

УДК 630.5

ДИНАМИКА ПЛОЩАДЕЙ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА ЗА 2000–2013 ГОДЫ

П.В. ОНТИКОВ, *ассистент МГУЛ*⁽¹⁾,Д.Г. ЩЕПАЩЕНКО, *проф. МГУЛ, доц., канд. биол. наук, Международный институт прикладного системного анализа, г. Лаксенбург, Австрия*^(1,2),В.Н. КАРМИНОВ, *доц. МГУЛ, канд. с.-х. наук*⁽¹⁾,М. ДЮРАУЕР, *магистр, научный сотрудник Международного института прикладного системного анализа г. Лаксенбург, Австрия*⁽²⁾,О.В. МАРТЫНЕНКО, *доц. МГУЛ, канд. с.-х. наук*⁽¹⁾*orp86@mail.ru, schepd@iiasa.ac.at, vnk57@yandex.ru, duerauer@iiasa.ac.at, martinen@mgul.ac.ru*⁽¹⁾ ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ;⁽²⁾ Международный институт прикладного системного анализа
А-23611, Австрия, г. Лаксенбург, ул. Шлоссплатц, д. 1

Целый ряд современных продуктов дистанционного зондирования Земли сообщает о значительной динамике лесного покрова в Московской области с начала текущего столетия. Мы поставили себе цель проверить, насколько хорошо работает данная система в условиях городских и пригородных экосистем, а также определить основные причины и последствия изменений площади лесного покрова в границах одного региона. При оценке учитывались не только лесные насаждения, но и скверы, парки и другие покрытые древесной растительностью площади с процентом сомкнутости крон выше 30 %. Инструментом для этого послужил интернет портал Geo-Wiki, который предоставляет снимки высокого разрешения с Google Earth и средства для их для визуальной интерпретации. Кроме автоматического определения состояния участка в разные годы была создана и сеть для выборочных проверок группой специалистов-дешифровщиков. Мы изучали отдельно изменение древесных насаждений в городе Москва, Московской области в целом, а также в Московском учебно-опытном лесничестве. Особое внимание уделяется сравнению полученных данных с официальной статистикой из лесного плана Московской области. Общие потери древесного покрова были классифицированы на вырубку, погибшие насаждения (вследствие лесных пожаров или вспышек размножения насекомых-вредителей или болезней), перевод в другие виды землепользования (например, инфраструктурные объекты или пашни и другие земли сельскохозяйственного назначения). Площади вновь появившихся древесных насаждений разделены на лесовосстановление и лесоразведение. Сделаны выводы о потерях площадей, занятых древесными насаждениями, и возможных причинах.

Ключевые слова: дистанционное зондирование леса, динамика лесного покрова, Geo-Wiki, нарушения лесного покрова.

Один из наиболее амбициозных проектов последнего времени по оценке динамики лесного покрова Земли из космоса выполнен Hansen et al. (2013). Эти исследования базируются на анализе многолетних (2000–2013 гг.) сериях изображений Landsat и состоят из карты сомкнутости крон древесных насаждений в 2000 г., карт потерь и появления новых древесных насаждений за период наблюдения [1]. Пространственное разрешение этих карт составляет 1" или 0,054 га в среднем для Московской области, что позволяет проследить даже небольшие изменения в площади древесных насаждений.

Нашей задачей было проверить, насколько хорошо этот продукт отражает происходящие процессы в Московском регионе и,

в частности, в Московском учебно-опытном лесничестве. Кроме того, мы постарались уточнить, с чем связана динамика площадей древесных насаждений. Динамику лесистости Московской области по статистическим данным можно проследить по ряду работ. Так, потери древесных насаждений могут быть результатом рубки как с видимым переводом в другие виды землепользования, так и без него; усыханием деревьев вследствие различных нарушений. Появление новых насаждений может происходить как на вырубках, так и на бывших сельскохозяйственных землях. Такое уточнение (структурирование) динамики насаждений стало возможным при использовании снимков высокого разрешения. Программный комплекс Google Earth

