

Э.А. Курбанов (Марийский государственный технический университет)

В 1989 г. окончил факультет лесного хозяйства Марийского политехнического института. В настоящее время – профессор кафедры лесоводства МарГТУ.

О.Н. Воробьев (Марийский государственный технический университет)

В 1989 г. окончил Марийский политехнический институт. В настоящее время – доцент кафедры лесоводства МарГТУ.

А.В. Губаев (Марийский государственный технический университет)

В 2003 г. окончил Марийский государственный технический университет. В настоящее время – время соискатель кафедры лесоводства МарГТУ.

С.А. Лежнин (Марийский государственный технический университет)

В 2009 г. окончил Марийский государственный технический университет. В настоящее время – время аспирант кафедры лесоводства МарГТУ.

Использование космических снимков ALOS для выявления площадей бывших сельскохозяйственных угодий, зарастающих лесом

В связи с общим ухудшением экономического состояния в сельскохозяйственном производстве и прекращением работ по мелиорации земель в Российской Федерации происходит сокращение площадей сельхозугодий. В Республике Марий Эл площадь пашни, используемая сельскохозяйственными предприятиями, организациями и гражданами, только в 2008 г. сократилась на 13 тыс. га в результате перевода в фонд перераспределения земель¹ и запаса², залежь, отвода земель для несельскохозяйственных нужд. Повсеместно происходит процесс зарастания пашни и естественных кормовых угодий кустарником и мелколесьем. По сравнению с 2007 г. произошло уменьшение сельскохозяйственных земель на 37,3 тыс. га. Согласно официальной статистике [2] общая площадь земель сельскохозяйственного назначения, которая потенциально будет захвачена лесной растительностью в республике Марий Эл при существующем сце-

нарии развития экономики, может достичь 200 тыс. га и более, что составляет до 25% от всех земель этого назначения.

Сокращение площади сельскохозяйственных угодий характерно практически для всех субъектов Российской Федерации [3,4]. По неофициальным оценкам, в ряде областей Нечерноземья (Псковская, Костромская, Ярославская, Вологодская области и др.) в настоящее время заброшено и зарастает молодняками мягколиственных пород до 40–60% пахотных земель, что подтверждается данными дистанционного зондирования.

Много публикаций о проблеме зарастания сельхозугодий встречается в зарубежной литературе. Исследования, проведенные в Скандинавских странах, свидетельствуют о том, что посадки лиственных пород на бывших фермерских участках дают высокую продуктивность и имеют существенный потенциал для

1 Фонд перераспределения земель формируется за счет земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения, поступающих в этот фонд. Он создается в целях перераспределения земель для сельскохозяйственного производства, создания и расширения крестьянских (фермерских) хозяйств, личных подсобных хозяйств, ведения садоводства, животноводства, огородничества, сенокосения, выпаса скота в составе земель сельскохозяйственного назначения [1].

2 К землям запаса относятся земли, находящиеся в государственной или муниципальной собственности и не предоставленные гражданам или юридическим лицам, за исключением земель фонда перераспределения земель. Использование земель запаса допускается после перевода их в другую категорию [1].

производства древесной биомассы [5]. В Латвии с 1990-х гг. произошло зарастание бывших сельскохозяйственных земель на площади более 3 млн га [6]. Доминирующими породами на этих территориях являются лиственные древостои с преобладанием березы и ольхи серой (до 15 лет, что совпадает с периодом перехода от центрального планирования к рыночной экономике после распада СССР).

