СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЛЕСИСТОСТИ НА ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИК МОРДОВИЯ И МАРИЙ ЭЛ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КЛАССИФИКАЦИИ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ LANDSAT

Е.С. Вдовин, А.В. Каверин**, Е.Н. Стволкова***

**Государственное казенное учреждение Республики Мордовия*

«Саранское территориальное лесничество»,

***Национальный исследовательский Мордовский*

государственный университет имени Н.П. Огарева

г. Саранск, Россия, kaverinav@yandex.ru, vdovin_evgenii@inbox.ru

COMPARATIVE ASSESSMENT OF FOREST COVER IN THE REPUBLICS OF MORDOVIA AND MARI EL ACCORDING TO THE RESULTS OF THE LANDSAT SATELITE IMAGES CLASSIFICATION

E.S. Vdovin, A.V. Kaverin**, E.N. Stvolkova***

**State Governmental institution of the Republic of Mordovia*

"Saransk territorial forestry",

***National Research Mordovian state University*

Saransk, Russia, kaverinav@yandex.ru, vdovin_evgenii@inbox.ru

Abstract. The study presents the results of an assessment of forest cover of the territories of the republics of Mordovia and Mari El on the color classification results of multispectral Landsat 8 in comparison with the data of the state register of forests. The study highlights the problem of transformation of the structure of land due to natural afforestation of agricultural land. Emphasized the importance of managing the recovery process "wildlife" in the regions of compact residence of the Finno-Ugric peoples using the methods of ecological planning of land for the purpose of solving the reconstruction of the ethnic environment of the Finno-Ugric peoples.

Keywords: forest cover; remote sensing of the Earth; Landsat satellite images; GIS; monitoring of forests.

Введение. Говоря об актуальности нашего исследования, необходимо отметить, что многие решения по возрождению финно-угорских народов оказываются неверными в силу недоучета интегральности воздействия на человека всех составляющих этнической окружающей среды (природной, квазиприродной, артеприродной и социальной) [12] и неверного предположения, что одна из подсистем среды может заменить другие. Задачи возрождения и устойчивого развития финно-угорских народов заключаются в создании оптимального соотношения перечисленных четырех сред в системной интеграции окружающей человека среды [8].

В отношении природной среды известна концепция Л. Н. Гумилева [6] о том, что каждый этнос связан со своим ландшафтом как животное с незаменимой экологической нишей, а уничтожение специфического ландшафта приводит к исчезновению народа. Речь идет не о физическом истреблении или вырождении, а о потере важных специфических каркасов и пластов культуры. Изменение ландшафта влечет смену этноса, а смена населения вызывает коренные сдвиги в окружающей среде. Традиционно «кормящими ландшафтами» и «аренами жизни» для финно-угорских этносов были леса.

Целью работы является оценка объективного показателя лесистости территорий Республики Мордовия и Республики Марий Эл, как одного из основных характеристик ландшафта в контексте проблемы сохранения финно-угорских народов, а также выработка направлений дальнейших действий в области экологического планирования природопользования в регионах компактного проживания финно-угорских народов России.

Решаемые задачи.

1. подобрать многоспектральные космические снимки для дешифрирования;
2. провести классификацию спутниковых снимков с построением тематических карт лесов с разделением на площади, покрытые лесной и древесно-кустарниковой растительностью и не покрытые лесом и нелесные площади;
3. оценить точность полученных тематических карт и сравнить их с данными официальных источников;
4. проанализировать масштабы трансформации структуры угодий в исследуемых регионах в связи со стихийным облесением земель сельскохозяйственного назначения;
5. оценить необходимость создания системы лесоводственных мероприятий на сельскохозяйственных землях, направленных как на эколого-экономическую оптимизацию ландшафтов, так и на воссоздание этнической окружающей среды.

