

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2020.2.04
УДК 630.587(075.8)

Изучение изменения растительного покрова заповедника «Кологривский лес» по материалам дистанционного зондирования Земли

А.В. Лебедев

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, старший преподаватель, Российская Федерация, Москва; Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М.Г. Сеницына, научный сотрудник, г. Кологрив, Костромская обл., Российская Федерация, alebedev@rgau-msha.ru

На примере заповедника «Кологривский лес» проведено тематическое дешифрирование снимков Landsat 5. За 1984–2011 гг. составлены тематические карты преобладающих древесных пород, по которым выявлены основные направления изменения растительного покрова.

Ключевые слова: растительный покров, заповедник, Кологривский лес, Landsat, дистанционное зондирование Земли.

Для ссылок: DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2020.2.04.

Лебедев, А.В. Изучение изменения растительного покрова заповедника «Кологривский лес» по материалам дистанционного зондирования Земли / А.В. Лебедев. – DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2020.2.04. – Текст : электронный // Лесхоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2020. – № 2. – С. 43–53. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

Государственный природный заповедник «Кологривский лес» им. М.Г. Сеницына был создан в 2006 г. на территории Костромской обл. Заповедник состоит из двух участков: Кологривского и Мантуровского. В разные годы значительные площади, позднее вошедшие в состав заповедника, были пройдены рубками и лесными пожарами. Одним из основных направлений научной деятельности на территории заповедника является изучение изменений растительного покрова на участках, использовавшихся для хозяйственной деятельности. Мониторинг биоразнообразия лесов должен обеспечивать оценку его текущего состояния, анализ и прогноз возможных изменений на фоне естественных процессов и под влиянием антропогенных факторов [1].

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) позволяет получать объективную информацию о состоянии растительного покрова. В лесном хозяйстве данные ДЗЗ и результаты их тематической обработки нашли широкое применение в картографировании земель лесного фонда, определении породного состава лесов, изучении негативных процессов, воздействующих на лесные массивы (вредители и болезни, лесные пожары и т.д.) [2]. В области решения задач дистанционного тематического мониторинга наибольшую популярность получили снимки с космических аппаратов Landsat. Массовое использование космических снимков с этих аппаратов основано на доступности информации, относительно высокой частоте повторного получения данных, наличии нескольких

спектральных диапазонов съемки и широкой полосы обзора [3].

Цель работы – изучение изменения растительного покрова территории государственного природного заповедника «Кологривский лес» по материалам дистанционного зондирования Земли. В ходе исследований решали следующие задачи: 1) оценить интенсивность хозяйственного воздействия на территорию; 2) провести тематическое дешифрирование данных спутниковых снимков Landsat; 3) описать динамику растительного покрова за более чем 35-летний период.

Материалы и методы. Материалами для исследования послужили данные со спутников с 1973 по 2011 г. Изображения получены из открытых источников (Геологическая служба США). Для отбора снимков применяли следующие критерии: изображения получены в течение вегетационного периода (с мая по сентябрь) в светлое время суток; облачность – менее 10%. Информация об использованных сценах приведена в табл. 1. Работу с географически привязанными данными осуществляли через интерфейс QGIS 2.8, интерфейс Python 3.2.1 с применением библиотеки GDAL2.0.

Классификация объектов на снимках проведена по 5-ти классам: 1 – темнохвойные леса, 2 – светлохвойные леса, 3 – лиственные леса, 4 – открытые участки (гари, вырубки, поля, луга и т.д.), 5 – водные объекты. Тематическое дешифрирование осуществлялось для сцен LT51750191984177XXX02 (1984 г.) и LT51750192011235KIS01 (2011 г.). Обучающая выборка формировалась с привлечением данных

Таблица 1. Перечень используемых сцен Landsat

Дата и время	Сцена	Сенсор	Спутник
28.05.1973 07:52:20	LM11900191973148FAK03	MSS	Landsat 1
07.05.1975 07:28:28	LM21880191975127AAA05	MSS	Landsat 2
08.05.1975 07:34:32	LM21890191975128AAA04	MSS	Landsat 2
25.06.1984 07:38:09	LT51750191984177XXX02	TM	Landsat 5
08.07.1989 07:49:23	LT41760191989189XXX04	TM	Landsat 4
02.06.1993 07:32:15	LT51750191993153KIS00	TM	Landsat 5
23.08.2011 07:58:29	LT51750192011235KIS01	TM	Landsat 5

натурных обследований лесотаксационных выделов на территории заповедника «Кологривский лес» с 2014 по 2018 г. Для сцены 1984 г. выборка была сформирована с привлечением данных постоянных пробных площадей памятника природы (до 2006 г.) «Кологривский лес» и материалов лесоустройства Кологривского лесничества Костромской обл. Отнесение участков к классам темнохвойные, светлохвойные или лиственные леса проводилось по спектральным характеристикам крон верхнего яруса насаждений. В качестве признакового описания объектов в выборке использовались значения растров из каналов с 1-го по 7-й [4].

