

КИСЛЯКОВА Н. А., КОЛЕСНИКОВА А. А.

**РАЗРАБОТКА КАТАЛОГА КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИРОДНЫХ И
АНТРОПОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ИХ ДЕШИФРОВОЧНЫХ ПРИЗНАКОВ
НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ**

Аннотация. В статье представлена идея разработки и создания каталога космических изображений на территорию Республики Мордовия, на которых отображаются основные природные и антропогенные объекты региона. Включено описание дешифровочных признаков, способствующих распознаванию объектов в соответствии с составленной классификацией по цветным синтезированным и разновременным космическим снимкам среднего и высокого пространственного разрешения.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования, дешифровочные признаки, космические снимки, использование земель, Республика Мордовия.

KISLYAKOVA N. A., KOLESNIKOVA A. A.

**DEVELOPMENT OF SPACE IMAGE CATALOG OF NATURAL AND
ANTHROPOGENIC OBJECTS AND THEIR INTERPRETATION FEATURES:
A STUDY OF THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF MORDOVIA**

Abstract. The article presents the idea of creating a catalog of space images of the territory of the Republic of Mordovia, which depict the main natural and anthropogenic objects of the region. Description of the decoding features which contribute to the recognition of objects according to the compiled classification, according to the color synthesized and multi-temporal space images of medium and high spatial resolution.

Keywords: remote sensing data, interpretation features, satellite images, land use, the Republic of Mordovia.

В настоящее время космические снимки широко применяются в самых разнообразных областях деятельности человека. Данные дистанционного зондирования (ДДЗ) Земли являются актуальным источником для формирования баз пространственных данных, обновления тематических карт, мониторинга природных и хозяйственных процессов, решения задач рационального использования природных ресурсов [3; 4; 7; 8; 10].

За десятки лет существования искусственных спутников Земли и систем дистанционного зондирования Земли из космоса было собрано огромное количество изображений земной поверхности. Для их интерпретации были разработаны методики дешифрирования космических снимков, классификаторы использования земель, выявлены

дешифровочные признаки объектов земной поверхности [1; 4; 9; 11]. Несмотря на это, в мире очень мало проектов, в которых были бы закреплены примеры изображений объектов на отдельно взятую территорию. Чаще всего – это законодательные документы, которые фиксируют официальный или даже юридический статус такой территории, реже – работы по определению эталонов дешифрирования отдельных объектов по космоснимкам [6; 8; 10]. Поэтому в представленной работе начата практическая реализация идеи разработки и создания каталога дешифровочных признаков для объектов земной поверхности на примере конкретной территории, а именно – Республики Мордовия (РМ).

Для выполнения поставленной задачи был проведен предварительный анализ нескольких источников ДДЗ, находящихся в свободном доступе. Старейшей коллекцией бесплатных разнообразных ГИС-данных обладает USGS (Служба геологической съёмки США), LandViewer (<https://eos.com/landviewer>), сервис EO Browser, приложение Google Earth [5]. В процессе выбора материалов космической съёмки было выявлено, что наиболее подходящими датами съёмки для определения большинства объектов земной поверхности является осенний период. В сухую ясную погоду объекты на снимках отображаются более четко, с гораздо большей долей вероятности определяются их границы. Исключение могут составить лишь заболоченные территории и водные объекты. Для определения таких объектов и их границ лучше подходят весенние снимки периода конца апреля – начала мая.

Основными объектами земной поверхности территории РМ, которые находят отображение на космических снимках, являются: лес; распаханые территории; водные объекты, в частности – реки; населенные пункты [2; 8; 10].

При более тщательном рассмотрении ДДЗ дополнительно на территорию РМ можно идентифицировать заболоченные территории и наиболее крупные производственные объекты. Также можно обнаружить озера и выявить особенности их происхождения [8], разграничить участки лиственного и хвойного леса, определить крупность населенных пунктов.