Решение поставленных задач. Обработка данных дистанционного зондирования (ДДЗ) – область, которая активно развивается уже много лет, и все теснее интегрируется с ГИС. В последнее время и в исследовательской деятельности широко используется космическая информация. Растровые данные являются

одним из основных типов пространственных данных в ГИС. Они могут представлять спутниковые снимки, аэрофотоснимки, регулярные цифровые модели рельефа, тематические grids, полученные в результате ГИС-анализа и геоинформационного моделирования [15]. Космические снимки – главный источник пространственной информации и данных для создания географических информационных систем (ГИС). Снимки дают возможность оперативно и регулярно получать информацию об объектах и их взаимосвязях, а также же процессах, происходящих на поверхности Земли [18].

Для проведения исследования с целью оценки лесистости использовались снимки Landsat 8, которые выбирались по дате их создания и параметру облачности равному 0%. Также отметим, что для территории Мордовии было достаточно двух сцен, а для территории Марий Эл – пяти сцен для того чтобы полностью охватить площадь республики. Основной снимок LandsatID: LC81740222014268LGN00, покрывающий большую часть Мордовии, был произведен 25 сентября 2014 г. Для Марий Эл основной снимок LandsatID: LC81720212013139LGN01, покрывающий большую часть республики, был произведен 19 мая 2013 г.

Для формирования однородных изображений на исследуемую территорию для всех снимков Landsat была проведена атмосферная коррекция в модуле FLAASH программного комплекса ENVI-4.7 [14].

Далее на основе полученных снимков в среде программы ENVI 4.7 были получены синтезированные изображения с комбинацией каналов для снимков с КА Landsat 8 – 7-5-3. Затем была создана мозаика из двух сцен по Мордовии, из пяти – для Марий Эл. Территории, выходящие за пределы изучаемых субъектов РФ, были удалены из обработки с помощью масок.

При классификации (дешифрировании) изображений с обучением использовался способ максимального правдоподобия. Для классификации указанным способом в среде программы ENVI 4.7 была создана обучающая выборка для двух классов: 1 класс - площади, покрытые лесной и древесно-кустарниковой растительностью, 2 класс – не покрытые лесом и нелесные площади [4].

Любое классифицированное изображение нуждается в постобработке, в ходе которой оценивается точность классификации, объединяются близкие классы, производится генерализация изображения для получения растровой или векторной карты. В программном комплексе ENVI есть полный ряд инструментов для удовлетворения этих требований.

Была проведена постклассификационная обработка (PostClassificationProcessing) с целью генерализации изображений с помощью процедуры Majority/MinorityAnalysis, а также проведена оценка точности на основе коэффициентов матрицы различий (ConfusionMatrix) [5].

Результаты классификации представлены на рис. 1, 2.

Рис. 1. Классифицированное изображение территории Мордовии со спутника Landsat 8 (светло-серый – площади, покрытые лесной и древесно-кустарниковой растительностью, темный – не покрытые лесом и нелесные площади)

Рис. 2. Классифицированное изображение территории Марий Эл со спутника Landsat 8 (светло-серый – площади, покрытые лесной и древесно-кустарниковой растительностью, темный – не покрытые лесом и нелесные площади)

Результаты исследования и их обсуждение.

Анализируя данные статистической отчетности с 1993 по 2013 г. можно сделать вывод о том, что лесистость Мордовии и Марий Эл за 20 лет практически не меняется, а именно составляет для 1993 г. – 26,0% и 52,7%, для 2013 г. – 26,5% и 53,6% соответственно.

По результатам дешифрирования лесистость Мордовии оказалась равной 37,1%, Марий Эл – 55,4%. Эти данные показывают превышение площади, занятой лесной и древесно-кустарниковой растительностью над площадью, зафиксированной в официальной отчетности и государственном лесном реестре (рис.3).

Рис. 3. Лесистость республик Мордовия и Марий Эл, определенная по спутниковым снимкам Landsat, в сравнении с данными государственного лесного реестра

Оценка общей точности классификации и коэффициент Каппа¹² составили для Мордовии 99,5% и 0,99, для Марий Эл 91,4% и 0,84 соответственно, что свидетельствует о высокой достоверности полученных данных (табл. 1).

Разница в площадях, занятых лесной и древесно-кустарниковой растительностью по данным государственного лесного реестра и по результатам классификации снимков с КА Landsat 8 связана с тем, что на землях сельскохозяйственного назначения естественное облесение никто и никак не учитывает. Стоит предположить, что выявленная разница по отношению к исследуемым территориям были бы несколько больше, если бы не последствия лесных пожаров, вызванных засухой 2010 г.