Анализ данных. Исходная выборка для каждой сцены сначала проверялась на наличие выбросов, а в дальнейшем подразделялась на обучающую и тестовую в соотношении 7:3. На первой выборке проводилось обучение классификаторов, а на тестовой – оценка их качества. Анализ данных осуществлялся с использованием Python 3.7 и библиотек Scikit-learn 0.20.2, CatBoost 0.12.2. Наилучшее решение выбиралось среди следующих алгоритмов: логистическая регрессия (Logistic Regression), линейный дискриминантный анализ (Linear Discriminant Analysis), квадратичный дискриминантный анализ (Quadratic Discriminant Analysis), случайный

лес (RandomForest), градиентный бустинг над решающими деревьями (Gradient Boosting), CatBoost – реализация градиентного бустинга от Yandex [5], k-ближайших соседей (KNN), мультиномиальный наивный байес (Multinomial Naive Bayes), гауссовский наивный байес (Gaussian Naive Bayes), метод опорных векторов (C-Support Vector Classification). В табл. 2 приведены метрики качества (macro average) на тестовых выборках.

Наилучшее качество классификации было достигнуто при применении алгоритмов RandomForest и CatBoost. Для сцены 1984 г. F-мера при использовании RandomForest и CatBoost оказалась одинаковой – 0,968. Для сцены 2011 г. F-мера с использованием RandomForest составила 0,957, а CatBoost – 0,952. В качестве итоговой модели классификатора был выбран RandomForest (1984 г. – Cohen’s kappa = 0,932; 2011 г. – Cohen’s kappa = 0,923). Матрица ошибок для тестовых выборок приведена в табл. 3.

В последнее время одним из наиболее распространенных при классификации объектов на аэро- и космических снимках является алгоритм RandomForest. Например, как элемент методики он используется при решении задач определения и картирования запасов фитомассы [6] и классов бонитета [7] на основе спутниковых

Таблица 2. МЕТРИКИ КАЧЕСТВА (MACRO AVERAGE) КЛАССИФИКАТОРОВ НА ТЕСТОВЫХ ВЫБОРКАХ

Алгоритм	Снимки					
	1984 г.			2011 г.		
	Точность	Полнота	F-МЕРА	Точность	Полнота	F-МЕРА
Logistic Regression	0,914	0,899	0,903	0,927	0,915	0,919
Linear Discriminant Analysis	0,913	0,882	0,894	0,925	0,908	0,914
Quadratic Discriminant Analysis	0,922	0,925	0,923	0,939	0,930	0,933
Gradient Boosting	0,964	0,965	0,965	0,952	0,945	0,948
CatBoost	0,968	0,969	0,968	0,956	0,949	0,952
KNN	0,959	0,956	0,957	0,961	0,953	0,957
RandomForest	0,968	0,968	0,968	0,961	0,953	0,957
Multinomial Naive Bayes	0,897	0,858	0,871	0,820	0,775	0,766
Gaussian Naive Bayes	0,902	0,903	0,902	0,922	0,908	0,914
C-Support Vector Classification	0,933	0,930	0,931	0,945	0,932	0,937

Таблица 3. Матрица ошибок для тестовых выборок (RANDOMFOREST)

ПРЕДСКАЗАННЫЕ ОТВЕТЫ	ИСТИННЫЕ ОТВЕТЫ					Итого
	$\gamma=1$	$\gamma=2$	$\gamma=3$	$\gamma=4$	$\gamma=5$	
1984 г.						
$\alpha(x)=1$	245	9	15	0	0	269
$\alpha(x)=2$	2	296	0	1	0	299
$\alpha(x)=3$	16	1	311	0	0	328
$\alpha(x)=4$	0	0	1	115	0	116
$\alpha(x)=5$	0	0	0	0	26	26
Итого	262	306	327	117	26	1038
2011 г.						
$\alpha(x)=1$	547	6	8	0	0	561
$\alpha(x)=2$	42	398	1	0	0	441
$\alpha(x)=3$	18	9	334	0	0	361
$\alpha(x)=4$	0	8	5	320	0	333
$\alpha(x)=5$	0	0	0	0	29	29
Итого	607	421	348	320	29	1725

изображений. Однако наиболее перспективным для использования является алгоритм CatBoost.