Таким образом, было сформировано шесть групп объектов: населенные пункты, сельскохозяйственные территории, леса, водные поверхности, заболоченные территории, промышленные объекты. Территория РМ довольно разнообразна в ландшафтном и социально-экономическом отношении, поэтому только шести групп объектов для составления классификации оказалось недостаточно. В связи с этим, перечисленные группы объектов составили Уровень 1, а далее внутри каждой группы объектов этого уровня были выделены классы объектов, которые составили Уровень 2. Для наглядности объекты Уровня 1 и Уровня 2 представлены в таблице.

Соотношение объектов Уровня 1 и Уровня 2

Уровень 1	Уровень 2
Населенные пункты	Город
	Поселок городского типа
	Село
	Деревня
Сельскохозяйственные территории	Пашни и пастбища
	Питомники, сады
	Животноводческие фермы
Леса	Хвойный лес
	Смешанный лес
	Вырубки
	Выгоревшие территории (гари)
Водные поверхности	Реки
	Озёра пойменные
	Озёра карстовые
Заболоченные территории	Лесные заболоченные территории
	Торфяные болота
Промышленные объекты	Добыча песка
	Объекты деревообработки

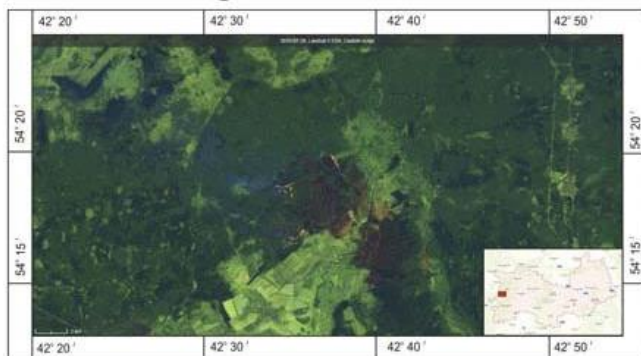
Для определения объектов природного и антропогенного характера был применён метод визуального дешифрирования космических снимков [1; 4; 6; 9; 11]. Он требует большой визуальной натренированности в области изображений земной поверхности как из космоса, так на аэрофотоснимках. Все снимки, которые используются в данной работе, представляют собой цветные синтезированные изображения. Для большинства из них применялась комбинация съёмочных каналов в естественных цветах – 4, 3, 2 или 3, 2, 1, где 1 соответствует синей области спектра, 2 – зелёной, 3 – красной области спектра, 4 – области ближнего инфракрасного (ИК) излучения. Именно в этих комбинациях объекты местности принимают наиболее привычные для человеческого глаза цветовые характеристики.

Исключение составили такие объекты, как очаги лесных пожаров и выгоревшие территории. Для определения непосредственного очага возгорания лучше всего подходит комбинация с преобладанием ИК съёмочных каналов среднего диапазона (7, 5, 2), а на

снимке, представленном в естественной комбинации, можно проследить только степень задымления территории. Последствия же пожаров дает возможность оценить комбинация 5, 2, 5 (см. рис. 1). Здесь 5, 7 – области среднего и дальнего ИК излучения.

Лесные массивы

Лесные пожары



Лесные пожары - это явление, которое требует особого внимания и оперативности.
 На снимках в естественной комбинации съёмочных каналов (2) можно увидеть только задымление. Чтобы установить нахождение очагов пожара, необходимо представить снимок в комбинации 7,5,2 с преобладанием инфракрасных диапазонов съёмки (3, основной снимок). На таких изображениях видны не только очаги возгораний, но и выгоревшие территории. Они отличаются по цвету, участки оранжево-коричневого цвета.
 По временному ряду снимков можно проследить, как развивался пожар и каковы последствия. На нижнем снимке (4), представленном в комбинации 5,2,5 сгоревшие участки отображаются серым цветом.