¹² Коэффициент Каппа – это мера согласия между двумя группами качественных измерений на одних субъектах. Если $K = 1$ – это совершенное согласие, если $K = 0$ – это не лучше, чем случайное согласие. На практике используют следующие соотношения: плохое и очень плохое совпадение при $k < 0,4$, удовлетворительное при $0,4 < k < 0,55$, хорошее при $0,55 < k < 0,7$, очень хорошее при $0,7 < k < 0,85$ и отличное при $k > 0,85$.

Значения точности классификации для результатов классификации

Название класса	Значение точности классификации по методу максимального правдоподобия для территории (%)	
	Мордовии	Марий Эл
площади, покрытые лесной и древесно-кустарниковой растительностью	99,5	99,0
не покрытые лесом и нелесные площади	99,5	83,3
среднее по всем классам	99,5	91,4

Таким образом, можно констатировать факт стихийного облесения территорий изучаемых субъектов РФ. Однако этим процессом можно и нужно управлять. Поскольку естественное облесение на территории бывших сельскохозяйственных угодий без управления человеком идет медленно и не всегда в нужном направлении. Изучение динамики формирования насаждений на землях, исключенных из сельскохозяйственного использования, является важной и актуальной задачей, позволяющей минимизировать ущерб, наносимый экономике страны сокращением площади сельскохозяйственных угодий и повысить эффективность ведения лесного хозяйства.

Теоретически установлено и практически подтверждено, что для каждого региона характерны оптимальные для хозяйства и природы соотношение интенсивно и экстенсивно используемых угодий – компонентов ландшафта и, в первую очередь между лесными и сельскохозяйственными [1–3, 7–9, 13, 16, 17, 19].

В Мордовии, как и на территории Марий Эл, с «советских времен» имеет место излишняя распаханность [10, 11], которая и экологически, и экономически обедняет природно-территориальный комплекс региона. Этот показатель продолжает оставаться на неоправданно высоком уровне из-за одностороннего, чисто экономического подхода к землеустроительному делу, и сохраняющего силу административного стиля управления в сельском хозяйстве, демонстрирующего незаинтересованность перевода из-под пашни в пастбища, сенокосы, сады и тем более, облесение земельных участков даже с самыми низко плодородными, эродированными почвами.

Однако, в соответствии с экологическим законом Б. Коммонера «природа берет свое». За последние 20 лет в структуре землепользования практически всех субъектов Российской Федерации объективно происходят очевидные стремительные изменения. Стихийно зарастают преимущественно малоценными лесными породами (осина, береза, ива и т.п.) значительные массивы сельскохозяйственных угодий. В этой связи с позиции общегосударственных интересов высоко актуальна необходимость разработки научно-обоснованной системы лесохозяйственных мероприятий направленных на выращивание высокопродуктивных и устойчивых насаждений из ценных пород деревьев (дуб, сосна, лиственница и др.).

Положительный отечественный и зарубежный опыт показывает [2], что лесоразведение на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования, имеет ряд значительных преимуществ по сравнению в лесовосстановлении на землях лесного фонда, а именно:

1. создание оптимального породного состава древостоя при использовании небольшого количества посадочного материала, что позволяет сократить затраты на лесовосстановление не менее чем в 3 раза;
2. посадка привитых саженцев из семян элитных деревьев на подготовленных почвах обеспечивает более интенсивный прирост объема целевой древесины;
3. замена мягколиственных пород (березовых и осиновых) на дубовые, сосновые и лиственничные будет соответствовать интенсивному воспроизводству лесных ресурсов и позволит повысить средний прирост древесины улучшенного качества на каждом гектаре не менее чем в 1,5 раза.