Наибольшую важность (Feature Importance) в решении рассматриваемой задачи классификации с использованием алгоритма RandomForest имеют следующие каналы Landsat 5: 4-й (спектральный диапазон 0,75–0,90 мкм), 5-й (1,55–1,75 мкм) и 6-й (10,40–12,5 мкм). Кроме того, 7-й канал (2,09–2,35 мкм) обладает большей информативностью по сравнению с 1-м

(0,45–0,515 мкм), 2-м (0,525–0,605 мкм) и 3-м (0,63–0,690 мкм) каналами. Информативность признаков представлена на рис. 1.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим изменения растительного покрова Кологривского участка заповедника. В дореволюционные годы и в первые десятилетия после установления советской власти освоение лесов на территории, входящей в состав заповедника, осуществлялось медленными темпами. Заготовка древесины проводилась на незначительных площадях преимущественно выборочным способом (были распространены приисковые рубки). Образование не занятых древесными насаждениями участков часто было связано с действием пирогенного фактора. Например, достоверно известно, что в северо-западной части заповедника располагалась гарь 1937–1938 гг.

Промышленное освоение лесов в северной части Кологривского района (в настоящее время Кологривский участок заповедника) Костромской обл. началось сразу после окончания Великой Отечественной войны. Это способствовало развитию социально-экономической сферы, но в то же время привело к возникновению многочисленных экологических проблем. В 1949 г. был

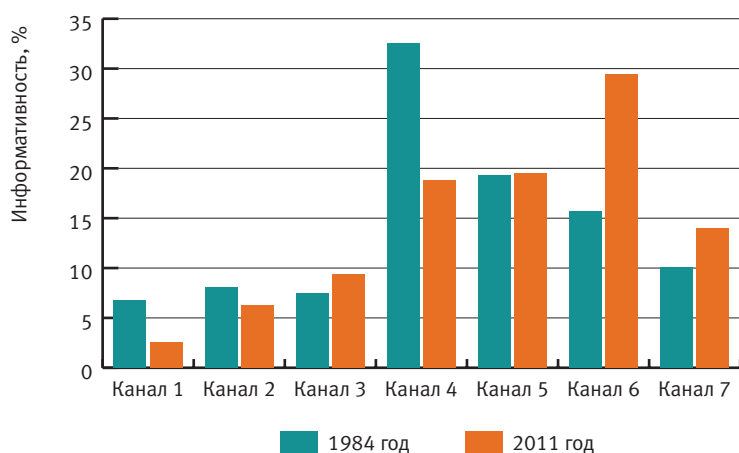


Рис. 1. Информативность признаков в задаче классификации (RANDOMFOREST)

открыт первый участок Понговской (в дальнейшем Красноборской) узкоколейной железной дороги (УЖД). Она была построена с целью транспортировки древесины, заготовленной Кологривским леспромхозом в бассейне р. Понги, на сплавные пункты. В дальнейшем Красноборская УЖД вошла в состав Потрусовской УЖД, которая в то время была одной из крупнейших не только в Костромской обл., но и в СССР. В 1972 г. Потрусовская УЖД получила выход к железнодорожной линии широкой колеи в районе пос. Еленский, где был построен нижний склад.

Освоение лесных массивов сопровождалось строительством новых лесных поселков, связанных с другими населенными пунктами только линиями УЖД. Например, в современных границах охранной зоны Кологривского участка заповедника в конце 1950-х гг. построили пос. Северный, где для нужд жителей были открыты магазины, клуб, школа, детский сад, установлена водонапорная башня, действовали кирпичный завод, пилорама.

Доля площади Кологривского участка заповедника, не пройденная сплошными рубками с 1963 по 1993 г., достоверно описывается следующим регрессионным уравнением:

$$P = 90,437 \left(1 - \exp \left(-\frac{77,161}{X - 1948} \right) \right)^{20,419}, \quad R^2 = 0,998,$$

где:

P – доля площади, не пройденная сплошными рубками, %;

X – год в диапазоне от 1963 до 1993.

Для расчета площади, не пройденной сплошными рубками, использовали космические снимки с 1973 по 1993 г. и лесоустроительные материалы за период с 1963 по 1993 г. Графическая визуализация уравнения представлена на рис. 2.