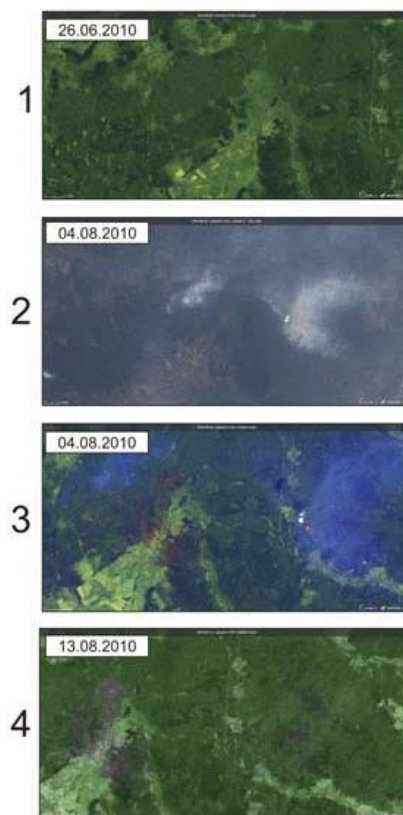


Рис. 1. Влияние комбинации съёмочных каналов на обнаружение очагов возгорания и на возможность оценить последствия.

Следующей методикой дешифрирования, применимой ко всем без исключения объектам, является дешифрирование по разновременным (разносезонным) снимкам [1; 2; 4; 9; 11]. Для территории РМ эта методика особенно актуальна, так как республика расположена в умеренном климатическом поясе и для неё характерна смена всех четырех сезонов года. Также особенностью исследуемой территории является преобладание облачности именно в летний период. Таким образом, лучше всего для дешифрирования объектов подходят снимки середины весны или начала осени. Именно в эти периоды растительность не мешает определять границы объектов, прежде всего таких, как населённые пункты или реки и озера.

На точность определения объектов, конечно же, влияет пространственное разрешение космических снимков [1; 4; 9; 11]. В нашей работе были использованы снимки, как среднего, так и высокого пространственного разрешения. Подавляющая часть объектов определяется

по снимкам среднего пространственного разрешения, но для большей надежности результатов дешифрирования желательно применять снимки высокого разрешения. Наибольшее значение это имеет для выявления населенных пунктов и определения болот и заболоченных территорий, достаточно широко распространенных в республике.

Крупные населенные пункты хорошо проявляются на космических снимках благодаря своей пестрой текстуре. А небольшие села и деревни определяются по снимкам среднего пространственного разрешения только по разграниченным приусадебным участкам, но иногда и этого бывает недостаточно. В таких случаях требуется наличие дополнительных источников (таких как аэрофотоснимки и топографические карты) [2; 10].

На территории РМ широко распространены пахотные земли. Сельскохозяйственные поля легко определяются по своей правильной геометрической форме. Как правило, они разделены лесополосами. Животноводческие фермы можно определить по характерному взаимному расположению построек, которые, в свою очередь, отличаются от жилых домов размерами, яркостью, наличием огороженного участка (загона) для выпаса скота (см. рис. 2).

