Метод актуализации карт классов природной пожарной опасности лесной территории с помощью спутниковых тематических продуктов

А.С. Плотникова, Д.В. Ершов

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН,
Москва, 117997, Россия
E-mail: alexandra@ifi.rssi.ru

Статья посвящена описанию метода актуализации карт классов природной пожарной опасности лесной территории. Обосновывается ежегодная периодичность обновления информации о классах природной пожарной опасности в регионах с активным лесопользованием. Уделяется внимание необходимым исходным данным: спутниковым тематическим картам растительного покрова; многолетним данным о пожарах; данным о классах природной пожарной опасности из лесного плана исследуемого региона – Иркутской области. Детально описываются и приводятся в виде блок-схемы этапы предлагаемого метода. Затрагивается последовательность определения класса природной пожарной опасности по многолетним данным о пожарах. Рассматривается оценка площадей классов растительности на поквартальном уровне. Приводится описание итеративного поиска аналогов и принципа нахождения преобладающего класса природной пожарной опасности среди найденных аналогов. В заключении отражаются полученные результаты – создана БД кварталов Иркутской области с актуализированными классами природной пожарной опасности, определены классы природной пожарной опасности для кварталов, по которым нет информации о классе в лесном плане субъекта. Полученные результаты сравниваются с данными из лесного плана Иркутской области. По результатам исследований сформулированы выводы. Указаны пути совершенствования метода с привлечением данных высокого пространственного разрешения.

Ключевые слова: пожарная опасность в лесах по лесорастительным условиям, использование спутниковых данных.

Введение

В лесном хозяйстве для оценки участков леса по степени опасности возникновения на их территории пожаров используются шкалы природной пожарной опасности, утвержденные Министерством природных ресурсов России (Приказ МПР №32, 2008). Класс природной пожарной опасности (КППО) территории определяется типом напочвенного покрова, породным составом и возрастом древостоя, категорией земель и рядом других характеристик лесных насаждений. Оценку лесных участков выполняют лесоустроительные предприятия при проведении лесоустройства на территории лесного фонда с использованием материалов лесной таксации (Приказ Рослесхоза №516, 2011 г.). Природная пожарная опасность делится на пять классов в зависимости от объекта загорания (характерные типы леса, вырубки, другие категории насаждений и безлесных пространств), а также условий возникновения и распространения пожара. Первый класс соответствует наибольшей вероятности возникновения и развития пожара, пятый класс – наименьшей вероятности или ее отсутствию (Терминологический словарь).

Данные о природной пожарной опасности в лесу необходимы при планировании и осуществлении работ по тушению лесных пожаров, разработке и усовершенствовании средств и способов борьбы с огнем, а также при проведении выборочных рубок с целью снижения пожарной опасности (Щетинский, 1998).

Субъекты России обновляют информацию о природной пожарной опасности при подготовке лесного плана, которая осуществляется каждые десять лет (Приказ Рослесхоза № 423, 2011). За период обновления КППО происходят значительные изменения лесных насаждений – меняются категории земель и породный состав леса. В результате рубки и лесных пожаров, массового размножения вредных организмов и других деструктивных воздействий происходит смена типа напочвенного покрова и древесной растительности.

В проведенном исследовании был разработан метод актуализации карт КППО с ежегодной периодичностью, позволяющей учитывать изменения в регионах с активным лесопользованием в межревизионный период подготовки очередного лесного плана. Метод позволяет определять класс природной пожарной опасности лесной территории посредством комплексного анализа спутниковых тематических карт растительного покрова, многолетних данных о пожарах и метеонаблюдений, а также данных КППО из лесного плана субъекта РФ. В качестве исследуемого региона была выбрана Иркутская область, являющаяся одним из крупнейших субъектов России с точки зрения занимаемой лесом территории (Официальный сайт Иркутской области).

Исходные данные

Карта растительного покрова на территорию России TerraNorte RLC с пространственным разрешением 250 метров создана методом локально-адаптивной классификации (алгоритм LAGMA) с использованием безоблачных сезонных композитных изображений спектрорадиометра MODIS. Легенда карты содержит двадцать два тематических класса, восемнадцать из которых соответствуют различным типам растительности. Автоматическая технология динамического картографирования растительного покрова позволила сформировать временную серию ежегодных карт за период с 2000 г. по настоящее время (Барталев и др., 2012). В исследовании использована карта, преимущественно основанная на данных спутниковых наблюдений 2005 г., предоставленная авторами статьи (Барталев и др., 2011).