Максимальный объем заготовки древесины (570 тыс. м³ в год) в границах будущего заповедника пришелся на конец 1960-х гг. Затем он начал снижаться, и в начале 1970-х гг. более 70% лесосырьевой базы было исчерпано. Большинство не затронутых сплошными рубками высокопродуктивных ельников с примесью лиственных

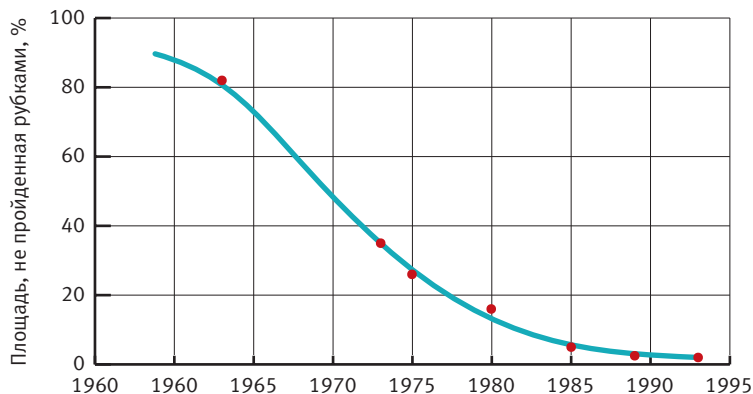
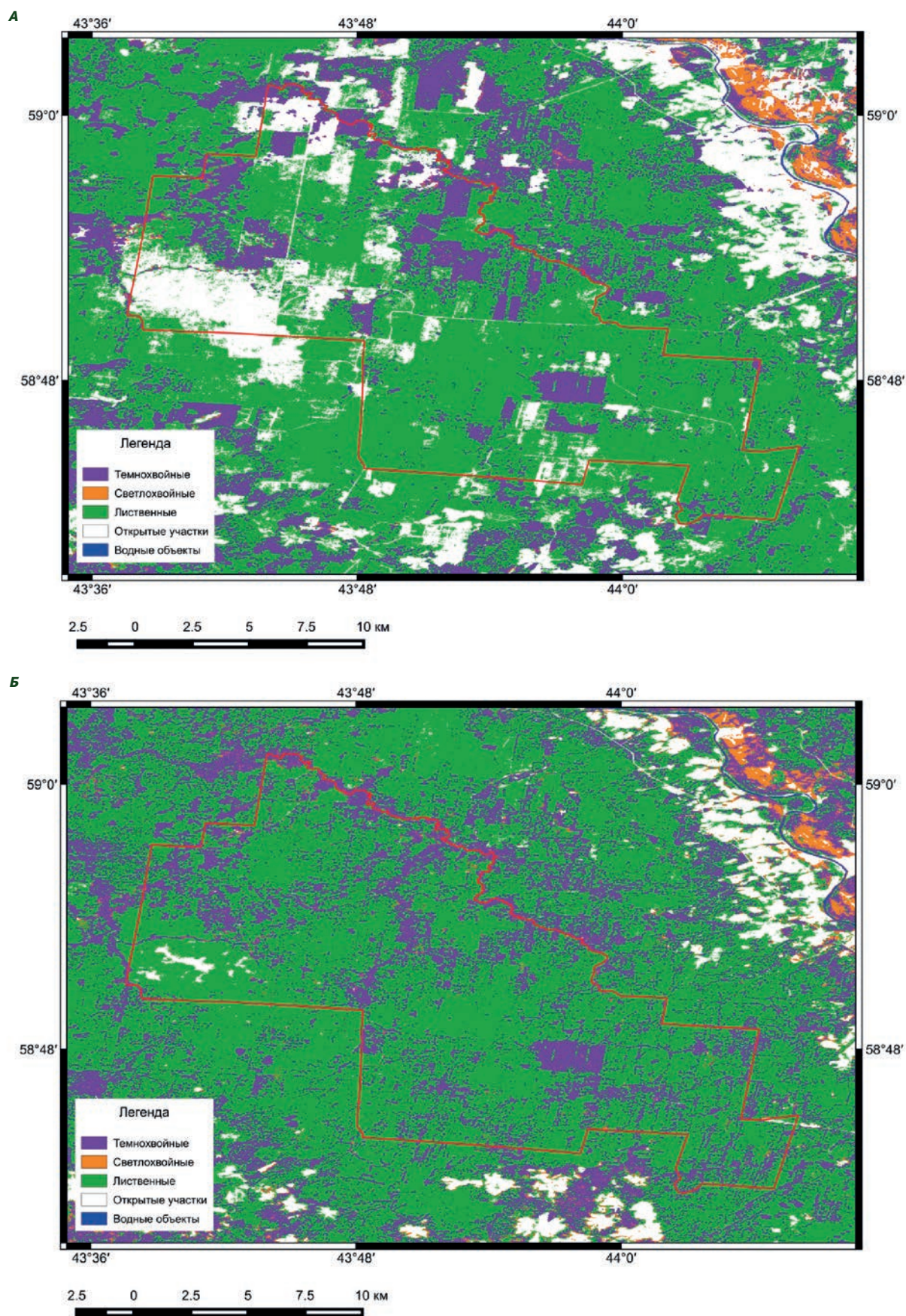


