

Однако следует иметь в виду, что отсутствие повреждений в 2015 г. на некоторых участках не означает, что это насаждение будет устойчивым к атакам насекомых в 2016 г. или позднее. И неясно, являются ли характеристики рядов  $\Delta NPP$ , наблюдаемых у неповрежденных насаждений, **достаточным условием** энтомоустойчивости насаждения. Вместе с этим, можно ли рассматривать показатели рядов  $\Delta NPP$  для насаждений, затем поврежденных насекомыми, как **необходимые** (но недостаточные!) **условия** пригодности этих насаждений для заселения филофагами. Для более детального анализа необходимы дальнейшие наблюдения в формирующихся очагах массового размножения лесных насекомых вместе с анализом сезонной динамики  $NPP$  в очагах, наблюдавшихся в последние 5-7 лет. Однако расчеты  $NPP$  по наблюдениям со спутника MODIS/Terra начались в 2000 году и более ранних данных, которые можно было бы использовать для ретроспективного анализа, просто не существует. Подводя итог, нужно подчеркнуть, что наблюдаемые различия показателей рядов  $\Delta NPP$  уже сейчас могут оказаться полезными для дистанционного энтомологического мониторинга лесных насаждений, тем более, что затраты на анализ характеристик рядов  $NPP$  минимальны в связи со свободным доступом к данным со спутника MODIS/Terra.

Работа поддержана грантами РФФИ №15-04-01192 и совместными грантом РФФИ и Красноярского краевого фонда науки № 15-45-04034 р\_сибирь\_а.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Крылов А.М., Владимирова Н.А. Дистанционный мониторинг состояния лесов по данным космической съемки // Геоматика. 2011. № 1. С. 53 – 57.
2. Порядок организации и осуществления государственного лесопатологического мониторинга, утв. приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 4 августа 2015 г. № 340.
3. Солдатов В.В., Ягунов М.Н., Голубев Д.В., Саишко Е.В. Дистанционный лесопатологический мониторинг лесов Красноярского края // Тезисы доклада / Материалы Всероссийской научно-практической конференции. - Железногорск, 2013.
4. Суховольский В.Г., Артемьева Н.В. Радиальный прирост хвойных как прогнозный показатель их устойчивости к повреждению филофагами // Лесоведение. 1992. № 3. С. 33 - 39.

### THE SEASONAL DYNAMICS OF NET PRIMARY PRODUCTION (MODIS NPP) FOR THE FORECAST OF INSECTS-PHYLLOPHAGES OUTBREAK

Y.D. IVANOVA<sup>1</sup>, A.A. LARKO<sup>1</sup>, V.G. RAZNOBARSKIY<sup>2</sup>, V.G. SUHOVOLSKIY<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institute of Biophysics of the Russian Academy of Sciences

<sup>2</sup> Forest Protection Center of the Krasnoyarsk Territory

<sup>3</sup> V.N.Sukachev Institute of Forest SB RAS

To evaluate the risk of phytophagous attack on stands the authors considered to use indicators of seasonal dynamics of processes in tree, in particular, the characteristics of the seasonal dynamics of net primary production (MODIS NPP).

### ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ, БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА И ДАННЫХ ЛЕСОУСТРОЙСТВА

М.А. ИЛЮЧИК<sup>1</sup>, С.С. ЦАЙ<sup>1</sup>, А.А. ПУШКИН<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Лесоустроительное республиканское унитарное предприятие «Белгослес» Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь,

<sup>2</sup> Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»  
Министерства образования Республики Беларусь

В статье представлены работы по оценке поврежденных лесных насаждений в результате возникновения лесных пожаров. Оценка проводилась с использованием материалов съемки с космических аппаратов, беспилотных летательных аппаратов и данных лесоустройства.