Каждый регион, как и все человечество, стоит перед беспрецедентной проблемой выработки стратегии своего выживания на планете. Эта стратегия перехода к эпохе ноосферы – реализации условий коэволюции природы и общества. Применительно к конкретным регионам она согласуется со стратегией биологического регулирования окружающей среды, когда обеспечение устойчивого развития социо-экологических систем достигается за счет экологизации продукционного средообразующего процесса в ландшафтах. Восстановление «дикой» природы и традиционного хозяйства в истинно культурных ландшафтах, на основе экологического планирования регионального природопользования будет способствовать возрождению коренного населения, а значит и укреплению самобытности народов. Развитие деятельности в этом направлении необходимо, ибо потеря национальных культур обеднит глобальную культуру человечества.

Выводы.

1. Исследования показали значимость и высокую приемлемость данных среднего разрешения Landsat 8 и программного геоинформационного комплекса ENVI для определения лесистости изучаемых территорий.
2. Достоверность результатов оценки лесистости по результатам классификации снимков Landsat 8 подтверждена высокими показателями точности и коэффициента Каппа, определенных в среде ENVI-4.7.

3. Проведенное исследование показывает, что на территории Мордовии и Марий Эл протекают значительные изменения в структуре землепользования, которые оказывают существенное влияние на сукцессионные процессы в растительном покрове. Для территории Мордовии эти изменения характерны в большей степени.

4. В связи с указанными коренными изменениями в структуре угодий изучаемых территорий необходимо создание системы лесоводственных мероприятий на сельскохозяйственных землях, направленных как на эколого-экономическую оптимизацию ландшафтов, так и на воссоздание этнической окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК REFERENCES

1. Алпатьев, А.М. Влагообороты в природе и их преобразования/А.М. Алпатьев. - Л.: Гидрометеоздат, 1969 – 269 с.

Alpatev A.M. *Vлагоoboroty v prirode i hpreobrazovaniya* [Hydrologic cycles in nature and their transformation]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1969. 269 p. (In Russian).

2. Атрохин, В.Г. Формирование высокопродуктивных насаждений/В.Г. Атрохин. –М.: Лесная промышленность, 1980г. – 383 с.

Atrohin V.G. *Formirovanie vyisokoproduktivnykh nasazhdeniy* [Formation of highly productive stands]. Moscow, Lesnaya promyshlennost, 1980. 383 p. (In Russian).

3. Бауэр, Л. Забота о ландшафте и охрана природы/ Л. Бауэр, Х. Вайничке – М.: Прогресс, 1971г. – 264 с.

Bauer L., Vaynichke H. *Zabota o landshafte i ohrana prirody* [Caring for the landscape and nature conservation]. Moscow, Progress, 1971. 264 p. (In Russian).

4. Вдовин Е.С. К вопросу оптимальной лесистости на территории Мордовии/ Е.С. Вдовин, А.В. Каверин// Экология и природопользование: прикладные аспекты: материалы VВсероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2015. С. 59-63.

Vdovin E.S. *K voprosu optimalnoy lesistosti na territorii Mordovii* [To the question of optimal forest on the territory of Mordovia] *Ekologiya i prirodopolzovanie: prikladnyi easpekty: materialyi V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnyim uchastiem*. [Ecology and environmental management: applied aspects: proceedings of the V all-Russian scientific-practical conference with international participation]. Ufa: BSPU, 2015. Pp. 59–63. (In Russian).

5. Вдовин, Е.С. Точность определения площадей лесных страт по результатам классификации спектрозональных снимков на территории республики Марий Эл / Е.С. Вдовин // Ежемесячный научный журнал – СПб: Общественная научная организация «Наука и хозяйство». – 2015. – № 2 (7). – С. 17–21.

Vdovin E.S. *Tochnost opredeleniya ploschadey lesnykh strat po rezultatam klassifikatsii spektrozonalnykh snimkov na territorii respubliki Mariy El* [The accuracy of determination of areas of forest strata according to the results of classification of multispectral imagery in the territory of the Republic of Mari El] *Ezhemesyachnyi nauchnyi zhurnal* [Monthly scientific journal]. SPb: Public research organization "Science and industry", 2015. №2(7). Pp. 17–21. (In Russian).

6. Гумилев, Л.Н. География этноса исторический прогноз / Л.Н. Гумилев. – Л.: Наука, 1990. – 287 с.