Рис. 2. Доля площади Кологривского участка заповедника, не пройденная сплошными рубками

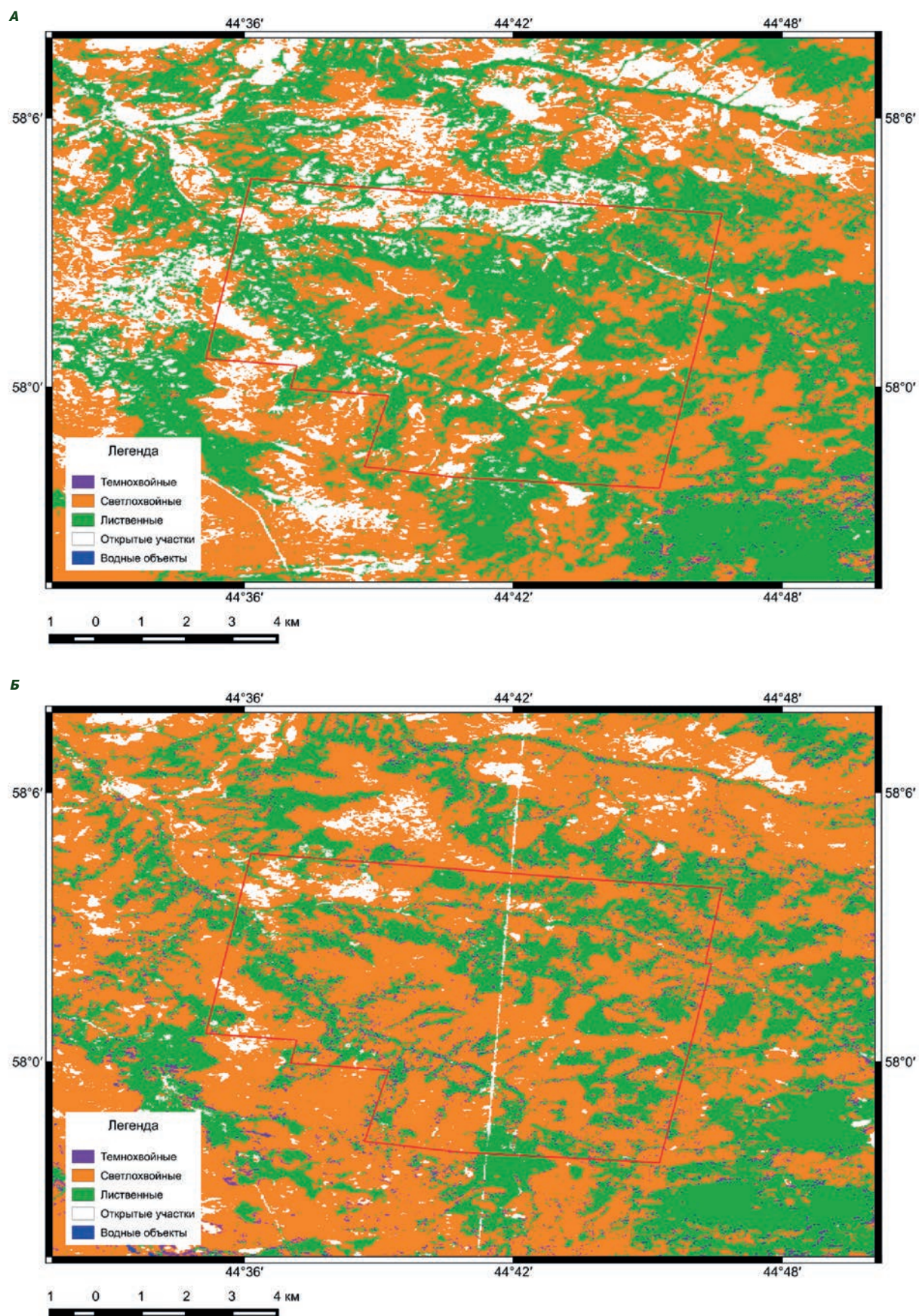
пород сохранилось в северо-западной части, в труднодоступных местах и вдоль малых лесных рек: Сеха, Черная, Кисть, Лондушка, Юрманга, Понга и их притоков. В 1981 г. на значительной площади на западе заповедника прошли лесные пожары. К 1993 г. лесосырьевая база была исчерпана практически полностью, движение поездов по Красноборской УЖД прекратилось, а в 1997 г. был расселен пос. Северный.