Тематические классы карты образуют семь различных групп типов наземных экосистем. Первая группа – леса, в которой выделены вечнозеленые темнохвойные и светлохвойные леса, лиственные, смешанные, а также хвойные листопадные. Группу травяно-кустарниковой растительности составляют луга, степи и хвойные вечнозеленые кустарники. Кустарничковая, травянистая и кустарниковая растительность объединены в группу тундра. К водно-болотным комплексам отнесены болота и прибрежная растительность. Такие типы растительного покрова, как свежие гари и пахотные земли образуют отдельную группу. Группа непокрытых растительностью земель включает: вечные снега и льды, открытые грунты и выходы горных пород, урбанизированные территории. К последней группе земного покрова отнесены водные объекты. В процессе исследования легенда карты TerraNorte RLC была изменена объединением части классов в группы: темнохвойные леса (ель, пихта, кедр); светлохвойные леса (сосна); лиственные леса; лиственница; смешанные леса; травяно-кустарниковая растительность; тундра; водно-болотные комплексы; свежие гари; открытые грунты; водные объекты.

Данные о классах природной пожарной опасности на поквартальном уровне. Согласно действующему Лесному кодексу России регионы обязаны разрабатывать лесной план – документ, определяющий основные направления использования и воспроизводства лесов на ближайшие десять лет (Лесной кодекс Российской Федерации, 2006). Статья 86 Лесного кодекса описывает основное содержание лесных планов. Помимо прочего документ может содержать планы лесонасаждений или лесопожарные карты с нанесенной квартальной сетью. Квартальная сеть классифицирована в соответствии со шкалой оценки природной пожарной опасности лесов (Приказ Рослесхоза № 287, 2011). Поскольку в лесных планах содержится информация о КППО на уровне квартальной сети, пространственной единицей актуализации классов является квартал.

Многолетние данные о пожарах и метеонаблюдений. Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров (ИСДМ Рослесхоз) располагает данными о пожарах, произошедших в зоне авиационного мониторинга с 1987 г. (Барталев и др, 2010). Исследование охватывало временной интервал с 1987 по 2011 гг.. По каждому пожару доступна информация о географических координатах очага возгорания, дате обнаружения, выгоревшей площади леса, в том числе при распространении верхового пожара. Таким образом, возможна классификация пожаров на верховые и низовые.

Временной ряд данных метеонаблюдений со всех метеостанций Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) в ИСДМ доступен с 2006 года. Ежедневные данные метеонаблюдений содержат информацию о среднесуточной температуре, в зависимости от значения которой определялись даты начала и конца весеннего, летнего и осеннего периодов.

Метод актуализации КППО

Разработанный в рамках проведенного исследования метод актуализации классов природной пожарной опасности можно разделить на четыре этапа.

Первый этап – определение КППО квартала по многолетним данным о пожарах. Пространственной единицей сбора статистической информации по пожарам на территории Иркутской области было выбрано участковое лесничество.

Утвержденная Рослесхозом классификация природной пожарной опасности лесов помимо объекта загорания описывает наиболее вероятные виды пожаров, условия и продолжительность периода их возможного возникновения и распространения. Первый класс характеризуется очень высокой природной пожарной опасностью (ППО). В течение всего пожароопасного сезона возможны низовые пожары, а на участках с наличием древостоя – верховые. Ко второму классу отнесены кварталы с высокой ППО. Низовые пожары возможны в течение пожароопасного сезона, верховые – в периоды, при которых число лесных пожаров или площадь, охваченная огнем, превышает средние многолетние значения для данного района. Такие периоды называются пожарными мак-