Gumilev L.N. *Geografiya etnosa i istoricheskii prognoz* [Geography ethnicity and historical outlook]. Leningrad, Nauka, 1990. 287 p. (In Russian).

7. Исаченко, А.Г. Оптимизация природной среды (географический аспект)/А.Г. Исаченко. – М. Мысль, 1980. – 264 с.

Isachenko A.G. *Optimizatsiya prirodnoy sredy (geograficheskii aspekt)* [Optimization of the natural environment (geographical aspect)]. Moscow: Myisl, 1980. 264 p. (In Russian).

8. Каверин, А.В. Возрождение этноса: экологическая концепция/ А.В. Каверин// Возрождение мордовского народа. –Саранск: НИИ регионологии, 1995. С. 74–76.

Kaverin A.V. *Vozrozhdenie etnosa: ekologicheskaya kontseptsiya* [The revival of the ethnic group: environmental concept]. *Vozrozhdenie mordovskogo naroda* [Revival the Mordovian people]. Saransk: Scientific Research Institute of regionology, 1995. Pp. 74–76. (In Russian).

9. Каверин, А.В. Кадастровый учет природных ресурсов сельского хозяйства как обязательная предпосылка устойчивого развития аграрных регионов / А.В. Каверин, В.Ф. Манухов, А.Н. Ильинов// Интеркарто-ИнтерГИС-10: устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение и практический опыт. Материалы Международной конференции. – 2004. – С. 57–62.

Kaverin A.V. *Kadastryi uchet prirodnih resursov selskogo hozyaystva kak obyazatel'naya predposylka ustoychivogo razvitiya agrarnykh regionov* [Cadastre of natural resources of agriculture as an indispensable requirement for sustainable development of agricultural regions] *Interkarto/InterGIS 10: ustoychivoerazvitieterritoriy: geoinformatsionnoe obespechenie i prakticheskii opyt. Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii* [InterCarto-InterGIS-10: sustainable development of territories: GIS software and practical experience. Proceedings of the International conference]. 2004. Pp. 57–62. (In Russian).