В последние годы при оценке смены земле- и лесопользования все большее применение находят дистанционные методы зондирования земли, которые предоставляют возможность получения объективных и оперативных данных о состоянии растительного покрова на больших территориях. Для классификации и оценки площадей сельскохозяйственных земель и посевов различных культур в южных регионах зернового пояса России были использованы данные MODIS [7]. В Австралии по разновременным снимкам Landsat ETM+ (1989-2004 гг.) было определено зарастание сельскохозяйственных угодий сорной растительностью [8] на площади 29 000 кв. км равнинных лугов.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью настоящей работы является выявление бывших сельскохозяйственных земель (земли запаса и перераспределения), зарастающих молодняками березы и сосны, на основе использования снимков высокого разрешения ALOS в программных комплексах (ПК) ENVI 4.7., ArcGIS и данных наземного исследования, проведенных авторским коллективом в 2007–2010 гг. на территории различных районов республики Марий Эл. Для выполнения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Проведение оценки зарастания бывших сельскохозяйственных земель породами-пионерами (сосна, береза) на территории Оршанского, Юринского, Килемарского, Сернурского и Параньгинского районов РМЭ путем глазомерной таксации.

2. Выявление этих участков на космических снимках ALOS для создания обучающей выборки (testing site) в пакете ENVI [9] в пределах исследуемых сцен.

3. Создание тематической карты исследуемых районов методом управляемой классификации и определение точности границ площадей зарастания молодняка-

ми березы и сосны с использованием программных продуктов ENVI и ArcGIS.

4. Проведение оценки точности созданных карт и определение общей площади зарастания на землях перераспределения и запаса.

Методика исследований включает в себя два этапа: полевые и камеральные исследования. Тестовые участки полевых исследований должны были отвечать условиям:

- участки должны быть бывшими землями сельскохозяйственного пользования и расположены в пределах сцен ALOS;
- с целью минимизации влияния антропогенного фактора участки должны быть расположены на территориях, удаленных от интенсивного посещения местным населением.

Полевые исследования были проведены с июня 2008 г. по сентябрь 2010 г. таким образом, чтобы максимально учесть густоту и пространственное распределение древесной растительности на площадках 10x10 м, располагающихся на трансектах от опушек материнского леса до окончания распространения возобновившегося молодого леса [10]. Каждая пробная площадь на абрисе привязывалась к квартальной сети и материнской стене леса. Кроме того, географические координаты каждой пробной площади фиксировались с помощью GPS-приемника GARMIN eTrex.

РАБОТА СО СПУТНИКОВЫМИ СНИМКАМИ В ПК ENVI 4.7 И ARCGIS9.3

Работа состояла из следующих этапов:

- 1) атмосферная коррекция изображений в ПК ENVI 4.7 (полученные от компании «Совзонд» снимки со спутника ALOS/AVNIR-2 уже имели радиометрическую и геометрическую коррекцию);

- 2) получение RGB композитных изображений для инструментальной и визуальной оценки и анализа данных на базе серии снимков ALOS/AVNIR-2;

- 3) создание на базе эталонных участков стандартной обучающей выборки для используемых снимков ALOS;

- 4) классификация изображений методом управляемой классификации «Максимальное правдоподобие» с выделением доминирующих классов и созданием тематической карты в ПК ENVI 4.7;

5) оценка точности классификации на основе матрицы различий (Confusion Matrix) и коэффициента Каппа (Kappa Index);

6) автоматическая векторизация растровой тематической карты в ПК ENVI 4.7;

7) обработка и создание векторных карт-схем масштабом 1:50 000 на территорию исследования в ПК ArcMap;

8) определение площади зарастания сельхозугодий лесной растительностью по векторным слоям-маскам.

