

УДК 630.273: 712.4
DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2017.4.08

Восстановление допожарных характеристик лесных насаждений на гари по данным космической съемки и полевых наблюдений

А. А. Маслов – Институт лесоведения РАН, заведующий лабораторией лесной геоботаники и лесного почвоведения, доктор биологических наук, Успенское, Московская область, Российская Федерация, amaslov@ilan.ras.ru

Я. И. Гульбе – Институт лесоведения РАН, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, Успенское, Московская область, Российская Федерация, y_goulbe@bk.ru

Д. А. Макаров – Институт лесоведения РАН, аспирант, Успенское, Московская область, Российская Федерация, makarov.d.a.1@gmail.com

А. А. Сири́н – Институт лесоведения РАН, директор, доктор биологических наук, Успенское, Московская область, Российская Федерация, sirin@ilan.ras.ru

В статье представлен метод восстановления допожарных характеристик древостоя путем классификации космического снимка, полученного до пожара, с верификацией и описанием тематических классов. Модельный объект – гарь площадью 9 га в Шатурском районе Московской обл. Предложено при отсутствии таксационных данных устанавливать характеристики насаждений после гибели древостоев (как от пожаров, так и от других причин) на основе данных космической съемки и полевых наблюдений на прилегающей территории.

Ключевые слова: лесные и торфяные пожары, гари, потери древесины, космическая съемка, ISODATA, допожарная растительность

Для ссылок: <http://dx.doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2017.4.08>

Восстановление допожарных характеристик лесных насаждений на гари по данным космической съемки и полевых наблюдений [Электронный ресурс] / А.А. Маслов, Я.И. Гульбе, Д.А. Макаров, А.А. Сири́н // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2017. – № 4. – С. 73–84. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

Введение

Московская обл. сильно пострадала от лесных и торфяных пожаров при катастрофической засухе летом 2010 г. По данным спутникового мониторинга за пожарами ИТЦ СканЭкс, площадь, пройденная огнем, составила 508 км² [1] с концентрацией гарей в восточной части области. Здесь расположены значительные площади торфяных болот и осушенных торфяников [2], и лесные пожары часто переходили в торфяные.

Торфяные пожары возникают в разных природных условиях, но наиболее часто – в лесной зоне [3]. Горимость торфа зависит, прежде всего, от его влажности, которая может снижаться как по климатическим, так и по антропогенным причинам: в экстремально сухие годы горят даже сильно обводненные верховые болота, но более опасны пожары на осушенных торфяниках [4, 5].

Торфяные пожары в лесах имеют широкий спектр экологических последствий. Пожары на лесных торфяных почвах (особенно осушенных) опаснее для растущих деревьев из-за сильного повреждения сосущих корней [6] и часто приводят к полной гибели древостоя. При горении торфа и растительного покрова, включая древесный, происходит потеря запасов углерода. Накопленный в течение десятилетий (в древостое) и столетий (в торфе) углерод быстро поступает в виде диоксида углерода в атмосферу, усиливая изменение климата [7, 8].

В процессе выполнения работы «Оценка снижения потерь углерода и эмиссии парниковых газов при обводнении и восстановлении торфяников» [9, 10] была поставлена задача: оценить потери углерода в результате пожаров на примере модельного участка – гари 2010 г. в Шатурском районе Московской обл. – и определить потери не только торфа [11, 12], но и стволовой древесины в результате гибели древостоя.

Как правило, для оценки потерь стволовой древесины используют материалы лесоустройства. Согласно Инструкции по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами [13], «... запас древесины на пройденной пожаром площади, средний диаметр преобладающей породы по-

врежденного огнем древостоя определяются по материалам лесоустройства, а при их отсутствии глазомерно (путем осмотра пройденных пожаром древостоев)». Аналогичным образом, как правило, поступают и при оценке последствий лесных пожаров по материалам космической съемки [14]. Однако в рамках решения задачи выяснилось, что сгоревшие древостои расположены вне границ земель лесного фонда, и лесоустройство на данном участке не проводилось. С торфяными болотами и осушенными торфяниками такая ситуация – не редкость: многие из них покрыты древесной растительностью [15] и в то же время относятся к разным категориям земель [16]. Определить на гари характеристики пройденных пожаром древостоев к моменту начала работ также не представлялось возможным, так как стволы вскоре после пожара срубили и вывезли.