Беларусь богата лесными ресурсами, за которыми требуется постоянный мониторинг их состояния, а также проведение мероприятий по их охране и защите, и без средств

дистанционного зондирования в нынешних условиях не обойтись. Участвовавшие стихийные бедствия антропогенного и природного характера наносят лесному хозяйству значительный ущерб. Это, как правило, буреломы, ветровалы, снеголомы, массовые усыхания в результате засух или продолжительных затоплений лесных территорий, пожары и т.п. Оперативное выявление повреждений лесов и принятие соответствующих мер позволят минимизировать ущерб и сэкономить миллионы рублей.

Обнаружением, предотвращением и ликвидацией лесных пожаров в системе Минлесхоза занимается государственная лесная охрана. Для обнаружения возникновения лесных пожаров в Беларуси используют различные методы: наблюдение с пожарных вышек и мачт в лесничествах, в том числе с видеонаблюдением, авиационные облеты, информирование населением, космический мониторинг и другие. Для оценки последствий используют наземные обследования, а также наблюдения дистанционного зондирования земли (космические снимки, аэрофотоснимки и др.).

В настоящее время отслеживать лесные пожары помогают более 200 камер видеонаблюдения. Данные с камер видеонаблюдения поступают не в лесничества. И только после этого информацию для дальнейшего анализа отправляют в лесхозы.

В 2015 году РУП «Белгослес» была разработана и внедрена в ГОЛХУ «Столбцовский опытный лесхоз» автоматизированная система слежения и раннего обнаружения лесных пожаров дистанционными методами с использованием средств видеонаблюдения. Кроме того, в лесах Беларуси устанавливаются видеокамеры, которые следят за выявлением нарушителей, которые в лесу выбрасывают мусор, совершают поджоги, занимаются браконьерством и прочее.

2015 год для лесов Беларуси оказался наиболее пожароопасным. Площадь пожаров пришедших с территории Украины составила более 50%. На территории лесного фонда южной части Беларуси, начиная с зимних месяцев, которые оказались малоснежными, а с марта и до конца лета в Белорусском Полесье практически дождей не наблюдалось, что привело к высыханию наземного лесного покрова и легковоспламеняющейся растительности. В итоге частые и многочисленные возгорания в лесном фонде привели к его повреждению на значительных площадях.

Массовые повреждения лесных насаждений вследствие пожаров требовали оперативной оценки по определению площадей и запасов поврежденных насаждений, для принятия управленческих решений по ликвидации стихийных бедствий.

Для решения этой задачи без материалов дистанционного зондирования земли не обойтись, так как натурные обследования потребовали бы значительных трудовых и финансовых затрат. Для оценки поврежденных пожарами насаждений использовалась съемка с Белорусского космического аппарата (БКА) Белорусской космической системы дистанционного зондирования (БКСДЗ) у национального оператора УП «Геоинформационные системы» НАН Беларуси.

Технологию выполнения работ по оценке поврежденных насаждений от лесных пожаров можно представить в следующем виде:

- 1) от Министерства лесного хозяйства (МЛХ) РБ даны поручения (заявки) о проведении оценки лесных территорий, поврежденных в результате лесных пожаров;
- 2) сотрудниками РУП «Белгослес» определялся район возникновения пожара с использованием ГИС и цифровых лесных картографических материалов;
- 3) УП «Геоинформационные системы» выполнялась съемка необходимой территории с Белорусского космического аппарата;
- 4) дополнительно осуществлялся поиск материалов космической съемки на эти территории с других спутниковых систем;
- 5) полученная космическая съемка обрабатывалась, увязывалась с цифровыми лесными картографическими материалами, и дешифрировались границы пройденные пожаром (рис. 1 и 2);
- 6) с помощью разработанных программных средств выполнялся автоматизированный

расчет ущерба от пожара с использованием данных лесоустройства;

7) конечные результаты представлялись в виде карты и отчетных материалов по предварительной оценке ущерба от лесного пожара и передавались в МЛХ РБ.