Автоматическая векторизация (трансформация) растрового изображения тематической карты в векторный слой шейп-файла проводилась в программе ENVI 4.7. Каждый полученный полигональный векторный слой растительного покрова имеет заданные атрибуты полигонов, соответствующие значению класса растрового изображения ранее созданной тематической карты и свой цвет в соответствии с полученной легендой. Во избежание излишней дробности полученных полигональных слоев-масок молодняков сосны и березы на землях запаса и перераспределения и других масок сформированных классов изображений была проведена процедура генерализации классов в ПК ArcMap. Для генерализации полигональных слоев использовалась степень детализации, равная 0,5 га. Определение площади зарастания бывших сельскохозяйственных земель проводилось в ПК ArcMap с использованием векторного слоя-маски сосны и березы. Результатом всех работ явилось получение карты-схемы с распределением на ней участков, зарастающих древесной растительностью.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полученные с помощью ПК ENVI 4.7 и ArcMap тематические карты-схемы земель запаса и перераспределения, основанные на спутниковых снимках ALOS, прошли проверку на точность в соответствии с критериями, применяемыми большинством современных ученых, работающих в области геоинформационных систем и дистанционного зондирования. Коэффициент Каппа и коэффициент общей точности классификации матрицы различий в большинстве случаев достигали 0,75–0,85, что свидетельствует о высокой степени согласованности между легендами классов карт-схем по эталонным данным полевых исследований и выбранными случайным образом полигонами в пределах границ классов изображений

[11]. Такая точность проведенных натурных и камеральных исследований позволяет рекомендовать полученные карты-схемы лесохозяйственному производству Республики Марий Эл, что обеспечит обоснованное проведение работы по переводу этих земель в лесной фонд.

Анализ на космических снимках ALOS лесной растительности, произрастающей на землях запаса и перераспределения, позволил обобщить результаты и сделать выводы о масштабах происходящих сукцессий для различных районов Республики Марий Эл. В частности, большие территории зарастания молодняками березы и сосны на землях запаса и перераспределения были выявлены на территории Параньгинского и Сернурского муниципальных районов Республики Марий Эл (рис. 1 а, б), которые в советские годы широко использовались для производства сельскохозяйственной продукции. Сосновые молодняки, расположенные в пределах двух сцен спутниковых снимков ALOS, покрывающие этих два этих сельскохозяйственных района республики, занимают общую площадь 12,9 тыс. га, в то время как березовые молодняки на землях запаса и перераспределения этого региона являются преобладающими, достигая по площади 30,5 тыс. га.

В Оршанском и Килемарском муниципальных районах на брошенных сельскохозяйственных землях доминируют естественные березовые молодняки, площадь которых в пределах сцены спутникового снимка ALOS и картосхемы составляет 5,6 тыс. га и 3,7 тыс. га соответственно (рис. 1 в). Сосновые молодняки на землях запаса и перераспределения этих районов практически не встречаются, что было подтверждено многочисленными полевыми данными (трансекты) участников проекта.

В Юринском муниципальном районе на землях запаса и перераспределения, расположенных в основном на песчаных почвах вдоль реки Ветлуга, больше встречается молодняков сосны (2,3 тыс. га), чем березы (1,2 тыс. га). На территории лесного фонда Юринского лесничества береза в основном захватывает открытые участки (сенокосы, прогалины, вырубки и свежие гари) (рис. 1 г), на которых полностью или частично прекращена хозяйственная деятельность местных жителей и работников лесничества.

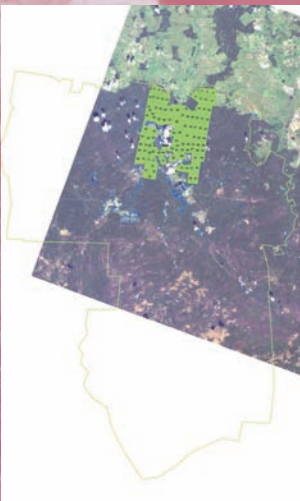
В целом результаты исследования показывают, что космические снимки ALOS высокого разрешения имеют высокую практическую значимость для классификации и



а



б



в



г

Рис. 1.
Картосхемы, сделанные на основе космического снимка ALOS, на территорию Параньгинского (а), Сернурского (б), Килемарского (в) и Юринского районов (г): синий цвет – зарастающие площади бывших сельхозугодий молодняками березы; оранжевый цвет – молодняки сосны; фиолетовые отметки – места закладки пробных площадей

картографирования лесных насаждений в Республике Марий Эл. В частности, они могут быть успешно применены для решения задач по выявлению и оценке площадей бывших сельскохозяйственных земель, зарастающих лесной растительностью. Береза является доминирующей породой на этих землях, в то время как сосна захватывает в основном территории на супесчаных почвах.