В связи с этим возникла задача – восстановить допожарные характеристики древостоя: породный состав, возраст и запас. Для ее решения использовали классификацию допожарной растительности с привлечением методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с верификацией результатов по данным наземных описаний. Предложенный алгоритм восстановления допожарных характеристик леса состоял из следующих этапов:

- ✓ подбор допожарного снимка нужного разрешения и характеристик;
- ✓ классификация снимка, включая участок погибшего леса и достаточную буферную зону, исходя из предположения, что одинаковые типы насаждений произрастали как на самой гари, так и на прилегающих участках леса;
- ✓ создание тематической карты растительности на основе полученных классов, однородных по спектральным характеристикам пикселей;
- ✓ закладка и описание пробных площадей (вне гари) в выделах тех тематических классов лесной растительности, которые выявлены на участке гари до пожара;
- ✓ расчет запаса древесины на 1 га для выделов каждого тематического класса по данным пробных площадей;

✓ расчет запаса древесины на гарь в целом пропорционально площади выделов разных тематических классов.

Для дополнительной проверки характеристик тематических классов использованы материалы картирования сохранившихся обгоревших пней с определением породы, возраста и диаметра погибших деревьев [11].

Объект исследований

Объект расположен в западной части Мещёрской низменности, в Шатурском районе Московской обл. (N 55°37'38,75", E 39°34'32,50"), вне границ земель лесного фонда (рис. 1). Рельеф – выровненный, крупные понижения заняты озерами. Территория в целом сильно заболочена. Многие болота осушены для добычи торфа, местами – для ведения лесного хозяйства. Изучаемый участок частично осушен, предположительно в первой половине XX в. В лесу и восточной части гари сохранились осушительные каналы. Согласно проведенным обследованиям [11], средняя мощность торфа на гари после пожара составляет 0,9 м, а максимальная (в центре участка) – 1,5 м. Мощность торфа в лесу за южной границей гари также достигает 1,5 м. В северной части гари толщина залежи уменьшается, и минеральный грунт местами выходит на поверхность.

С юга и севера к гари примыкает лес естественного происхождения с преобладанием березы, осины, ольхи черной и сосны. При этом лес вокруг гари неоднороден по составу и возрасту с небольшим размером условных выделов. На востоке участок граничит с автомобильной дорогой, на западе – с озером.

Участок смешанного леса площадью 9 га летом 2010 г. был пройден низовым пожаром, частично переходящим в верховой. В условиях экстремальной засухи пожар на осушенном торфе перешел в категорию торфяного. Начальная фаза возгорания возле шоссе зафиксирована на снимке QuickBird от 25.07.2010. К середине августа пожар уже завершился, что видно на снимке



Рис. 1. Модельный объект в Шатурском районе Московской обл. (красная точка), штриховкой показаны контуры земель лесного фонда согласно «Лесному плану Московской области» (2010). Картографическая основа: © OpenStreetMap.

Landsat 5 от 18.08.2010 [1]. Согласно съемке Ikonos от 12.06.2011, к началу лета 2011 г. на месте гари образовались завалы из упавших, но лишь частично сгоревших стволов деревьев (рис. 2). К началу наших исследований (2013 г.) объект представлял собой зарастающую вырубку – остатки погибших стволов были распилены и вывезены; на территории сохранились отдельные сухостойные стволы и часть пней погибших деревьев (рис. 3).

Подбор и обработка материалов космической съемки

Анализ доступных открытых и коммерческих архивов космической информации выявил крайне малый объем данных, пригодных для обработки, с учетом ограничений по датам съемки, набору каналов, размеру пикселя, отсутствию дымки и облаков. Предварительная попытка оценить возможность использования данных

Landsat 7 для целей классификации выявила их непригодность из-за небольших размеров объекта (~ 380×440 м) и мелкоконтурных выделов при слишком большом (для данных условий) размере пикселя у снимка Landsat (30×30 м). В итоге для