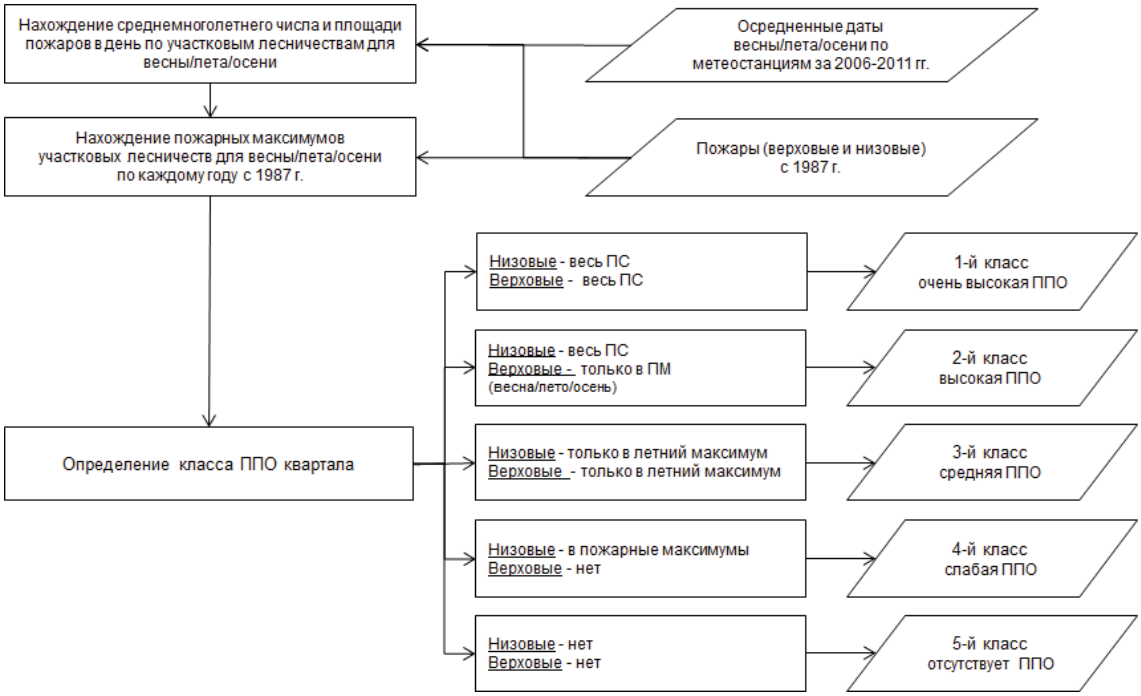

Рис. 1. Блок-схема определения КППО квартала по многолетним данным о пожарах

симумами (ПМ). Третий класс – средняя ППО. Низовые и верховые пожары возможны в период летнего максимума. Четвертый класс – слабая ППО. Возникновение пожаров (в первую очередь низовых) возможно в периоды пожарных максимумов. Пятый класс – отсутствует ППО. Пожары возникают только при особо неблагоприятных условиях (длительная засуха).

Вышеизложенная классификация была смоделирована на основе анализа многолетних данных о горимости территорий участковых лесничеств (*рис. 1*). Учитывался тип лесного пожара (низовой, верховой), его площадь и дата возникновения.

С помощью данных метеонаблюдений рассчитывались границы весеннего, летнего и осеннего периодов на основе среднесуточной температуры воздуха по всем участковым лесничествам Иркутской области. Начало весеннего и конец осеннего периодов определялись устойчивым переходом среднесуточной температуры через отметку +5°С . Граница между весенним и летним периодами, а также между летним и осенним устанавливалась при переходе через +10°С градусов. Даты границ периодов с метеостанций пространственно интерполировались, далее находилось их среднемноголетнее значение для каждого участкового лесничества субъекта.

Затем определялись пожарные максимумы в весенний, летний и осенний периоды для каждого года на основе анализа среднемноголетнего числа пожаров в день указанных выше периодов. К пожарному максимуму относился день, если число возникших в этот день пожаров превышало среднемноголетний показатель.