Естественные процессы зарастания земель запаса и перераспределения лесной растительностью продолжаются в Республике Марий Эл уже второе десятилетие. На этих землях происходит формирование высокоплотных и продуктивных березовых и сосновых насаждений. Возврат этих земель под сельскохозяйственное пользование потребует вклада значительных ресурсов (финансовых и людских) для вырубki и раскорчевки молодых лесных насаждений. В этой связи более целесообразно переводить такие участки в лесной фонд ближайших лесничеств, что позволит усилить охрану молодых лесных насаждений и повысить эффективность использования этих земель. Кроме того, увеличение лесного фонда лиственных и смешанных насаждений, которые являются более устойчивыми к лесным пожарам, будет также благоприятно сказываться на пожароопасной ситуации в Республике Марий Эл.

В классическом лесоводстве общепризнанной является аксиома о том, что естественное возобновление леса, в отличие от искусственных посадок, позволяет также сохранять их генетическое и биологическое разнообразие, сформировавшееся на занимаемых лесом территориях в течение нескольких столетий. Естественные насаждения более устойчивы к болезням и вредителям. Кроме того, они дают много других дополнительных выгод — рекреационных, климатических (Киотские леса), экономических (недревесная и древесная продукция леса). Авторский коллектив продолжает работу по оценке бывших сельскохозяйственных земель других районов Республики Марий Эл, что позволит сделать более глубокие и комплексные выводы о происходящих изменениях.

Список литературы

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ
2. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Марий Эл за 2008 г. / Министерство сельского хозяйства, продовольствия и природопользования Республики Марий Эл // Йошкар-Ола, 2009. — 210 с.
3. Гульбе А.Я. Процесс формирования молодых пород древесных пород на залежи в Южной тайге: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / А.Я. Гульбе. — Москва, 2009. — 23 с.
4. Уткин А.И. О наступлении лесной растительности на сельскохозяйственные земли в Верхнем Поволжье / А.И. Уткин, Т.А. Гульбе, Я.И. Гульбе, Л.С. Ермолова // Лесоведение. — 2002. — №5. — С. 44-52.
5. Eriksson E., Johansson T. Effects of rotation period on biomass production and atmospheric CO2 emissions from broadleaved stands growing on abandoned farmland // *Silva fennica*. — 2006. - № 40(4). — P. 603-613.
6. Liepins K. Naturally afforested agricultural lands in Latvia — assessment of available timber resources and potential productivity / K. Liepins, A. Lazdins, D. Lazdina, M. Daugaviete, O. Miezīte // *Environmental engineering. Proceedings of the 7th international conference*. — 2008. — P. 194-199.
7. Барталев С.А. Разработка информационной системы поддержки мониторинга состояния и динамики наземных экосистем Северной Евразии / С.А. Барталев, М.А. Бурцев, Е.А. Лупян, А.А. Прошин, И.А. Уваров // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. — М.: ИКИ РАН, 2004. — С. 131-139.
8. Lawes R.A., Wallace J.F. Monitoring an invasive perennial at the landscape scale with remote sensing // *Ecological Management & Restoration*. — 2008. — №9. — P. 53-59.
9. Программный комплекс ENVI: Учебное пособие. — М.: Совзонд. — 2009. — 320 с.
10. Курбанов Э.А. Пространственная динамика фитомассы березняков на бывших сельскохозяйственных землях Марийского Заволжья / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев, Л.С. Устюгова, А.В. Губаев, С.А. Лежнин, С.А. Незамаев // *Лесной журнал*. — Архангельск: Архангельский государственный технический университет. — №3 — 2010. — С. 8-14.
11. Verbula D.L. Satellite remote sensing of natural resources // CRC Press. — 2000, Levis Published. — P. 198.