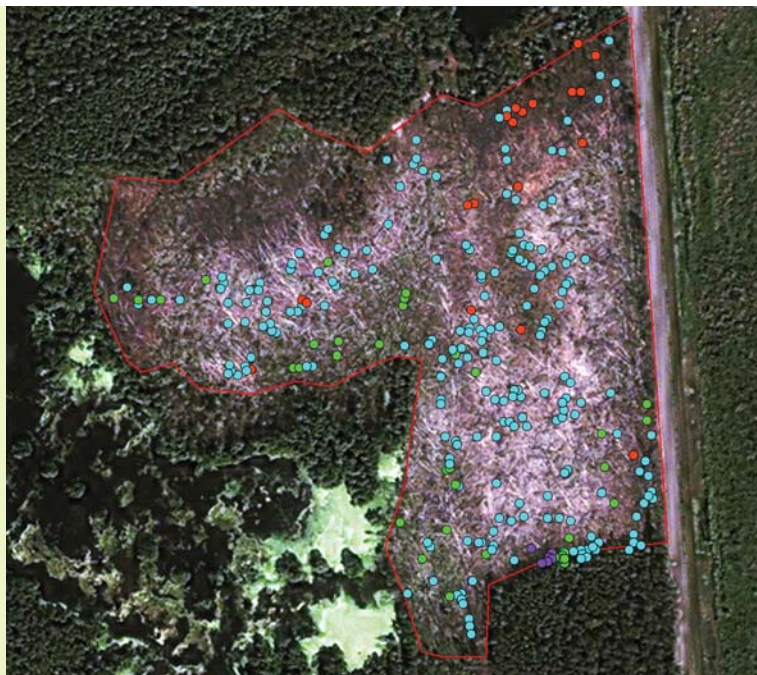


Рис. 2. Границы объекта (красный контур) и состояние гари на снимке Ikonos от 12.06.2011 с наложенным размещением сохранившихся обгоревших пней (в 2014 г.). Пространственное разрешение снимка – 1 м; © компания GeoEye, Inc.
Цветовое обозначение обгоревших пней: голубой – береза, зеленый – осина, оранжевый – сосна, фиолетовый – ольха черная



Рис. 3. Вид гари 2010 г. в год начала исследований – 23.07.2013 г.; фото А. А. Сирина

проведения классификации выбран мультиспектральный безоблачный снимок Spot 5 от 03.06.2007 г. с размером пикселя 10×10 м.

Автоматическую классификацию по методу ISODATA проводили в пакете Scanex Image Processor 4.2 [17]. В программу загружали «сырой» мультиспектральный снимок с оригинальной гистограммой каналов и исходным размером пикселей [18]. Для классификации использовали следующие параметры: все 4 спектральных канала, 20 тематических классов, 30 итераций, выбранный регион (в качестве региона выбрали контуры гари с буферной зоной 250-300 м по периметру). Результаты классификации сохраняли в растровом слое; затем проводили автоматическую векторизацию тематических выделов с сохранением атрибута класса. Полученный векторный слой выделов в дальнейшем анализировали и обрабатывали средствами ГИС в пакете MapInfo.

Результаты классификации показаны на рис. 4. На основании визуального анализа результатов классификации сделано 2 вывода: 1) размер пикселя снимка Spot 5 дает возможность выделить несколько тематических классов (однородных участков растительности) в пределах контура (будущей) гари; 2) однотипные классы присутствуют как в пределах контура гари, так и в буферной зоне, что позволяет их идентифицировать по описаниям в буферной зоне после пожара.

Полевые наблюдения и идентификация тематических классов

Идентификацию тематических классов осуществляли путем лесоводственно-геоботанических описаний в пределах выделов каждого класса. Координаты точек для описания задавали в ГИС в центре тематических выделов карты (рис. 4), после чего координаты точек загружали в GPS-навигатор. В каждой намеченной точке фотографировали верхний полог древостоя, глазомерно определяли породный состав, диаметр, высоту деревьев и полноту древостоя –

для лесных участков и краткую характеристику растительного (земельного) покрова – для нелесных участков.

Установлено, что наибольшую площадь в пределах объекта (гари) занимают участки смешанных березняков и осинников разного возраста, местами – с примесью ольхи черной или сосны. Для понижений мезорельефа характерны заболоченные участки с редкостойной березой и ольхой черной, встречаются также участки с молодняками ольхи черной. Небольшие фрагменты в пределах объекта заняты травяными и кустарниковыми сообществами; в буферной зоне вне объекта описаны также участки болот, зарастающих торфяных гарей (после пожаров 2002 г.), канавы, озера, участки с обнаженной почвой.

В результате объединения близких по своим характеристикам тематических классов и обрезки в ГИС векторного слоя по границам объекта (гари) определено 6 основных лесных тематических классов, представленных на объекте до пожара, и выполнена их идентификация. Все нелесные тематические классы после обрезки объединили в один (рис. 5).

Для дополнительной проверки идентичности тематических классов в пределах гари и буферной зоны проведена работа по картированию и описанию сохранившихся на гари пней и единичных оставленных стволов деревьев. Для каждого обгоревшего пня определяли породу дерева (что оказалось возможным для большинства деревьев). У хорошо сохранившихся пней фиксировали диаметр и брали спилы для установления возраста дерева. В целом видовая принадлежность установлена для 314 сохранившихся пней.

