

Участки залежи, примыкающие к лесным массивам, в первые годы после прекращения сельскохозяйственного использования (2004–2009 гг.) отличались очень быстрым и интенсивным возобновлением древесной растительности, но сформировавшийся здесь полог на 2018 г. характеризуется минимальной высотой (3–4 м), максимальными для всей территории залежи плотностью стволов (до 7 стволов на м²) и сомкнутостью крон, прекращением или существенным замедлением вертикального прироста за 2013–2017 гг. В центральной части залежи возобновление древесной растительности началось только спустя 8–10 лет после прекращения распашки, и имело, по всей видимости, очаговый характер. В 2015–2017 гг. здесь фиксируется резкое увеличение вертикального прироста древостоя до 30 см за период (рис. 5), максимальные в пределах всей залежи высоты сформировавшегося древесного полога (6–7 м) при меньшей плотности отдельных стволов и более низкой сомкнутости древостоя (рис. 6).

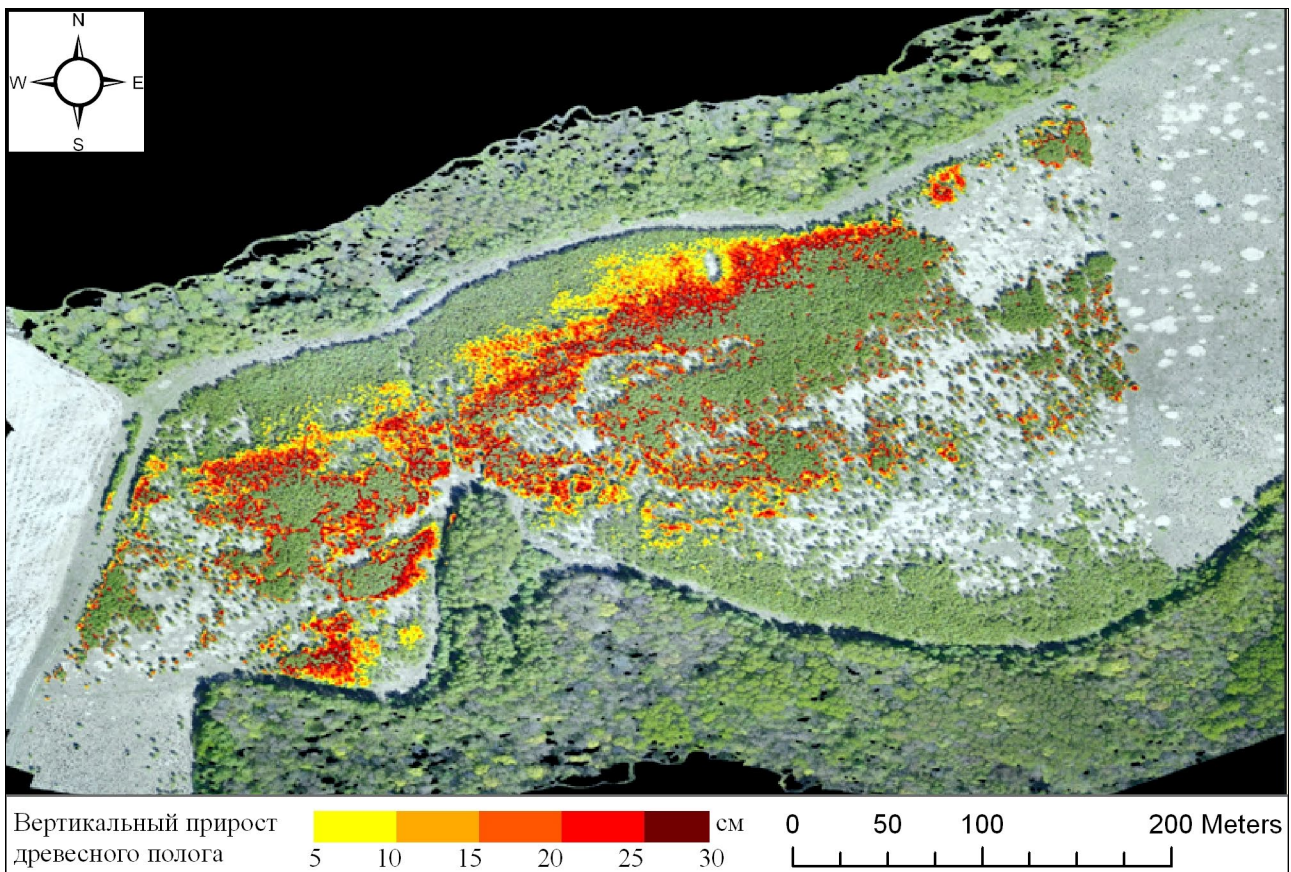


Рисунок 5. Вертикальный прирост древесного полога на залежи за 2015–2017 гг. Построено по материалам разновременной съемки с БПЛА