В завершение для каждого участкового лесничества определялся класс природной пожарной опасности по условиям горимости. Если верховые и низовые пожары регистрировались на протяжении всего пожароопасного сезона (ПС), то участковому лесничеству

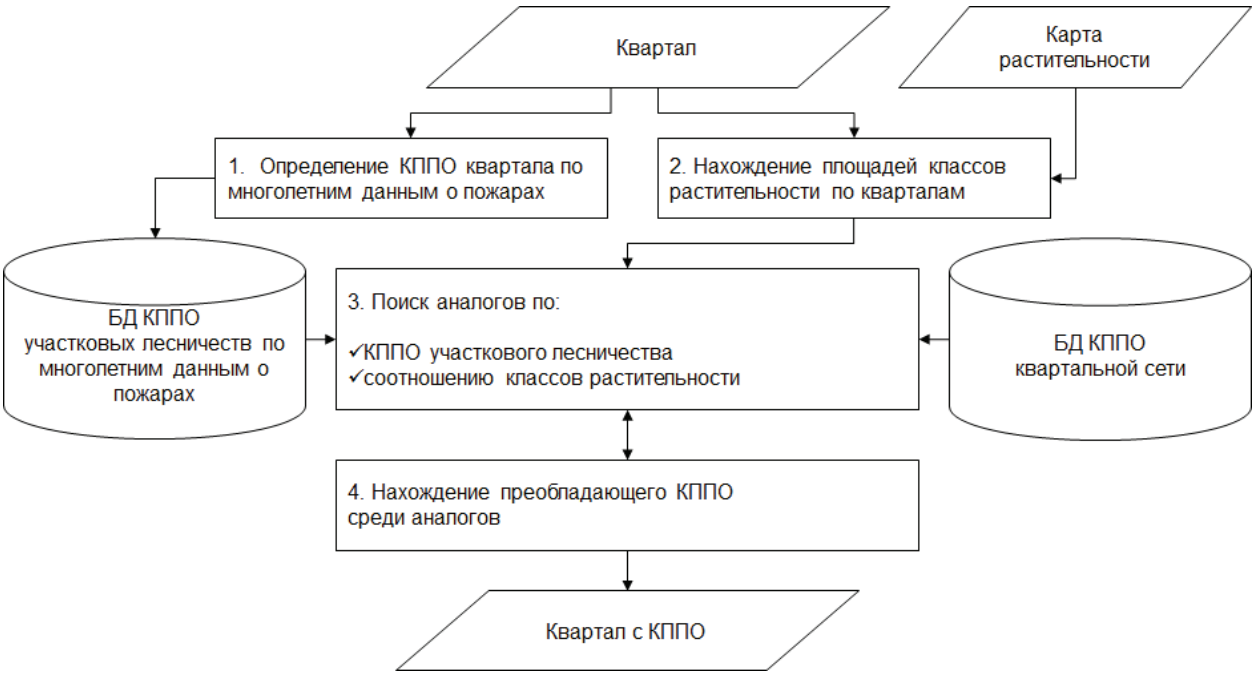

Рис. 2. Блок-схема метода актуализации КППО

присваивался первый класс ППО. В случае возникновения низовых пожаров в течение ПС, а верховых только в пожарные максимумы, территории определялся второй класс. Третий КППО присваивался, когда верховые и низовые пожары происходили только в летний пожарный максимум. К четвертому классу ППО относились участковые лесничества, на территории которых за пожароопасный сезон не было зафиксировано ни одного верхового пожара, а низовые возникали в периоды ПМ. Заключительный пятый класс присваивался, если пожары вообще не происходили.

Второй этап – оценка площадей классов растительности. На территории каждого квартала были найдены площади всех тематических классов карты TerraNorte RLC. Далее абсолютные значения площадей переводились в относительные – процент площади класса от площади квартала.

Третий этап – поиск аналогов. В качестве исходных данных использовалась информация о классах природной пожарной опасности из лесных планов, преобразованная в базу данных (БД) КППО лесничеств Иркутской области. В БД выполняется поиск кварталов с аналогичным КППО, определенным по многолетним данным о пожарах, и процентным соотношением классов растительности по карте TerraNorte RLC. Если в БД КППО из лесного плана не найдено ни одного квартала с аналогичным соотношением классов растительности, тогда диапазон поиска кварталов итеративно расширяется за счет увеличения интервала процентных значений каждого класса растительности в квартале с заданным фиксированным шагом (0,1). На каждой итерации значение интервала вычисляется по формуле (1):

$$\Delta = 0{,}1 \times n \times S\%. \qquad (1)$$

В формуле (1) использованы обозначения: Δ – значение интервала класса, *n* – номер итерации, *S*%– процент площади класса растительности в квартале. Нижняя граница интервала находится путем вычитания из процента площади класса значение интервала; верхняя граница – путем сложения. Например, в квартале темнохвойные леса занимают 20% территории, светлохвойные – 10%, лиственница – 70%. На первой итерации поиск аналогов будет проводиться в интервалах: по темнохвойным лесам – от 18% до 22%, по светлохвойным – от 9% до 11%, по лиственнице – от 63% до 77%.