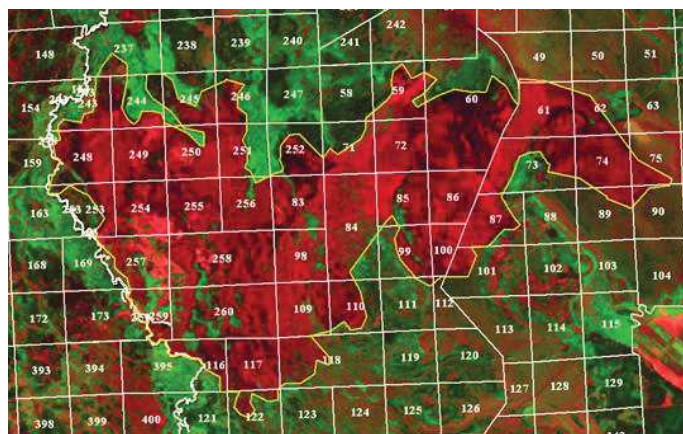


Рис. 1. Оценка границ лесной территории, пройденной пожаром в ГЛХУ «Полесский лесхоз»

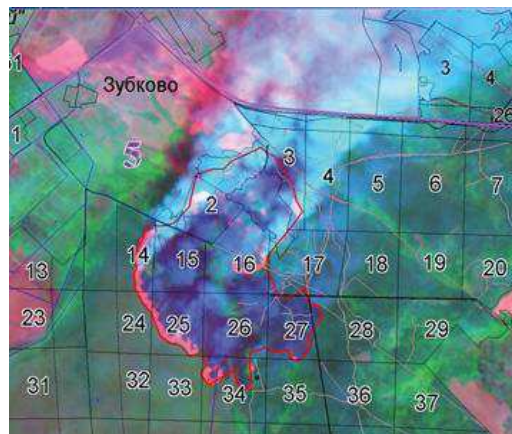


Рис. 2. Оценка границ действующего очага пожара на момент съемки ГЛХУ «Столинский лесхоз»

Период времени от заказа до получения съемки затягивался иногда до 1,5 месяца. В ряде случаев, для сокращения этого периода получения съемки на объект лесного фонда, поврежденного от пожара, нами использовались также материалы космической съемки с других систем (Landsat 8). Это позволило нам получить съемку по лесным пожарам и сократить время на выполнение материальной оценки ущерба по объекту в пределах 2 - 3 недель. Оценка ущерба от лесных пожаров в основном проводили с использованием космических снимков Landsat 8, с последующим уточнением границ поврежденных лесных территорий по материалам с БКА (пространственное разрешение на местности 2,5 м в панхроматическом диапазоне, 10,5 м – в многозональном).

Предварительная материальная оценка ущерба поврежденных лесных насаждений, пройденных, пожарами велась с использованием программных средств, разработанных в рамках программы Союзного государства «Космос-НТ» и Мониторинг-СГ».

Анализ комплекса работ по оценке ущерба от лесных пожаров за 2015 год показал, что при возникновении стихийного явления и массового повреждения лесного фонда, не всегда можно оперативно получить материалы космической съемки из-за ряда причин (облачность, периодичность пролетов спутника над объектом, характер объекта и т.п.), а это не позволяет в нужные сроки принять необходимые управленческие решения по ликвидации последствий стихии. Массовые возникновения пожаров в 2015 г. на юге республики привели к повреждению лесных земель на территории только в ГЛХУ «Полесский лесхоз» более чем 10000 га, ГЛХУ «Лельчицкий лесхоз» более 4000 га. Повторимся, что получение съемки на территорию стихийного воздействия на лесной фонд иной раз затягивалось до 5 недель. При комплексном использовании трехуровневой системы дистанционного зондирования лесов (с использованием авиационного уровня) этот период можно сократить до одной двух недель. Это в свою очередь приведет к сокращению потерь лесных ресурсов и уменьшению экологического ущерба.