Результаты тематического дешифрирования снимков за 1984 и 2011 г. для Кологривского участка заповедника приведены на рис. 3. По состоянию на 1984 г. (рис. 3А), не пройденные сплошными рубками участки лесов узкими полосами сохранились преимущественно вдоль рек Сеха, Лондушка и Понга. Кроме того, остался нетронутым и лесной массив памятника природы «Кологривский лес». Несмотря на мероприятия по воспроизводству лесов на вырубках, верхний ярус возобновившихся насаждений сформирован преимущественно лиственными породами, под ним в угнетенном состоянии находились культуры ели. Отсутствие своевременных уходов за культурами и естественным возобновлением ели привело к формированию на большей части территории древостоев с преобладанием березы [8].

В 2011 г. большинство вырубок было занято лесными насаждениями (рис. 3Б). Восстановление еловых насаждений активно протекает вдоль русел лесных рек: Понга, Лондушка, Сеха, Черная, Вонюх, Кисть. Это объясняется, во-первых, наличием недорубов, которые послужили источником



**Рис. 3. РАСТИТЕЛЬНЫЕ ФОРМАЦИИ Кологривского участка заповедника:
А – 1984 г., Б – 2011 г.**



**Рис. 4. РАСТИТЕЛЬНЫЕ ФОРМАЦИИ МАНТУРОВСКОГО УЧАСТКА ЗАПОВЕДНИКА:
А – 1984 г. ; Б – 2011 г.**

обсеменения вырубок, а во-вторых, тем, что на переувлажненных почвах с признаками оглеения ель и пихта имеют преимущество над березой и осиной. Анализ материалов постоянных пробных площадей, заложенных в 1978–1989 гг. в памятнике природы «Кологривский лес» и восстановленных в 2014–2018 гг., показывает, что на формирование еловых разновозрастных древостоев после рубки в результате последовательной смены растительных сообществ требуется минимум 150–200 лет [9, 10]. В ближайшие 25–50 лет, в связи с процессами старения лиственных древостоев, площадь ельников должна увеличиться, особенно на вырубках 1950–1960 гг.

Рассмотрим изменение растительного покрова Мантуровского участка заповедника, который значительно отличается лесорастительными условиями от Кологривского участка [1]. В монографии Н.С. Лазаревой с соавт. [11] указано, что в начале XX в. на левобережье р. Унжи преобладали еловые леса со вторым ярусом из липы и клена. В 1960-е гг. некоторые участки между реками Катрель и Пумина подверглись интенсивной мелиорации. Здесь сеть глубоких магистральных каналов проходит практически по всем квартальным просекам. Значительная часть Мантуровского участка пострадала от крупного лесного пожара 1972 г. Пройденные огнем площади расчищали, и в дальнейшем на них проводили посадку сеянцев сосны в плужные борозды и аэросев. В конце 1970-х гг. на некоторых участках применялся химический уход за лесом, направленный на уничтожение поросли березы и осины. Эти меры способствовали быстрому восстановлению сосновых насаждений.

Результаты тематического дешифрирования снимка 1984 г. показаны на рис. 4А. Спустя 12 лет после пожара более 85% территории было занято лесной древесной растительностью, причем на значительной площади преобладала сосна. К 2011 г. сосна заняла доминирующее положение на всей территории Мантуровского участка (рис. 4Б). Тем не менее через 39 лет после пожара в северо-западной части участка заповедника встречаются несомкнутые сосновые насаждения. Как правило, они приурочены к осушаемым участкам на торфяно-иллювиальных почвах с близким залеганием грунтовых вод. Вероятно, дренажная система открытого типа, несмотря на то что находится в рабочем состоянии, не в полной мере выполняет свои функции.