Размещение идентифицированных пней с раскраской по породам показано на рис. 2. Неравномерное размещение сохранившихся пней связано с неоднородным выгоранием торфяной залежи, а также с тем, что часть небольших пней раздавлена тяжелой техникой в процессе разработки гари. Следует также отметить, что количество пней (314) на рис. 2 заметно меньше, чем количество мертвых упавших стволов (393), которое нам удалось подсчитать на сним-

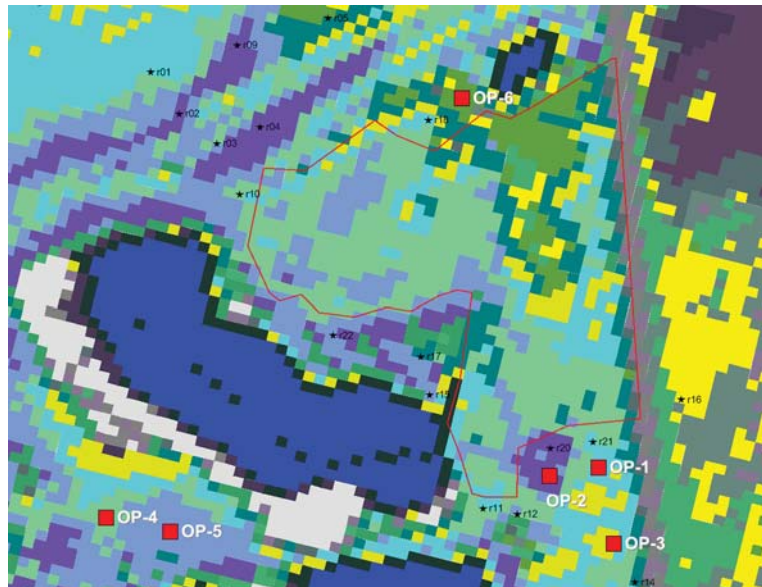


Рис. 4. Результаты автоматической классификации снимка Spot 5 от 03.06.2007 и размещение пробных площадей (ОП-1 – ОП-6), лесоводственно-геоботанических описаний (г01 – г21) для идентификации и характеристики тематических классов, показанных разной заливкой

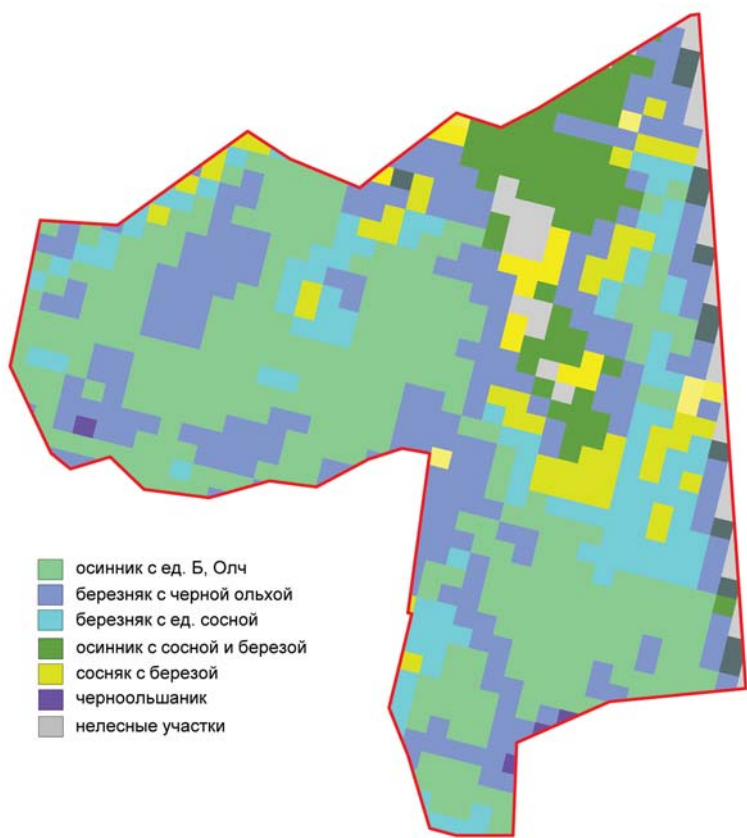


Рис. 5. Результаты классификации допожарного снимка Spot 5 от 03.06.2007 в границах гари и расшифровка тематических классов

ке Ikonos 2011 г., сделанном до начала разработки гари. Тот факт, что в северо-западной части гари наблюдается почти равное соотношение пней осины и березы, хотя по результатам дешифрирования здесь преобладали участки с осинной, объясняется, вероятно, меньшей механической прочностью и более быстрым разложением пней осины.

Для расчета запаса стволовой древесины в каждом из шести лесных тематических классов (характерных для объекта) в буферной зоне заложили пробные площади от 100 до 400 м² (в зависимости от густоты древостоя). Размещение пробных площадей показано на рис. 4. На каждой площади проводили пересчет деревьев и крупных особей подроста с окружностью ствола от 10 см (диаметр 3,2 см). В пересчетную ведомость заносили породу и данные измерений окружности (с последующим переводом в диаметры) и высоты ствола. Возраст деревьев определяли выборочно – по ступеням толщины – путем отбора кернов на уровне корневой шейки приростным буровом.