Новейшим направлением в авиации считается беспилотная авиация. Беспилотные технологии существуют давно. Сначала они были сложными и дорогостоящими комплексами, имевшими только военное применение. Но в течение последнего десятилетия в этой области произошел настоящий прорыв. Развитие спутниковой навигации позволили создавать беспилотные летательные аппараты (БПЛА), у которых габариты, масса, а главное, стоимость на порядки меньше прежних. Сейчас прогресс в развитии гражданских беспилотных систем имеет высочайший темп, сформировались новые виды услуг.



В качестве эксперимента сотрудниками РУП «Белгослес» для оценки поврежденного от пожара участка леса в ГОЛХУ «Осиповичский опытный лесхоз» совместно с сотрудниками УП «Геоинформационные системы» была проведена съемка с беспилотного летательного аппарата Geoscan. На территорию объекта с помощью фотокамеры модели DSC-RX1R на БПЛА было запланировано 15 маршрутов съемки, площадь съемки составила порядка 6,02 кв.км. (рис. 3), на которую было получено 852 кадра с пространственным разрешением на местности порядка 0,05 м (5см), ошибка неувязки составила 1,48 пикселя. Неувязка изображения на местности составила по  $x=2,51$ м,  $y=0,51$ ,  $z=0,81$ . Общая ошибка составила 2,69 м. (рис. 4 и 5).

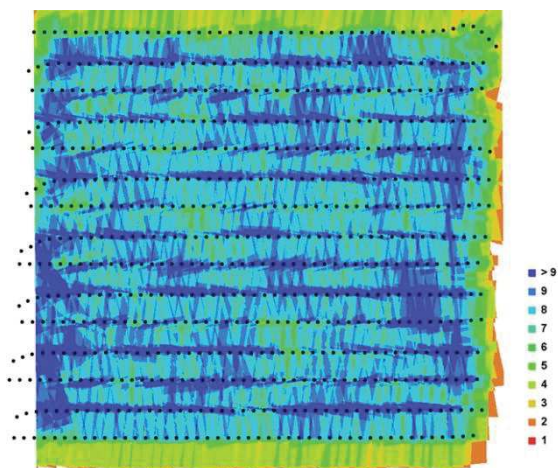


Рис. 3. Местоположение центра камеры и перекрытия изображений

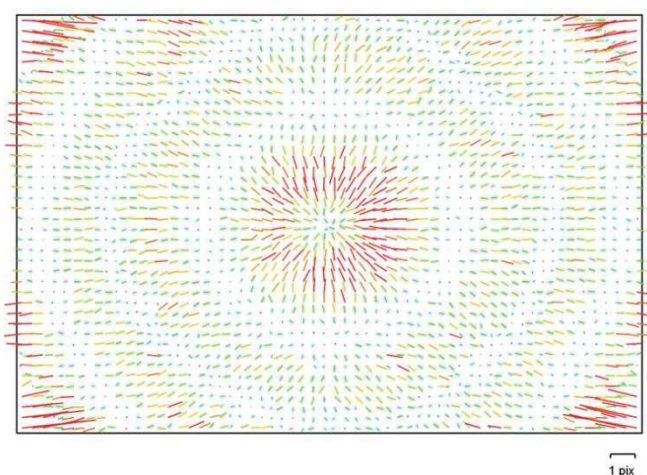


Рис. 4. Неувязки изображения для камеры модели DSC-RX1R (35мм)