Динамика площадей древесных насаждений по данным Hansen et al., 2013, тыс. га
The changes of tree covered areas according to the data provided by Hansen et al. (2013), thousand ha

Объект	Площадь древесных насаждений		Изменение площади	Валовые потери древесных насаждений	Появление древесных насаждений
	2000	2013			
г. Москва	106,09	104,16	-1,93	2,91	1,05
Московская область	2361,95	2264,70	-97,26	146,22	59,50
в т. ч. Московское учебно-опытное лесничество	56,31	52,76	-3,55	4,30	0,95
Итого Московский регион	2468,04	2368,85	-99,19	149,14	60,55

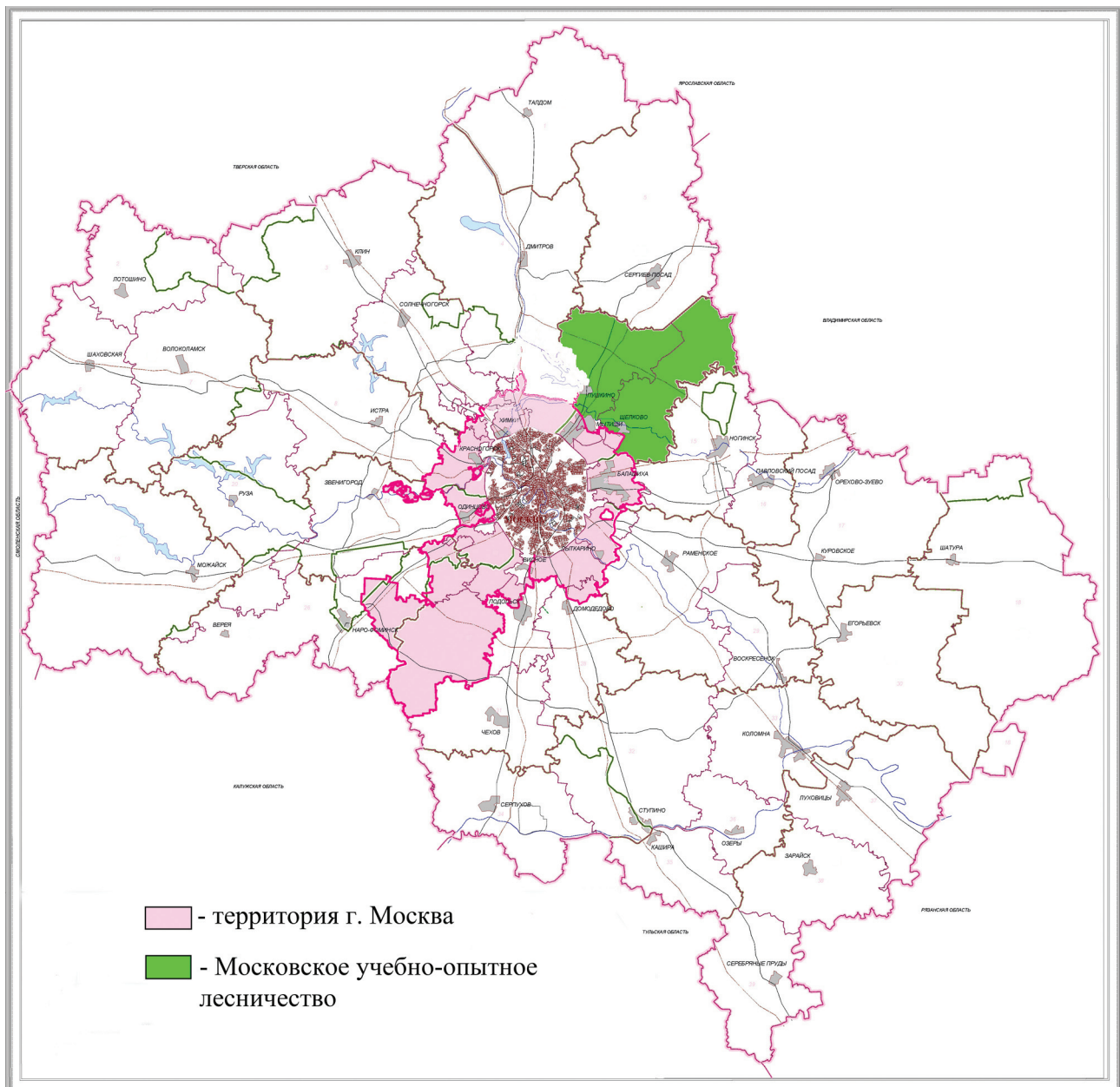


Рисунок. Московский регион
Fig. The Moscow region

**Динамика площади высокосомкнутых древесных насаждений
по данным Hansen et al., 2013, тыс. га**

The changes of close stands area according to the data provided by Hansen et al. (2013), thousand ha

Объект	Площадь древесных насаждений		Изменение площади	
	2000	2013	тыс. га	%
Москва	73,82	71,77	-2,05	-2,8 %
Московская область	1909,87	1778,70	-131,17	-6,9 %
в т. ч. Московское учебно-опытное лесничество	51,12	47,19	-3,94	-7,7 %
Итого Московский регион	1983,70	1850,47	-133,22	-6,7 %

предоставляет доступ к коллекции снимков высокого разрешения, что позволяет проследить историю изменения землепользования за последние 5–15 лет для большей части территории Московской области. Мы подготовили выборку, состоящую из 1000 пикселей, случайно распределенных по участкам с изменившимся (исчезнувшим или вновь появившимся) древесным пологом в XXI веке по данным Hansen et al. (2013). Визуальную классификацию снимков этой выборки мы проводили в системе Geo-Wiki (Fritz et al., 2012). Она позволяет визуализировать космические снимки, карты и выборку, а также сохраняет результаты классификации для последующего анализа [2]. На рисунке представлена схема Московской области с обозначением расположения Московского учебно-опытного лесничества и г. Москвы.