Четвертый этап – нахождение преобладающего класса ППО среди аналогов. Итеративное расширение диапазона поиска кварталов продолжается до нахождения преобладающего КППО среди аналогов. Преобладающим классом природной пожарной опасности считается класс большинства найденных аналогичных кварталов.

Этапы метода актуализации классов природной пожарной опасности можно представить в виде схемы (*рис. 2*).

Результаты

В результате исследования была создана БД кварталов Иркутской области с актуализированными классами природной пожарной опасности. Было проведено сравнение полученных значений классов и значений из лесного плана области. В 85% кварталов найденное значение КППО совпадает с классом из лесного плана субъекта. В 12% кварталов метод актуализации дает значение класса, отличное от значения КППО лесного плана на один класс. Различие в два класса есть у 2,8% кварталов. У менее процента кварталов значения КППО отличаются на три и четыре класса.

Вышеизложенное сравнение выполнялось для кварталов, площадь изменений в лесном покрове которых за период с 2000 по 2012 г. не превышала 50% территории. Для выявления таких кварталов использовалась глобальная карта лесного покрова и его изменений, созданная по данным съемки спутников LANDSAT в 2013 г. группой ученых из университета Мэриленда (Hansen et al., 2013). В соответствии с описанием продукт содержит информацию о проективном покрытии древесного полога в 2000 г.; сокращение площади лесного покрова за период с 2000 по 2012 г.; прирост площади лесного покрова с 2000 по 2012 г.; сокращение площади лесного покрова по годам.

Под древесным пологом понимается сомкнутое покрытие всей растительности высотой более пяти метров. Значение пиксела соответствует проценту покрытой древесной растительностью площади в этом пикселе. Пример изменения в лесном покрове квартала и соответствующее ему изменение класса ППО представлен на *рис. 3*.

БД КППО квартальной сети, использованная в исследовании, покрывает 92% квартальной сети Иркутской области. С помощью разработанного метода актуализации КППО был определен класс для 8% кварталов, по которым не была представлена информация в лесном плане (*рис. 4*).

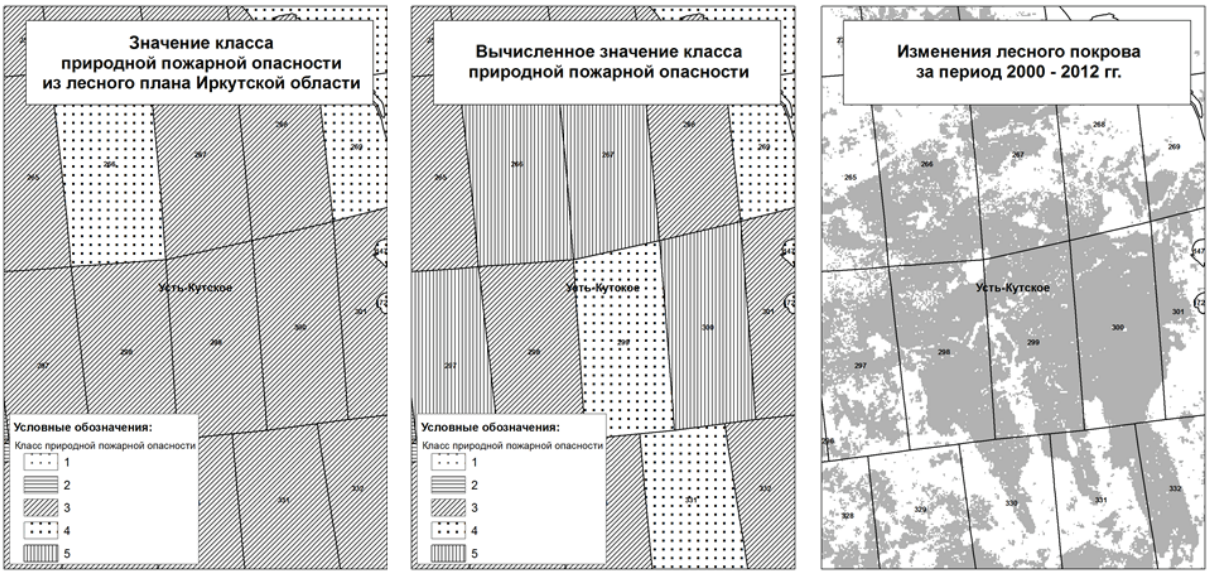

Рис. 3. Пример изменения лесного покрова и КППО кварталов Усть-Кутского лесничества Иркутской области