10. Каверин, А.В. Экологические аспекты использования агроресурсного потенциала (на основе концепции сельскохозяйственной экологии) / А.В. Каверин. – Саранск: Изд-во Морд.ун-та, 1996. – 220 с.
- Kaverin A.V. *Ekologicheskie aspekty ispolzovaniya agroresursnogo potentsiala (na osnove kontseptsii selskohozyaystvennoy ekonomii)* [Environmental aspects of agroresource potential]. Saransk: Publishing House of Mordovian state University, 1996. 220 p. (In Russian).
11. Каверин, А.В. Экологическое планирование использования земельных ресурсов Мордовии / А.В. Каверин // Вестник Мордов.ун-та. – 1992. – №4. – С.57–62.
- Kaverin A.V. *Ekologicheskoe planirovanie ispolzovaniya zemelnykh resursov Mordovii* [Ecological land-use planning Mordovia]. *Vestnik mordovskogo universiteta* [Bulletin of Mordovian state University]. 1992. №4. Pp. 57–62. (In Russian).
12. Каверин, А.В. Этническая окружающая среда и традиционное природопользование: их роль в возрождении и сохранении коренного населения / А.В. Каверин, Е.И. Кручинкина // Финно-угорское пространство в туристическом измерении: Матер. 1 – ой Междунар. науч.- практ. конф. – 2011. – С. 26–30.
- Kaverin A.V., Kruchinkina E.I. *Etnicheskaya okruzhayushchaya sreda i traditsionnoe prirodopolzovanie: ih rol v vozrozhdenii i sohranении korenного naseleniya* [Ethnic environment and traditional nature: their role in the revival and preservation of indigenous peoples]. *Finno-ugorskoe prostranstvo v turisticheskoy izmerenii: Mater. 1 – oy Mezhdunar. nauch.-prakt. Konf.* [Finno-Ugric space tourist dimension: Mater. 1st Intern. Scient.-Pract. Conf.]. 2011. Pp. 26–30. (In Russian).
13. Кочуров, Б.И. Экологически безопасное и сбалансированное развитие региона / Кочуров Б.И. // Известия АН. Серия географическая. – 2001. – №4. – С. 87–92
- Kochurov B.I. *Ekologicheskibeзопасnoe isbalansirovannoerazvitieregiona* [Environmentally sound and balanced development of the region]. *Izvestiya AN. Seriya geograficheskaya* [Proceedings of the Academy of Sciences. Geographical Series]. 2001. №4. Pp. 87–92. (In Russian).
14. Курбанов, Э.А. Тематическое картирование и стратификация лесов Марийского Заволжья по спутниковым снимкам Landsat / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев, С.А. Незамаев и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Лес. Экология. Природопользование». – 2013. – №3. – С. 82–92.
- Kurbanov E.A. *Tematicheskoy kartirovanie i stratifikatsiya lesov Mariyskogo Zavolzhyia po sputnikovyim snimkam Landsat* [Thematic mapping and stratification of forests in middle zavolsgie by landsat satellite images] *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. Seriya «Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie»* [Bulletin of the Volga region state technological University. A Series Of "Forest. Ecology. Environmental management"]. 2013. №3. Pp. 82–92. (In Russian).
15. Манухов, В.Ф. Использование космической информации в процессе учебно-исследовательской деятельности студентов / В.Ф. Манухов, Н. А. Варфоломеева, А. Ф. Варфоломеев // Геодезия и картография. – 2009. – №7. – С. 44–48.
- Manuhov V.F. *Ispolzovanie kosmicheskoy informatsii v protsesse uchebno-issledovatel'skoy deyatel'nosti studentov* [The use of space-based information in the process of teaching and research activities of students] *Geodeziya i kartografiya* [Geodesy and cartography]. 2009. №7. Pp. 44–48. (In Russian).
16. Молчанов, А.А. Оптимальная лесистость (на примере ЦЧР) / А.А. Молчанов. – М.: Наука, 1966. – 126 с.
- Molchanov A.A. *Optimalnaya lesistost' (na primere TsChR)* [Optimal percentage of forest land]. Moscow: Nauka, 1966. 126 p. (In Russian).
17. Реймерс, Н.Ф. Принципы экологического планирования и прогнозирования / Н.Ф. Реймерс // Итоги науки и техники. – М.: ВИНТИ, 1973. – Т.4. – С.41–74.
- Reimers N.F. *Printsipy ekologicheskogo planirovaniya i prognozirovaniya* [Principles of environmental planning and forecasting]. *Itogi nauki i tekhniki* [Results of Science and Technology]. Moscow: VINITI, 1973. T. 4. Pp. 41–74. (In Russian).
18. Росаякина, Е.А. Обработка данных дистанционного зондирования земли в гис-пакете Arcgis [Электронный ресурс] / Е.А. Росаякина, Н.Г. Ивлиева // Ogarev-online. – Саранск, 2015. – №4. – С. 1–9. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/wp-content/uploads/2015/02/Statya-Rosyajkina-Ivlieva11.pdf> – Загл. с экрана (дата обращения: 15.04.2015).
- Rosyaikina E.A. *Obrabotka dannykh distantsionnogo zondirovaniya zemli v gis-pakete Arcgis* [Data processing of remote sensing in a GIS package Arcgis] *Ogarev-online* [The Ogarev-online]. Saransk. 2015. №4. Pp. 1–9. URL: <http://journal.mrsu.ru/wp-content/uploads/2015/02/Statya-Rosyajkina-Ivlieva11.pdf> (Reference date: 15.04.2015). (In Russian).
19. Тарасенко, В.П. Комплексная оценка и пути формирования оптимальной лесистости европейской части СССР: Автореф. дис... докт. с.-х. наук. – Л., 1983. 42 с.
- Tarasenko V.P. *Kompleksnaya otsenka i puti formirovaniya optimalnoy lesistosti yevropeyskoy chaste SSSR*: autoref. Doct. Agr. Sci. [Complex estimation and ways of forming the optimal percentage of forest land of the European part of the USSR: autoref. for a Doctor degree (Agriculture)]. Leningrad, 1983. 42 p. (In Russian).