Расчеты потерь древесины

Запас березы, сосны и осины на пробных площадях определяли по таблицам объема стволов (в коре) древесных пород по высоте и диаметру на высоте 1,3 м при среднем коэффициенте формы [19], а объемов стволов (в коре) в молодняках по высоте и диаметру на высоте 1,3 м [20].

Объемы стволов ольхи черной рассчитывали по уравнению, полученному Р. К. Озолиньшем [21]:

$$V = 0.000046224 \cdot d_{1.3}^{1.97991} \cdot h^{0.95668},$$

где:

$d_{1.3}$ – диаметр дерева на высоте 1,3 м, см;

h – высота дерева, м.

Поскольку нормативы для определения объема стволов рябины отсутствуют, при расчете использовали регрессионную модель зависимости этого показателя от $d_{1.3}^2 h$, полученную по резуль-

татам собственных исследований для деревьев рябины, произраставших в подлеске высокопродуктивного сероольшаника:

$$V = 0.000174642 + 0.0000523148 \cdot d_{1.3}^2 h \\ (R^2=0.978).$$

Таксационные показатели древостоев на пробных площадях и результаты расчетов запаса стволовой древесины по породам (и в целом) приведены в табл. 1. Наибольший запас древесины стволов отмечен в приспевающих осиннике (458 м³/га) и березняке с сосной (355 м³/га), наименьший (67 м³/га) – в средневозрастном насаждении березы с примесью ольхи черной. В целом древостои на осушенном торфянике характеризуются высокой продуктивностью (класс бонитета I–IIa).

Результаты расчета потерь стволовой древесины на гари вследствие гибели древостоя и подлеска по лесным тематическим классам и на объект в целом представлены в табл. 2. Площадь, занимаемую выделами тематического класса в пределах объекта, определяли средствами ГИС по карте, представленной на рис. 5. Потери стволовой древесины для лесных тематических классов в среднем составили 282,2 м³/га, а в пересчете потерь на гарь в целом (с учетом нелесных классов) – 264,7 м³/га.

Выводы

✓ Допожарные характеристики лесов можно восстановить на основе данных ДЗЗ (съемки до пожара) и данных полевых наблюдений, выполненных после пожара на прилегающей (не затронутой пожаром) территории.

✓ Закладка ПП проводится в тематических лесных классах, выявленных на месте гари и в её окрестностях, по результатам классификации мультиспектрального снимка.

✓ Для дополнительной верификации выделенных классов целесообразно использовать любые останки деревьев на месте гари (пни, сухой, упавшие негоревшие стволы).

Таблица 1. ТАКСАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВОСТОЕВ И ПОДЛЕСКА НА ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЯХ

№ ПРОБНОЙ ПЛОЩАДИ	СОСТАВ ДРЕВОСТОЯ И ПОДЛЕСКА	ВОЗРАСТ, ЛЕТ	СРЕДНИЙ ДИАМЕТР, СМ	ВЫСОТА, М	ЧИСЛО СТЕВЛОВ, ШТ./ГА	СУММА ПЛОЩАДЕЙ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ СТЕВЛОВ, М²/ГА	ЗАПАС СТЕВЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ, М³/ГА
1	7БЗС				525	32,6	355
	в том числе:						
	Б	68	26,1	23,7	4 25	22,7	246
	С	70	35,4	22,0	100	9,9	109
	Пдл – 10 Рб	22	5,0	6,1	275	0,5	2
2	10 Олч	15	10,3	16,3	3 600	29,8	248
3	6С4Б+Ос				2 300	19,1	161
	в том числе:						
	С	46	13,8	17,6	600	9,0	86
	Б	22	8,6	14,1	1 600	9,3	69
	Ос	22	10,2	15,5	100	0,8	6
4	90с1Б+Олч				1 400	43,5	458
	в том числе:						
	Ос	70	30,3	25,0	500	36,1	403
	Б	70	12,9	16,3	300	4,0	30
	Олч	60	8,5	13,9	600	3,4	25
5	7БЗОлч				5 900	12,4	67
	в том числе:						
	Б	25	5,4	9,6	3 400	7,9	44
	Олч	20	4,8	9,0	2 500	4,5	23
6	50с 4Б1С				3 100	15,7	102
	в том числе:						
	Ос	25	9,0	15,3	1 200	7,7	53
	Б	25	8,5	12,3	800	4,5	35
	С	20	6,3	5,6	1 100	3,5	14
	Пдл –10 Рб		3,4	5,1	400	0,4	1

Обозначения: Б – береза, С – сосна, Ос – осина, Олч – ольха черная, Рб – рябина, Пдл – подлесок.