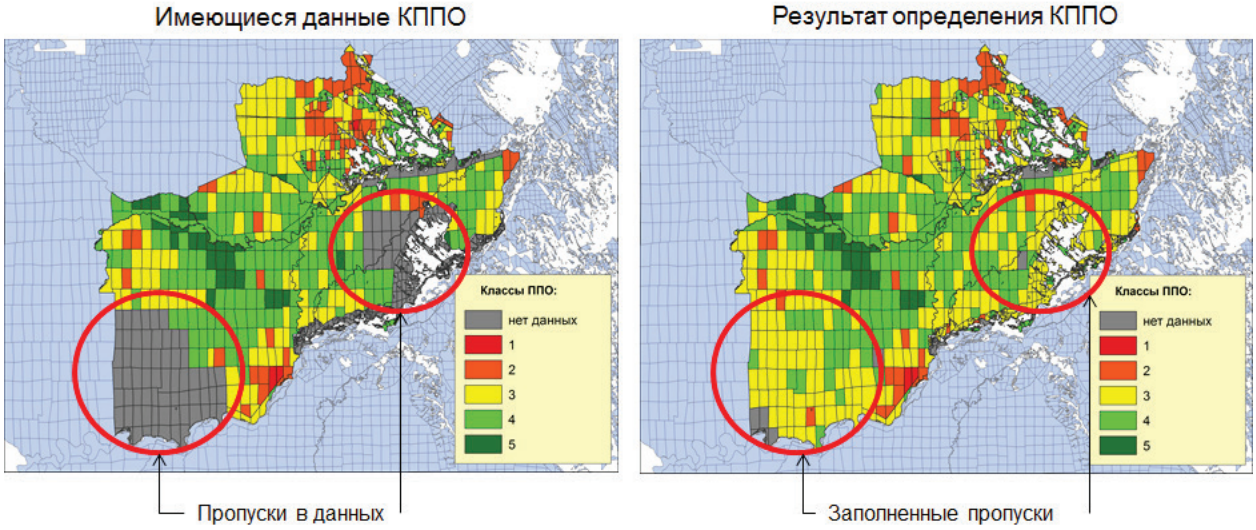

Рис. 4. Пример заполнения пропусков в данных КППО Зулумайского участкового лесничества Зиминского лесничества

Заключение

По результатам исследований были сформулированы следующие выводы:

1. метод может быть использован для ежегодной актуализации классов природной пожарной опасности на уровне кварталов с использованием спутниковых тематических продуктов (карт) и данных о горимости территории субъекта;
2. метод применим при заполнении данными КППО кварталов, по которым нет информации о классе в лесном плане субъекта РФ (например, особо охраняемые территории, бывшие колхозные и совхозные леса, переведенные в лесной фонд);

3. ошибка метода составляет 15%, из которых 12% кварталов отличается на один класс по сравнению с данными лесного плана субъекта;
4. совершенствование метода возможно с привлечением тематических карт растительности или лесных пород, полученных по данным высокого пространственного разрешения (например, по данным LANDSAT 30 м).