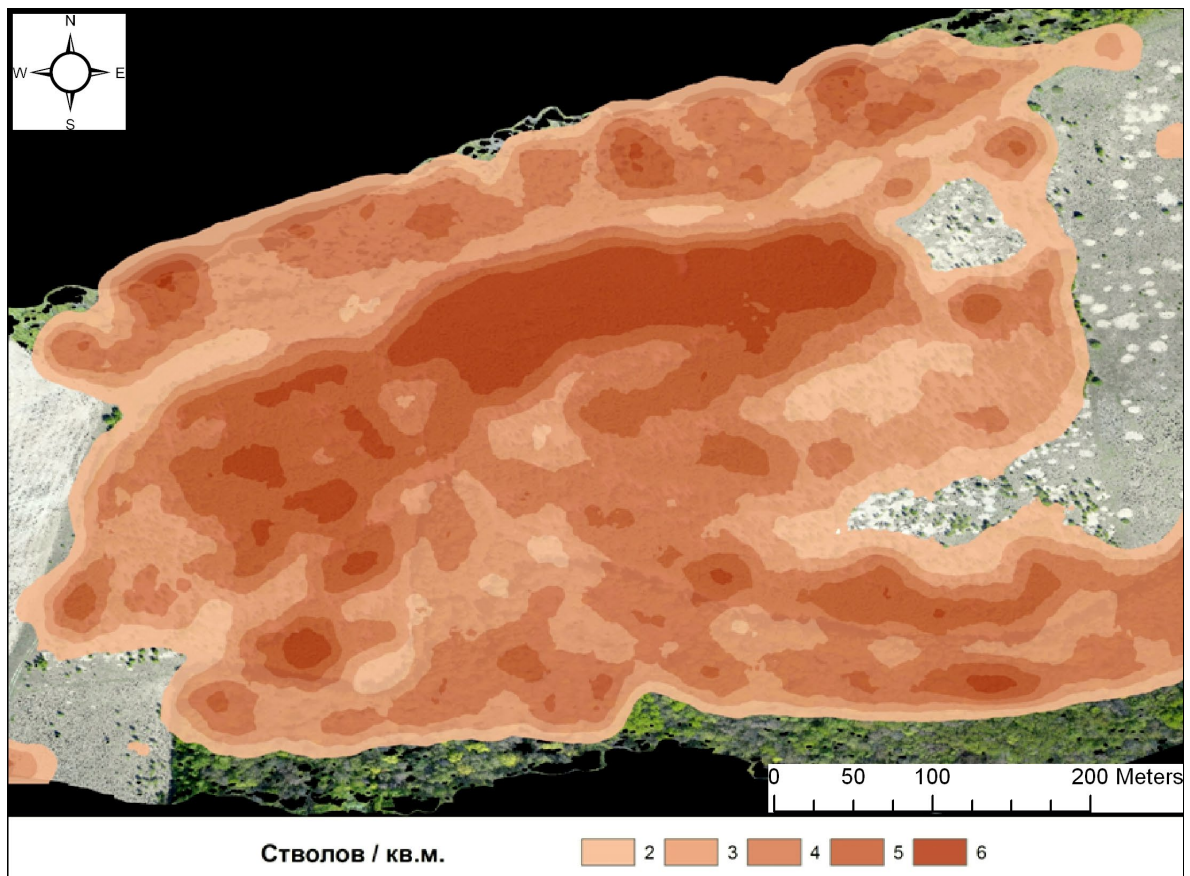


Рисунок 6. Плотность древостоя, сформировавшегося на залежи с момента прекращения сельскохозяйственного использования, 2005–2017 гг. Построено по материалам разновременной съемки с БПЛА