В табл. 1 представлена динамика площадей древесных насаждений по данным Hansen et al. (2013) за период с 2000 по 2013 годы. Московский регион потерял за этот период 99 тыс. га, или 4 % площади древесных насаждений. Московское учебно-опытное лесничество «лидирует» с потерей 6,3 % площади насаждений.

Необходимо отметить, что при дистанционном зондировании учитывается не только лес в профессиональном понимании этого термина, но и площадь всех пикселей, где сомкнутость крон деревьев выше определенного порога. В табл. 1 площадь древесных насаждений для 2000 и 2013 гг. указана при пороге сомкнутости крон выше 30 %, что близко к российскому определению леса. Однако площадь насаждений в этом случае (около

2,4 млн га) заметно превышает официальные данные о покрытых лесной растительностью землях – 1,98 млн га в 2009 г. (Лесной план 2010 г.). Это объясняется включением в учет помимо лесов еще и скверов, лесных полос, дачных участков и зарастающих лесом сельскохозяйственных земель, то есть всего того, что является «зелеными легкими» столицы.

Применение более высокого порога сомкнутости (например 75 %) позволяет получить площади, сопоставимые с данными Лесного плана (табл. 2). В этом случае потери древесных насаждений еще более значительны – 2,8 % для Москвы, 6,7 % для Московского региона и 7,7 % для Московского учебно-опытного лесничества [3]. Опережающие темпы потери высокосомкнутых насаждений свидетельствуют о процессах изреживания и фрагментации насаждений.

Мы проанализировали, насколько соответствует карта динамики древесного покрова (Hansen et al., 2013) снимкам высокого разрешения Google Earth. Результаты такой оценки представлены в табл. 3.

Проверка показала достаточно высокую точность карты динамики древесного покрова (Hansen et al., 2013), в среднем около 90 % (75–96 %).

Более детальный анализ изменения древесного покрова выполнен также на основе снимков высокого разрешения и представлен в табл. 4.