* *
*

Территория заповедника «Кологривский лес» на протяжении XX в. подвергалась интенсивному антропогенному воздействию. Анализ спутниковых снимков Landsat свидетельствует об успешном восстановлении растительного покрова к настоящему времени. Таким образом, спутниковые снимки служат надежной основой для составления тематических лесных карт породного состава насаждений. Одно из лучших решений задачи классификации показал алгоритм RandomForest. Наибольшей информативностью характеризуются 4-, 5- и 6-й каналы (Landsat 5). Перспективным для дальнейших исследований является алгоритм CatBoost.

Список использованных источников

1. Использование спутниковых данных для мониторинга биоразнообразия лесов / А.С. Исаев, С.В. Князева, М.Ю. Пузаченко, Т.В. Черненко // Исследование Земли из космоса. – 2009. – № 2. – С. 55–66.
2. Малышева, Н.В. Дистанционное зондирование для изучения лесных экосистем, учета, контроля и управления лесными ресурсами / Н.В. Малышева // Лесхоз. информ. – 2002. – № 1. – С. 31–61.
3. Хамедов, В.А. Оценка точности определения площадей лесных рубок с использованием снимков с российского космического аппарата «Ресурс-П» № 1 / В.А. Хамедов, Б.Т. Мазуров // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 4 (32). – С. 42–50.
4. Matejicek, L. Assessment of Energy Sources Using GIS / L. Matejicek // Springer International Publishing. 2017. – DOI: 10.1007/978-3-319-52694-2.
5. CatBoost: unbiased boosting with categorical features / L. Prokhorenkova, G. Gusev, A. Vorobev, A.V. Dorogush, A. Gulin // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2018. – P. 6639–6649.
6. Оценка запасов фитомассы лесных пород по спутниковым изображениям высокого пространственного разрешения (на примере лесов Ханты-Мансийского АО) / Е.Н. Соколова, Н.В. Сурков, Д.В. Ершов, В.А. Хамедов // Вопросы лесной науки. – 2018. – Т. 1 (1). – С. 1–23.
7. Картографирование классов бонитета лесов Приморского края на основе спутниковых изображений и данных о характеристиках рельефа / Е.Н. Соколова, Н.В. Сурков, Д.В. Ершов, В.А. Егоров, С.С. Барталев, С.А. Барталев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15. – № 5. – С. 96–109.
8. Динамика лесов заповедника «Кологривский лес» / Н.Н. Дубенок, П.В. Чернявин, А.В. Лебедев, А.В. Гемон // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2016. – № 3 (31). – С. 5–18.
9. Лебедев, А.В. Динамика роста и развития смешанного древостоя на узколесосечной вырубке / А.В. Лебедев // Научные труды государственного природного заповедника «Кологривский лес». – Вып. 1. – Кологрив, 2017. – С. 13–23.
10. Лебедев, А.В. Ход естественных процессов в древостоях ядра заповедника «Кологривский лес» / А.В. Лебедев // Вклад особо охраняемых природных территорий в экологическую устойчивость регионов: современное состояние и перспективы : матер. Всерос. (с междунар. участием) конф. (20–21 сентября 2018); редкол. Н.Н. Дубенок [и др.]. – Кологрив : ФГБУ «ГПЗ «Кологривский лес» им. М.Г. Синицына», 2018. – С. 6–14.
11. Лазарева, Н.С. Флора окрестностей Костромской таежной научно-опытной станции ИПЭЭ РАН и Мантуровского участка заповедника «Кологривский лес» / Н.С. Лазарева, Е.С. Преображенская, С.Ю. Попов. – СПб. : ИЦ Интермедия, 2012. – 89 с.

References

1. Ispol'zovanie sputnikovykh dannykh dlya monitoringa bioraznoobraziya lesov / A.S. Isaev, S.V. Knyazeva, M. Yu. Puzachenko, T. V. Chernen'kova // Issledovanie Zemli iz kosmosa. – 2009. – № 2. – S. 55–66.
2. Malysheva, N.V. Distancionnoe zondirovanie dlya izucheniya lesnykh ekosistem, ucheta, kontrolya i upravleniya lesnymi resursami / N.V. Malysheva // Lessohoz. inform. – 2002. – № 1. – S. 31–61.
3. Hamedov, V.A. Ocenka tochnosti opredeleniya ploshchadej lesnykh rubok s ispol'zovaniem snimkov s rossijskogo kosmicheskogo apparata «Resurs-P» № 1 / V.A. Hamedov, B.T. Mazurov // Vestnik SGUGiT. – 2015. – Vyp. 4 (32). – S. 42–50.
4. Matejicek, L. Assessment of Energy Sources Using GIS / L. Matejicek // Springer International Publishing. 2017. – DOI: 10.1007/978-3-319-52694-2.