Стоит отметить сохранность четких границ залежи за весь период мониторинга, маркированных на западе грунтовой дорогой, а с востока – участком лугов, пастбищное использование которых препятствует появлению здесь древесной растительности. Прилегающие к этим границам периферийные участки залежи отличаются меньшей плотностью древостоя и сомкнутостью крон.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексирование космических снимков сверхвысокого разрешения с материалами разновременной оптической сверхвысокодетаальной съемки с БПЛА позволило провести оценку структурных параметров формирующейся на залежи древесно-кустарниковой растительности и их изменений во времени, выявить и картографировать пространственную дифференциацию скорости и протекания постагрогенной сукцессии на неиспользуемой с 2005 г. залежи. Показана применимость разновременных данных оптической аэросъемки с БПЛА на сверхмалых высотах для выделения и количественного морфометрического анализа цифровых моделей высот древесного полога. Установлено, что в целом с момента выведения участка из сельскохозяйственного оборота за период 2005–2018 гг. практически на всей территории залежи сформировался сомкнутый монодоминантный древесный покров.

При этом постагрогенное возобновление древесной растительности отличалось значительной пространственной неоднородностью, четко проявлявшейся на локальном уровне, и протекало с различной скоростью и интенсивностью зарастания.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполняется по теме госзадания Института географии РАН «Геоинформационно-картографический анализ и дистанционный мониторинг взаимодействия природы и общества» № АААА-А19-119022190168-8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Королева Н.В., Тихонова Е.В., Ершов Д.В., Салтыков А.Н., Гаврилюк Н.А., Пугачевский А.В. Оценка масштабов зарастания нелесных земель в национальном парке «Смоленское Поозерье» за 25 лет по спутниковым данным Landsat // Лесоведение. 2018. № 2. С. 83-96.

Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Неведова Т.А. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 426 с.

Alcantara C., Kuemmerle T., Baumann M., Bragina E.V., Griffiths P., Hostert P., Knorn J., Müller D., Prishchepov A.V., Schierhorn F. et al. Mapping the extent of abandoned farmland in Central and Eastern Europe using MODIS time series satellite data // Environmental Research Letters. 2013. Vol. 8. No. 3. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/3/035035> (July 23, 2018).

Dandois J.P., Ellis E.C. High spatial resolution three-dimensional mapping of vegetation spectral dynamics using computer vision // Remote Sensing of Environment. 2013. Vol. 136. P. 259-276.

de Beurs K., Ioffe G., Nefedova T., Henebry G. Land Change in European Russia: 1982–2011 // Land-Cover and Land-Use Changes in Eastern Europe after the Collapse of the Soviet Union in 1991. Springer, Cham, 2017. P. 223-241.

de Beurs K.M., Ioffe G. Use of Landsat and MODIS data to remotely estimate Russia's sown area // Journal of Land Use Science. 2014. Vol. 9. No. 4. P. 377-401.

Estel S., Kuemmerle T., Alcántara C., Levers C., Prishchepov A., Hostert P. Mapping farmland abandonment and recultivation across Europe using MODIS NDVI time series // Remote Sensing of Environment. 2015. Vol. 163. P. 312-325.

Ke Y., Quackenbush L.J. A review of methods for automatic individual tree-crown detection and delineation from passive remote sensing // International Journal of Remote Sensing. 2011. Vol. 32. P. 4725-4747.

Lesiv M., Schepaschenko D., Moltchanova E., Bun R., Dürauer M., Prishchepov A., Schierhorn F., Estel S., Kuemmerle T., Alcantara C., Concepcion P.C. et al. Spatial distribution of arable and abandoned land across former Soviet Union countries // *Scientific Data*/ 2018. No. 5. URL: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.56>.

Lisein J., Pierrot-Deseilligny M., Bonne, S., Lejeune, P. A. Photogrammetric workflow for the creation of a forest canopy height model from Small Unmanned Aerial System Imagery // *Forests*. 2013. Vol. 4. No. 4. P. 922-944.

Mongus D., Žalik B. An efficient approach to 3D single tree-crown delineation in LiDAR data // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2015. Vol. 108. P. 219-233.

REFERENCES

Alcantara C., Kuemmerle T., Baumann M., Bragina E.V., Griffiths P., Hostert P., Knorn J., Müller D., Prishchepov A.V., Schierhorn F. et al., Mapping the extent of abandoned farmland in Central and Eastern Europe using MODIS time series satellite data, *Environmental Research Letters*, 2013, Vol. 8, No. 3. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/3/035035> (July 22, 2018).