Таблица 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕСНЫХ ТЕМАТИЧЕСКИХ КЛАССОВ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ СТЕВЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ НА ГАРИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ГИБЕЛИ ДРЕВОСТОЯ И ПОДЛЕСКА

№ КЛАССА	№ ПП	ОПИСАНИЕ КЛАССА	ПЛОЩАДЬ, ГА	ЗАПАС СТЕВЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ	
				М³/ГА	М³
1	4	Осинник с березой и ед. Олч	3,56	458	1 630
2	5	Березняк с ольхой черной	2,45	67	81
3	1	Березняк с сосной	1,19	355	425
4	6	Осинник с сосной и березой	0,68	103	70
5	3	Сосняк с березой	0,53	161	85
6	2	Черноольшаник	0,03	248	7
Итого			8,44		2 382

Примечание : нелесные тематические классы в таблице не приводятся.

✓ Потери стволовой древесины на гари площадью 9 га для лесных тематических классов в среднем составили 282,2 м³/га, а в пересчете на гарь в целом (с учетом нелесных классов) – 264,7 м³/га.

✓ При отсутствии таксационных данных предложенная методика может быть использована не только для гарей, но и для любых участков с утраченной (погибшей) растительностью.

Благодарности. Авторы признательны Ю. А. Голицу (ИЛАН РАН) и И. Гуммерт (Университет Грайсфальда, Германия) за их вклад в проведение полевых работ. Работа проводилась при поддержке проекта «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата», финансируемого в рамках Международной климатической инициативы Федеральным министерством окружающей среды, охраны природы, строительства и безопасности ядерных реакторов Федеративной Республики Германии и управляемого через немецкий банк развития KfW (проект № 11 III 040 RUS К Восстановление торфяных болот) и при частичной поддержке РФФИ (проект 16-05-00762).

Список использованной литературы

1. Спутниковый мониторинг пожаров в России летом 2010 г. / А. В. Сонюшкин, А. В. Шумилин, А. А. Кучейко [и др.] // Земля из космоса – наиболее эффективные решения. – 2010. – № 7. – С. 56–59.
2. Картографирование торфяных болот Московской области по данным космической съемки высокого разрешения / А. А. Сирин, А. А. Маслов, Н. А. Валяева, О. П. Цыганова, Т. В. Глухова // Лесоведение. – 2014. – № 5. – С. 65–71.
3. Minayeva, T. The Peat Fires of Russia / T. Minayeva, A. A. Sirin, G. B. Stracher // Coal and Peat Fires: A Global Perspective. Oxford: Elsevier – 2012. – P. 376–394. DOI: 10.1016/B978-0-444-59412-9.00019-3.
4. Минаева, Т. Ю. Торфяные пожары – причины и пути предотвращения / Т. Ю. Минаева, А. А. Сирин // Наука и промышленность России. – 2002. – № 9(65). – С. 3–8.
5. Как избежать торфяных пожаров? / А. Сирин, Т. Минаева, А. Возбранная, С. Барталев // Наука в России. – 2011. – № 2. – С. 13–21.
6. Условия и последствия пожаров в сосняках на осушенных болотах / С. Э. Вомперский, Т. В. Глухова, М. В. Смагина, А. Г. Ковалев // Лесоведение. – 2007. – № 6. – С. 35–44.
7. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report / F. Parish, A. Sirin, D. Charman, H. Joosten, T. Minayeva, M. Silvius, L. Stringer [eds.]. – Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen. – 2008. – 118 p.
8. The role of peatlands in climate regulation / H. Joosten, A. Sirin, J. Couwenberg, J. Laine, P. Smith // Peatland Restoration and Ecosystem Services: Science, Policy and Practice. – Cambridge : Cambridge University Press. – 2016. – P. 66–79.
9. О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2014 году / В. В. Аверкин, А. А. Александрова, Э. А. Арустамов [и др.]. – Красногорск, 2015. – 315 с.
10. О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2015 году / В. В. Аверкин, А. А. Александрова, Э. А. Арустамов [и др.]. – Красногорск, 2016. – 201 с.
11. Оценка потери торфа при лесоторфяном пожаре по положению корневой шейки пней деревьев / Д. А. Макаров, И. Гуммерт, Ю. А. Гопиус, А. А. Сирин // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее : матер. IV Междунар. полевого симп. (Новосибирск, 4–17 августа 2014) : под ред. А. А. Титляновой. – Томск, 2014. – С. 339–341.
12. Потери почвенного углерода при лесоторфяном пожаре (на примере участка в Московской обл.) / Д. А. Макаров, И. Гуммерт, Г. Г. Суворов, О. Н. Успенская, А. А. Сирин // Фундаментальные и прикладные вопросы лесного почвоведения : матер. VI Всеросс. научн. конф. по лесному почвоведению. – Сыктывкар, 2015. – С. 212–214.
13. Инструкция по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами. – М., 1998. – 30 с.
14. Жирин, В. М. Опыт лесоводственного анализа последствий пожаров по космическим изображениям // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса / В. М. Жирин, С. П. Эйдлина, С. В. Князева. – 2013. – Т. 10. – № 3. – С. 243–259.
15. Оценка площади болотных и заболоченных лесов России / С. Э. Вомперский, А. А. Сирин, А. А. Сальников, О. П. Цыганова, Н. А. Валяева // Лесоведение. – 2011. – № 5. – С. 3–11.
16. Торфяные болота России: к анализу отраслевой информации / под ред. А. А. Сирина, Т. Ю. Минаевой. – М. : Геос, 2001. – 190 с.
17. ScanEx Image Processor v.4.0 Программа обработки данных дистанционного зондирования Земли: Руководство пользователя. – М. : СканЭкс, 2013. – 346 с.
18. Маслов, А. А. Оптимальный выбор формата данных и методов геопривязки: практические рекомендации при заказе снимков высокого разрешения / А. А. Маслов, Н. С. Митькиных // Земля из космоса – наиболее эффективные решения. – 2010. – № 4. – С. 83–84.

19. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / В. В. Загреев, В. И. Сухих, А. З. Швиденко, Н. Н. Гусев, А. Г. Мошкалев. – М. : Колос, 1992. – 495 с.
20. Моисеев, В.С. Таксация молодняков / В. С. Моисеев. – Л., 1971. – 344 с.
21. Озолиньш, Р. К. Аналитические методы определения объема и формы древесных стволов : автореф. дис. ... к. с.-х. наук / Р. К. Озолиньш. – Елгава, 1970. – 20 с.

References

1. Sputnikovyy monitoring pozharov v Rossii letom 2010 g. / A. V. Sonyushkin, A. V. Shumilin, A. A. Kuchejko [i dr.] // Zemlya iz kosmosa – naibolee ehffektivnye resheniya. – 2010. – № 7. – С. 56–59.
2. Kartografirovaniye torfyanyh bolot Moskovskoy oblasti po dannym kosmicheskoy s'emki vysokogo razresheniya / A. A. Sirin, A. A. Maslov, N. A. Valyaeva, O. P. Cyganova, T. V. Gluhova // Lesovedenie. – 2014. – № 5. – С. 65–71.
3. Minayeva, T. The Peat Fires of Russia / T. Minayeva, A. A. Sirin, G. B. Stracher // Coal and Peat Fires: A Global Perspective. Oxford: Elsevier – 2012. – P. 376–394. DOI: 10.1016/B978-0-444-59412-9.00019-3.
4. Minaeva, T. Yu. Torfyanye pozhary – prichiny i puti predotvrashcheniya / T. Yu. Minaeva, A. A. Sirin // Nauka i promyshlennost' Rossii. – 2002. – № 9(65). – С. 3–8.
5. Kak izbezhat' torfyanyh pozharov? / A. Sirin, T. Minaeva, A. Vozbrannaya, S. Bartalev // Nauka v Rossii. – 2011. – № 2. – С. 13–21.
6. Usloviya i posledstviya pozharov v sosnyakah na osushennyh bolotah/ S. Eh. Vomperskij, T. V. Gluhova, M. V. Smagina, A. G. Kovalev // Lesovedenie. – 2007. – № 6. – С. 35–44.
7. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report / F. Parish, A. Sirin, D. Charman, H. Joosten, T. Minayeva, M. Silvius, L. Stringer [eds.]. – Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen. – 2008. – 118 p.
8. The role of peatlands in climate regulation / H. Joosten, A. Sirin, J. Couwenberg, J. Laine, P. Smith // Peatland Restoration and Ecosystem Services: Science, Policy and Practice. – Cambridge : Cambridge University Press. – 2016. – P. 66–79.
9. O sostoyanii prirodnih resursov i okruzhayushchej sredy Moskovskoy oblasti v 2014 godu / V. V. Averkin, A. A. Aleksandrova, Eh. A. Arustamov [i dr.]. – Krasnogorsk, 2015. – 315 s.
10. O sostoyanii prirodnih resursov i okruzhayushchej sredy Moskovskoy oblasti v 2015 godu / V. V. Averkin, A. A. Aleksandrova, Eh. A. Arustamov [i dr.]. – Krasnogorsk, 2016. – 201 s.
11. Ocenka poteri torfa pri lesotorfyanom pozhare po polozeniyu kornevoj shejki pnej derev'ev / D. A. Makarov, I. Gummert, Yu. A. Gopius, A. A. Sirin // Torfyaniki Zapadnoj Sibiri i cikl ugleroda: proshloe i nastoyashchee : mater. IV Mezhdunar. polevogo simp. (Novosibirsk, 4–17 avgusta 2014) : pod red. A. A. Titlyanovoj. – Tomsk. 2014. – С. 339–341.
12. Poteri pochvennogo ugleroda pri lesotorfyanom pozhare (na primere uchastka v Moskovskoy obl.) / D. A. Makarov, I. Gummert, G. G. Suvorov, O. N. Uspenskaya, A. A. Sirin // Fundamental'nye i prikladnye voprosy lesnogo pochvovedeniya : mater. VI Vseross. nauchn. konf. po lesnomu pochvovedeniyu. – Syktyvkar, 2015. – С. 212–214.
13. Instrukciya po opredeleniyu ushcherba, prichinyaemogo lesnymi pozharemi. – М., 1998. – 30 s.
14. Zhirin, V. M. Opyt lesovodstvennogo analiza posledstvij pozharov po kosmicheskim izobrazheniyam // Sovremennyye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa / V. M. Zhirin, S. P. Ehjdina, S. V. Knyazeva. – 2013. – Т. 10. – № 3. – С. 243–259.
15. Ocenka ploshchadi bolotnyh i zabolochennyh lesov Rossii / S. Eh. Vomperskij, A. A. Sirin, A. A. Sal'nikov, O. P. Cyganova, N. A. Valyaeva // Lesovedenie. – 2011. – № 5. – С. 3–11.
16. Torfyanye bolota Rossii: k analizu otraslevoj informacii / pod red. A. A. Sirina, T. Yu. Minaevoy. – М. : Geos, 2001. – 190 s.