5. CatBoost: unbiased boosting with categorical features / L. Prokhorenkova, G. Gusev, A. Vorobev, A.V. Dorogush, A. Gulin // *Advances in Neural Information Processing Systems*. – 2018. – P. 6639–6649.
6. Ocenka zapasov fitomassy lesnyh porod po sputnikovym izobrazheniyam vysokogo prostranstvennogo razresheniya (na primere lesov Hanty-Mansijskogo AO) / E.N. Sochilova, N.V. Surkov, D.V. Ershov, V.A. Hamedov // *Voprosy lesnoj nauki*. – 2018. – T. 1 (1). – S. 1–23.
7. Kartografirovanie klassov boniteta lesov Primorskogo kraja na osnove sputnikovyh izobrazhenii i dannyh o harakteristikah rel'efa / E.N. Sochilova, N.V. Surkov, D.V. Ershov, V.A. Egorov, S.S. Bartalev, S.A. Bartalev // *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. – 2018. – T. 15. – № 5. – S. 96–109.
8. Dinamika lesov zapovednika «Kologrivskij les» / N.N. Dubenok, P.V. Chernyavin, A.V. Lebedev, A.V. Gemonov // *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie. – 2016. – № 3 (31). – S. 5–18.
9. Lebedev, A.V. Dinamika rosta i razvitiya smeshannogo drevostoya na uzkolesosechnoj vyrubke / A.V. Lebedev // *Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Kologrivskij les»*. – Vyp. 1. – Kologriv, 2017. – S. 13–23.
10. Lebedev, A.V. Hod estestvennyh processov v drevostoyah yadra zapovednika «Kologrivskij les» / A.V. Lebedev // *Vklad osobo ohranyaemyh prirodnih territorij v ekologicheskuyu ustojchivost' regionov: sovremennoe sostoyanie i perspektivy* : mater. Vseros. (s mezhdunar. uchastiem) konf. (20–21 sentyabrya 2018); redkol. N.N. Dubenok [i dr.]. – Kologriv : FGBU “GPZ “Kologrivskij les” im. M.G. Sinicyna”, 2018. – S. 6–14.
11. Lazareva, N.S. Flora okrestnostej Kostromskoj taezhnoj nauchno-opytnoj stancii IPEE RAN i Manturovskogo uchastka zapovednika «Kologrivskij les» / N.S. Lazareva, E.S. Preobrazhenskaya, S. Yu. Popov. – SPb. : IC Intermediya, 2012. – 89 s.

Studying the Change of the Vegetation Cover of the Kologrivsky Forest Nature Reserve on the Material of Remote Sensing of the Earth

A. Lebedev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Senior Lecturer, Moscow, Russian Federation; Kologrivsky Forest Nature Reserve, Researcher Kologriv, Kostroma region, Russian Federation, , alebedev@rgau-msha.ru

Keywords: *vegetation cover, reserve, Kologrivsky Forest, Landsat, Earth remote sensing*

The article is devoted to the study of changes in the vegetation cover of the Kologrivsky Forest Nature Reserve based on materials of remote sensing of the Earth. The materials for the study were data from Landsat satellites for the period from 1973 to 2011. The classification of objects in the pictures was carried out in five classes: 1 – dark coniferous forests, 2 – light coniferous forests, 3 – deciduous forests, 4 – open areas (fires, cuttings, fields, meadows, etc.), 5 – water bodies. The best classification quality was achieved using Random Forest and CatBoost algorithms. Random Forest was chosen as the final model of the classifier. For 1984, on the Kologriv site of the reserve, the areas of forest not covered by clear cutting were preserved mainly along the rivers Sekha, Londushka and Ponga and the area of the Kologrivsky Forest Natural Monument. In spite of the measures taken for the reproduction of forests on the felling sites, the upper canopy of renewal is mainly represented by deciduous species, under which spruce cultures were in a depressed state. The lack of timely care for crops and the natural renewal of spruce led to the formation of birch in most of the territory of the stands. 12 years later, after a major forest fire in 1972, more than 85% of the territory of the Manturovo site of the reserve was covered with forest tree vegetation, and pine was the predominant species for a considerable area. By 2011, the pine was dominant in the forest fund.