Литература

1. *Барталев С.А., Егоров В.А., Ершов 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. № 4. С. 285-302.
2. *Барталев С.А., Ершов Д.В., Коровин Г.Н., Котельников Р.В., Лупян Е.А., Щетинский В.Е.* Основные возможности и структура информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ Рослесхоз) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2010. Т. 7. № 2. С. 97-105.
3. *Барталев С.А., Ершов Д.В., Лупян Е.А., Толпин В.А.* Возможности использования спутникового сервиса ВЕГА для решения различных задач мониторинга наземных экосистем // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2012. Т. 9. № 1. С. 49-56.
4. Лесной кодекс Российской Федерации от 4 декабря 2006 г. N 200-ФЗ // Российская газета. 2006. 8 декабря.
5. Официальный сайт Иркутской области. URL: http://culture.irkobl.ru/sites/les/forest/lesnoe_khozyaystvo/index.php?print=Y.
6. Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 2008-02-06 №32.
7. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) от 12 декабря 2011 г. №516 г.
8. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) от 05.10.2011 № 423.
9. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) от 5 июля 2011 г. № 287.
10. Терминологический словарь по лесному хозяйству. URL: www.rosleshoz.gov.ru/terminology/k/49.
11. *Щетинский Е.А.* Охрана лесов от пожаров. Учебное пособие Часть 1. 1998 г. Пушкино.
12. *Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S. A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S. V., Goetz S. J., Loveland T. R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C. O., Townshend J. R. G.* High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change // Science 342. 2013. P. 850-853.

The method to update maps of forest natural fire danger levels using satellite-derived thematic products

A.S. Plotnikova, D.V. Ershov

Center for Forest Ecology and Productivity RAS, Moscow 117997, Russia
E-mail: alexandra@ifi.rssi.ru

This paper describes a method to update maps of forest natural fire danger levels. It justifies an annual update on natural fire danger levels in regions with intensive forest management. Special attention is paid to the input data used: satellite-derived land cover maps, multiannual database on forest fires and Irkutsk Forest Inventory Plan database on natural forest fire danger levels. All processing steps of the method proposed are shown in detail. The routines to assign natural fire danger levels based in multiannual data are described. The paper also focuses on vegetation types' areas estimation on a quarter levels. It also describes the iterative search for analogues and the principle to find the dominant natural fire danger level. In conclusion the paper focuses on results obtained. The method was successfully used to create quarters database containing up-to-date information on natural forest fire danger levels. It also allowed to identify fire danger level for the quarters, which never had this kind of information in Forest Inventory. The results obtained are compared with data in Irkutsk Forest Inventory. Assimilation of high-resolution imagery is a possible way to further improve the method described.

Keywords: forest natural fire danger level, use of remote sensing data.

References

1. Bartalev S.A., Egorov V.A., Ershov D.V., Isaev A.S., Lupyan E.A., Plotnikov D.E., Uvarov I.A. Sputnikovoe kartografirovanie rastitel'nogo pokrova Rossii po dannym spektroradiometra MODIS (Mapping of Russia's vegetation cover using MODIS satellite spectroradiometer data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 4, pp. 285-302.
2. Bartalev S.A., Ershov D.V., Korovin G.N., Kotel'nikov R.V., Lupyan E.A., Shchetinskii V.E. Osnovnye vozmozhnosti i struktura informatsionnoi sistemy distantsionnogo monitoringa lesnykh pozharov Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaistva (ISDM Rosleskhoz) (The main functionalities and structure of the Forest Fire Satellite Monitoring Information System of Russian Federal Forestry Agency (SMIS-Rosleshoz)), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2010, Vol. 7, No. 2, pp. 97-105.
3. Bartalev S.A., Ershov D.V., Lupyan E.A., Tolpin V.A. Vozmozhnosti ispol'zovaniya sputnikovogo servisa VEGA dlya resheniya razlichnykh zadach monitoringa nazemnykh ekosistem (Possibilities of satellite service VEGA using for different tasks of land ecosystems monitoring), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 1, pp. 49-56.
4. Shchetinskii E.A. *Okhrana lesov ot pozharov* (Protection of forests from fires), Pushkino, 1998.
5. http://culture.irkobl.ru/sites/les/forest/lesnoe_khozyaystvo/index.php?print=Y
6. http://www.rosleshoz.gov.ru/terminology/k/49
7. *Rossiiskaya gazeta*, 2006, December 8.
8. Order of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation, 2008.02.06, No. 32.
9. Order of the Federal Forestry Agency, 12.12.2011, No. 516.
10. Order of the Federal Forestry Agency, 05.10.2011, No. 423.
11. Order of the Federal Forestry Agency, 05.07.2011, No. 287.
12. Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S.V., Goetz S.J., Loveland T.R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C.O., Townshend J.R.G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change, *Science* 342, 2013, pp. 850-853.