Dandois J.P., Ellis E.C., High spatial resolution three-dimensional mapping of vegetation spectral dynamics using computer vision, *Remote Sensing of Environment*, 2013, Vol. 136, pp. 259-276.

de Beurs K., Ioffe G., Nefedova T., Henebry G., Land Change in European Russia: 1982–2011, *Land-Cover and Land-Use Changes in Eastern Europe after the Collapse of the Soviet Union in 1991*, Springer, Cham, 2017, pp. 223-241.

de Beurs K.M., Ioffe G., Use of Landsat and MODIS data to remotely estimate Russia's sown area, *Journal of Land Use Science*, 2014, Vol. 9, No. 4, pp. 377-401.

Estel S., Kuemmerle T., Alcántara C., Levers C., Prishchepov A., Hostert P., Mapping farmland abandonment and recultivation across Europe using MODIS NDVI time series, *Remote Sensing of Environment*, 2015, Vol. 163, pp. 312-325.

Ke Y., Quackenbush L.J., A review of methods for automatic individual tree-crown detection and delineation from passive remote sensing, *International Journal of Remote Sensing*, 2011, Vol. 32, pp. 4725-4747.

Koroleva N.V., Tihonova E.V., Ershov D.V., Saltykov A.N., Gavriljuk N.A., Pugachevskij A.V., Ocenka masshtabov zarastaniya nelesnyh zemel' v nacional'nom parke «Smolenskoe Poozer'e» za 25 let po sputnikovym dannym Landsat (Scales of overgrowth on non-forested lands of Smolenskoe Poozer'e national park: an assessment for the 25 years on remote sensing Landsat data) // *Lesovedenie*, 2018. No. 2. pp. 83-96.

Lesiv M., Schepaschenko D., Moltchanova E., Bun R., Dürauer M., Prishchepov A., Schierhorn F., Estel S., Kuemmerle T., Alcantara C., Concepcion P.C. et al., Spatial distribution of arable and abandoned land across former Soviet Union countries, *Scientific Data*, 2018, No. 5. URL: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.56>.

Lisein J., Pierrot-Deseilligny M., Bonne, S., Lejeune, P.A., Photogrammetric workflow for the creation of a forest canopy height model from Small Unmanned Aerial System Imagery // *Forests*, 2013, Vol. 4, No. 4, pp. 922-944.

Ljuri D.I., Gorjachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.A., *Dinamika sel'skhozjajstvennyh zemel' Rossii v HH veke i postagrogennoe vosstanovlenie rastitel'nosti i pochv* (Dynamics of Agricultural lands of Russia in XX century and Postagrogenic Restoration of vegetation and soils) M.: GEOS, 2010, 426 p.

Mongus D., Zalik B., An efficient approach to 3D single tree-crown delineation in LiDAR data, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2015, Vol. 108, pp. 219-233.

HIGHLY DETAILED REMOTE SENSING MONITORING OF TREE OVERGROWTH ON ABANDONED AGRICULTURAL LANDS

A.A. Medvedev, N.O. Telnova, A.V. Kudikov

Institute of Geography RAS

Staromonetny per., 29, Moscow, 119017, Russia

E-mail: [E-mail: natalia.telnova@gmail.com](mailto:natalia.telnova@gmail.com)

Received 01 July 2019

The paper presents the results of long-term remote monitoring for the tree overgrowth on the abandoned agricultural land. This monitoring is based on satellite images with very high spatial resolution and ultra-detailed optical survey from Unmanned Air Vehicles. We have demonstrated successful use of photogrammetric dense point clouds for three-dimensional reconstruction of tree canopy structure on fallows by means of tree canopy height model extraction. We have got spatial data on post-agrogenic tree expansion on the fallow in 2005–2018, tree canopy heights and its vertical growth, stem density and tree cover projection. Distinct spatio-temporal heterogeneity of tree overgrowth has been revealed on the fallow in study. At the first stage after land abandonment the most rapid rehabilitation of trees was remarkable along the «walls» of adjacent forests where the densest but the lowest tree cover established now. During the later period tree overgrowth is connected with isolated hotspots and is characterized with the most intensive vertical growth of tree canopy.

Key words: *Central Non-Chernozem region, fallows, post-agrogenic succession, UAVs, digital canopy height models.*

Рецензент: к.б.н., н.с. Медведева М.А.