоями базы геоданных и извлечение атрибутивных данных. Получив все необходимые численные данные, производится расчет ущерба по заданной алгебраической модели.

Процесс обработки снимков до картографирования территорий гарей и математический расчет ущерба автоматизирован с помощью средств графического моделирования, позволяющих организовать в единый процесс цепочку операций в определенной последовательности.

Для тестирования предлагаемой методики выбрана территория Национального парка «Марий Чодра», находящегося в республике Марий-Эл. За исследуемый период определен 2010 г., в котором как и в многих регионах России, территория РМЭ была подвержена большому количеству случаев возникновения лесных пожаров. По официальной статистике в 2010 году на территории ООПТ «Марий Чодра» лесными пожарами были зафиксированы пожары общей площадью 231 га.

В тестируемой методике оценки ущерба площадные характеристики гарей извлекаются после векторизации индексных изображений dNBR. Площадь пожара составила 208 га.

Результаты оценки площади пожара по данным со спутника Landsat 5 дают меньшую (примерно на 10%) по сравнению с наземными данным официальной статистики площадь. Это можно объяснить низким пространственным разрешением отобранных снимков.

Наложением базы геоданных на выгоревшие площади, полученные по ДДЗ, извлекаются следующие данные для алгебраического расчета ущерба: коэффициент, учитывающий категорию земель – 4 (леса природно-заповедного фонда); средний запас древесины — 60 м<sup>3</sup>/га (сосна); ставка платы за утраченную древесину – 54 руб./м<sup>3</sup>. Ущерб от лесных пожаров, рассчитанный для тестовой площадки по разработанной методике составил 2 695 680 рублей

Таким образом в ходе исследования показана возможность оценки ущерба от лесных пожаров методами ГИС-технологий. Для проверки работоспособности методики проведена апробация на тестируемом участке, ошибка в определении площади составляет менее 10 процентов. Применимость метода во многом зависит от доступности данных космической съемки и детализации лесных планов, применяемых для извлечения атрибутики. Представленные результаты могут быть рассмотрены как решение актуальной на сегодняшний день задачи оценки ущерба от лесных пожаров.

### **Список литературы**

1 Станкевич Т. С. *Оперативное прогнозирование динамики развития лесного пожара* / Т. С. Станкевич // *Балтийский морской форум : материалы VI Международного Балтийского морского форума : в 6 т., Калининград, 03–06 сентября 2018 года. Том 1.* – Калининград : Обособленное структурное подразделение «Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Калининградский государственный технический университет», 2018. – С. 1079–1087.

2 Стыценко Ф. В. *Возможности оценки площадей лесных пожаров в регионах России на основе данных спутникового детектирования активного горения* / Ф. В. Стыценко, С. А. Барталев, А. А. Иванова [и др.]. – 2016. – Т. 13. – № 6. – С. 289–298