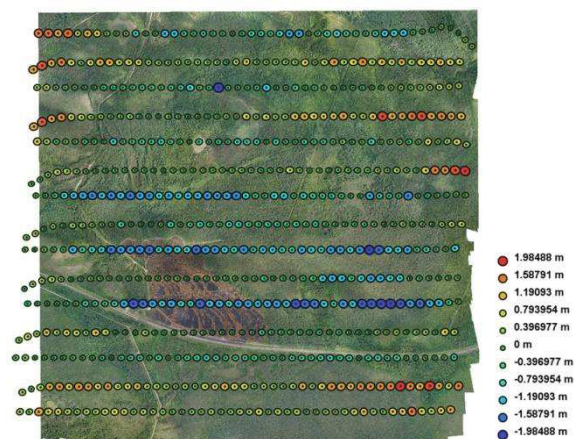


Рис. 5. Местоположение центра камеры и оценка погрешности

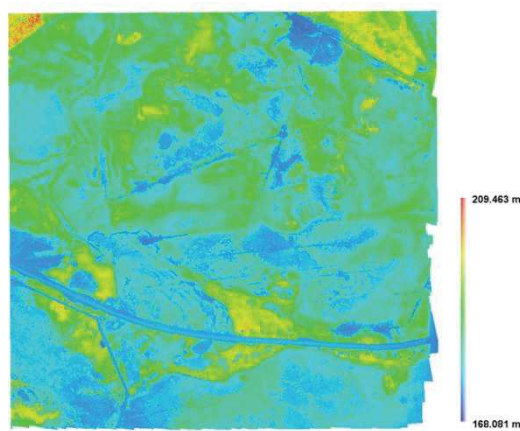


Рис. 6. Формирование цифровой модели рельефа

Планирование района съемки потребовало пару часов. Съемка объекта была выполнена примерно за 1 час без учета времени на проезд к месту пожара. Обработка изображения была выполнена за пару дней. Обработка материалов съемки с беспилотного аппарата велась с использованием программного обеспечения Photoscan (Геоскан) и Photomod (Ракурс). На основе полученной съемки также создавалась цифровая модель рельефа (ЦМР) (рис. 6). В конечном итоге получали обработанное координированное ортофотоизображение территории с лесным пожаром, которое использовалось при оценке последствий пожара (рис. 7 и 8).



Рис. 7. Сформированное изображение с БПЛА на лесной пожар в ГОЛХУ «Осиповичский опытный лесхоз»



Рис. 8. Увязка изображения с лесными картографическими материалами

В заключение хотелось бы отметить, что для решения задач, связанных с мониторингом состояния лесов и оценкой последствий в результате стихийных природно-климатических и антропогенных воздействий на лесной фонд, весьма важным является оперативность получения съемки на объект, на основе которой делается детальный анализ и принятие решения о мерах по ликвидации последствий стихии. Это можно достичь с помощью космической и съемки с БПЛА. Благодаря данным БПЛА предварительную оценку повреждений лесного фонда можно выполнить за 1-2-х недельный период.

## ASSESSMENT OF THE IMPACT OF FIRES THROUGH THE USE OF SATELLITE IMAGERY, UNMANNED AERIAL VEHICLE AND FOREST INVENTORY DATA.

M.A. ILYUCHYK<sup>1</sup>, S.S. TSAY<sup>1</sup>, A.A. PUSHKIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Forest inventory Republican unitary company «Belgosles» Ministry of forestry of the Republic of Belarus,

<sup>2</sup> The educational Establishment "Belarusian state technological University" Ministry of education of the Republic of Belarus

The article presents the assessment of the damaged forest stands as a result of forest fires. The evaluation was conducted using imagery from satellites, unmanned aerial vehicles and forest inventory data.

## ЛАНДШАФТНО-ИНДИКАЦИОННЫЙ МЕТОД ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЛЕСОВ ПО МАТЕРИАЛАМ ДЗЗ

Д.М. КИРЕЕВ, В.Л. СЕРГЕЕВА, Ч.Х. ФАН

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова

Ландшафтно-индикационный метод интерпретации лесов обязательно предполагает использование аэрокосмических материалов как самых объективных источников информации. Проведена совмещённая интерпретация материалов ДЗЗ с различными картографическими источниками.

Профессор Санкт-Петербургского Лесного института Г.Ф. Морозов в начале XX века говорил: «Необходимо учение о земной поверхности, которое знакомо бы с морфологией суши, её динамикой, происхождением, жизнью, распределением различных