Визуально на снимках высокого разрешения прослеживается тенденция к уменьшению древесного полога в Москве и перевод бывших зеленых участков в инфраструктурные объекты или постройки (76 % потерь

Оценка точности динамики древостоев
The evaluation of tree cover change accuracy

Регион	Исчезновение древесных насаждений, %			Появление древесных насаждений, %		
	Подтверждено	Ошибочно	Сомнительно	Подтверждено	Ошибочно	Сомнительно
Москва	84,0	14,0	2,0	52,9	35,3	11,8
Московская область	89,1	9,5	1,4	96,2	2,2	1,6
в т. ч. Московское учебно-опытное лесничество	77,8	22,2	0,0	75,0	25,0	0,0
Итого Московский регион	87,3	11,3	1,4	93,5	4,5	2,0

Т а б л и ц а 4

Изменение площадей древесных насаждений
по данным снимков высокого разрешения Google Earth
The changes of tree covered areas according to the high resolution photos provided by Google Earth

Регион	Исчезновение древесных насаждений, %			Появление древесных насаждений, %	
	вырубка	усыхание	перевод в другое землепользование	на вырубках	на нелесных участках
Москва	12	12	76	100	0
Московская область	50	30	20	70	30
в т. ч. Московское учебно-опытное лесничество	59	41	0	89	11
Итого Московский регион	48	32	20	71	29

древесного полога). Одним из массовых процессов был снос «хрущевок» с окружающими их зелеными скверами и замена на более плотную застройку высотных жилых домов. Появление новых насаждений происходило только на месте вырубки старых (табл. 4), следовательно, создание новых скверов или парков не наблюдается.

Потери древесных насаждений в области на 50 % площади было классифицировано как недавние вырубки, 20 % переведены в другие виды землепользования и 30 % представляют собой погибшие древостои в результате действия пожаров, болезней или вредителей. Визуально заметны обширные гари на востоке области, а также строительство дороги через Химкинский лес. Восстановление насаждений в виде смыкания лесных культур особенно заметно на севере и западе Московской области, а зарастание сельскохозяйственных земель – на границе с Тульской и Рязанской областями.

Московское учебно-опытное лесничество характеризуется значительной долей

погибших древостоев в структуре динамики древесного покрова, хотя распознавание погибших древостоев несколько запаздывает во времени и приводит к недооценке их площадей.

По официальным данным (Лесной план, 2010), в среднем за 2003–2007 гг. погибало 3,64 тыс. га насаждений в год в области, в т. ч. 0,09 тыс. га в Московском учебно-опытном лесничестве. Причинами гибели насаждений области в 61 % случаев является деятельность энтомофитов, 17 % – болезни, 18 % – пожары и 4 % – неблагоприятные условия погоды. По официальным данным, за период 2000–2013 гг. сплошные рубки (в среднем 4,9 тыс. га в год) и лесовосстановление (4,8 тыс. га в год) были практически сбалансированы и не объясняют наблюдаемых потерь древесных насаждений.

Таким образом, мы подтвердили достаточно высокие показатели точности карты динамики древесного покрова (Hansen et al., 2013) для Московского региона, а также возможность конкретизировать причины и следс-

твия такой динамики. Данная карта отражает процессы, происходящие не только в лесном фонде, но и во всех древесных насаждениях региона, что имеет преимущество в экологической оценке происходящих изменений.

Библиографический список

- Hansen, M.C. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change / M.C. Hansen, P.V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S.A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S.V. Stehman, S.J. Goetz, T.R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C.O. Justice, J.R.G. Townshend // *Science*. 2013. Vol. 342. no 6160. pp. 850-853. DOI: 10.1126 / science.1244693.
- Fritz, S. Geo-Wiki: An online platform for improving global land cover / S. Fritz, I. McCallum, C. Schill, C. Perger, D. Schepaschenko, M. van der Velde, F. Kraxner, M. Obersteiner // *Environmental Modelling and Software*. 2012, no 30, pp. 110-123. DOI: 10.1016 / j.envsoft. 2011.11.015.
- Лесной план Московской области. Книга 1. – Электрон. дан. – М., Комитет лесного хозяйства Московской области, 2010. – http://old.klh.mosreg.ru/wood_plan/2273.html.
- Коротков, С.А. Некоторые проблемы лесопользования Московской области / С.А. Коротков // *Лесной экономический вестник*. – 1995. – № 2. – С. 20–24.
- Коротков, С.А. Лесопользование в Московском регионе / С.А. Коротков, Л.В. Стоноженко // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. – 2014. – № 1. – С. 30–37.