17. ScanEx Image Processor v.4.0 Programma obrabotki dannyh distancionnogo zondirovaniya Zemli: Rukovodstvo pol'zovatelya. – M. : SkanEhks, 2013. – 346 s.
18. Maslov, A. A. Optimal'nyj vybor formata dannyh i metodov geoprivyazki: prakticheskie rekomendacii pri zakaze snimkov vysokogo razresheniya / A. A. Maslov, N. S. Mit'kinyh // Zemlya iz kosmosa – naibolee ehffektivnye resheniya. – 2010. – № 4. – С. 83–84.
19. Obshchesoyuznye normativy dlya taksacii lesov /V. V. Zagreev, V. I. Suhih, A. Z. Shvidenko, N. N. Gusev, A. G. Moshkalev. – M. : Kolos, 1992. – 495 s.
20. Moiseev, V.S. Taksaciya molodnyakov / V. S. Moiseev. – L.,1971. – 344 s.
21. Ozolin'sh, R. K. Analiticheskie metody opredeleniya ob'ema i formy drevesnyh stvolov : avtoref. dis. ... k. s.-h. nauk / R. K. Ozolin'sh. – Elgava, 1970. – 20 s.

Evaluation of Pre-Fire Forest Stands Condition on Burned Area Using Space Imagery and On-Ground Investigations

A. A. Maslov – *Institute of Forest Science Russian Academy of Sciences, Uspenskoe, Moscow region, Russian Federation, amaslov@ilan.ras.ru*
Ya. I. Gulbe – *Institute of Forest Science Russian Academy of Sciences, Uspenskoe, Moscow region, Russian Federation, y_goulbe@bk.ru*
D. A. Makarov – *Institute of Forest Science Russian Academy of Sciences, Uspenskoe, Moscow region, Russian Federation, makarov.d.a.1@gmail.com*
A. A. Sirin – *Institute of Forest Science Russian Academy of Sciences, Uspenskoe, Moscow region, Russian Federation, sirin@ilan.ras.ru*

Keywords: *peat forest fires, burned areas, stemwood loss, space images, ISODATA, pre-fire stands*

The loss of stem wood after stand destruction was evaluated on a model site - a 9-ha burned area that resulted from a forest and peat fire in 2010 in the Shatura district, Moscow Province. The study was carried out as part of the project "Restoring Peatlands in Russia - for fire prevention and climate change mitigation" financed under the International Climate Initiative (IKI) by the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety and facilitated by KfW Development Bank. Forest inventory data were unavailable for the model site, so it was proposed to evaluate pre-fire condition of forest stands by analyzing space imagery taken before the fire and by verification and description of thematic classes. Classification of the multispectral Spot 5 image with a spatial resolution of 10 m was carried out using the ISODATA method. Characteristics of thematic classes were obtained using forest-geobotanical relevés and measurements at sample plots in a non-burned adjoining forest area. Mapping of preserved stumps with identification of tree species, age and diameter was made for additional verification of the defined thematic classes. The loss of stem wood for the forest thematic classes averaged 282.2 m³/ha and for the burned area as a whole (including non-forest classes) 264.7 m³/ha. It has been demonstrated that, even without forest inventory data, original stand characteristics for the area with stand destruction (both from fire and by other reasons) can be identified using space imagery coupled with on-the-ground investigation of an adjoining area.