DYNAMICS OF THE AREA OF TREE COVER IN THE MOSCOW REGION FOR THE YEARS 2000-2013

Ontikov P.V., Senior Lecturer MFSU⁽¹⁾; **Schepaschenko D.G.**, Prof. MFSU, Dr. Sci. (Biol.)^(1,2); **Karminov V.N.**, Assoc. Prof., Ph.D. (Agricultural)⁽¹⁾; **Dürauer M.**, Research scholar⁽²⁾; **Martynenko O.V.**, Assoc. Prof., Ph.D. (Agricultural)⁽¹⁾

opv86@mail.ru, schepd@iiasa.ac.at, vnk57@yandex.ru, duerauer@iiasa.ac.at, martinen@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ Moscow State Forest University (MFSU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia;

⁽²⁾ International Institute for Applied Systems Analysis, Schlossplatz 1, A-23611, Luxemburg, Austria

A number of modern products of remote sensing demonstrate significant changes in the forest cover in the Moscow region since the beginning of the current century. We have set a goal to test how the system works in both urban and suburban ecosystems, and to identify the main reasons and effects of changes in the forest cover area within the boundaries of one region. The estimation included not only forest plantations but gardens, parks and other areas covered with woody vegetation with the crown density percentage of above 30 %. The instrument to do it was the internet portal Geo-Wiki, which provides high-resolution photos from Google Earth and the means for them to visual interpretation. In addition to automatic description of the state of the sector in different years, the network for spot checks by a team of image interpreters has been set up. We have examined the changes of tree plantations in Moscow, in the Moscow region as a whole, and in the Moscow educational and experimental forestry. Our special attention has been paid to the comparison of the obtained data with the official statistics taken from the forest plan of the Moscow region. The total loss of tree cover was streamlined into such groups as: logging, lost plantations (due to forest fires and outbreaks of pests or diseases), transfer of land to the other types of use (e.g. infrastructure projects or arable and agricultural lands). The areas of newly emerged tree plantations have been divided into reforestation and afforestation. The conclusions concerning the loss of areas covered with tree plantations have been formulated, and the possible reasons, which caused it, have been identified.

Keywords: remote sensing of forest, tree cover change, Geo-Wiki, tree cover disturbances.

References

- M.C. Hansen, P.V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S.A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S.V. Stehman, S.J. Goetz, T.R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C.O. Justice, J.R.G. Townshend High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change, *Science*. 2013. Vol. 342. no 6160. pp. 850-853. DOI: 10.1126 / science.1244693.
- S. Fritz, I. McCallum, C. Schill, C. Perger, D. Schepaschenko, M. van der Velde, F. Kraxner, M. Obersteiner Geo-Wiki: An online platform for improving global land cover, *Environmental Modelling and Software*. 2012, no 30, pp. 110-123. DOI: 10.1016 / j.envsoft.2011.11.015
- Lesnoy plan Moskovskoy oblasti. Kniga 1, Moscow, Komitet lesnogo khozyaystva Moskovskoy oblasti* [Forest region of Moscow region. Book 1. Moscow, The forestry Committee of the Moscow region], (2010). Available at: http://old.klh.mosreg.ru/wood_plan/2273.html (accessed 5 February 2015)
- Korotkov S.A. *Nekotorye problemy lesopol'zovaniya Moskovskoy oblasti* [Some problems of forest management the Moscow region]. *Lesnoy ekonomicheskiy vestnik*, 1995, no 2, pp. 20–24
- Korotkov S.A., L.V. Stonozhenko *Lesopol'zovanie v Moskovskom regione* [Forest management in the Moscow region]. *Zemleuystroystvo, kadastr i monitoring zemel'*, 2014, no 1, pp. 30–37