Сельскохозяйственные территории

Животноводческие фермы

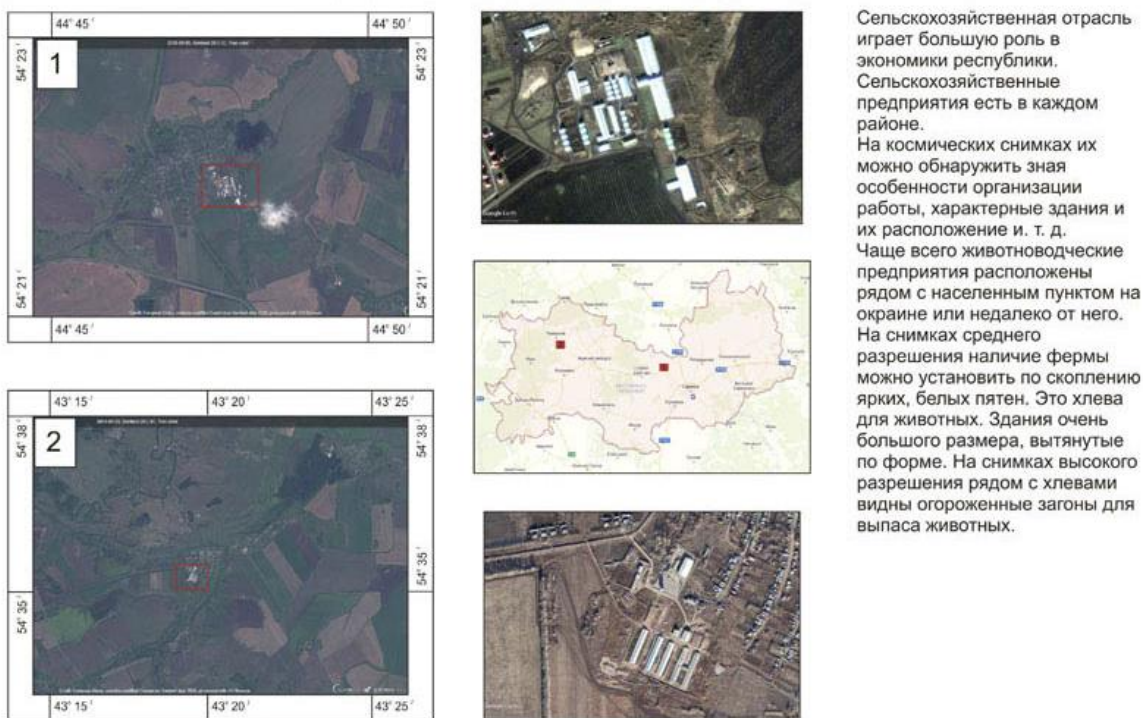


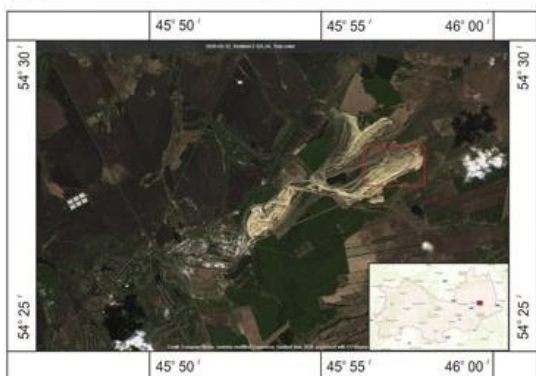
Рис. 2. Сельскохозяйственные объекты Мордовии на космических снимках:
животноводческая ферма.

На космических снимках территории РМ можно выявить такие объекты, как питомники саженцев плодовых деревьев, а также специализированные питомники по подготовке саженцев для восстановления леса и других рекреационных мероприятий. Такие питомники можно определить по особой структуре, связанной с особенностью разведения и ухода за молодыми растениями.

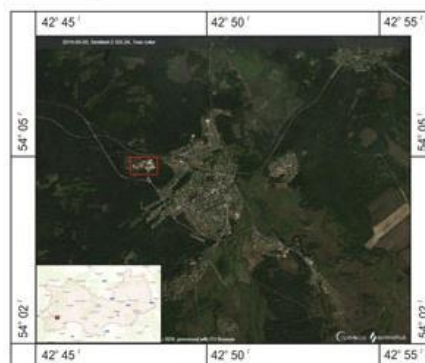
Леса на территории РМ представлены хвойными и лиственными породами. По космическим снимкам можно разграничить границы массивов и тех, и других. Хвойные породы обычно отображаются в более темных тонах, чем лиственные. В естественной комбинации съемочных диапазонов они даже могут иметь коричневатый, фиолетовый или серый оттенок.

Из промышленных производств, которые можно определить по космическим снимкам, стоит отметить карьер по добыче песка рядом с поселком Комсомольский в Чамзинском районе и деревообрабатывающие предприятия в Зубово-Полянском районе. Причем последние можно точно определить только при наличии снимков высокого пространственного разрешения (рис. 3).

Производственные объекты Промышленная добыча песка



Предприятие деревообработки и заготовки древесины



Производственные объекты определить по космическим снимкам не так просто. Только если у них есть какие-либо характерные особенности, как на представленных снимках.

Карьеры по добыче песка определяются по яркому белому или песочному цвету. Также по полосчатой структуре, характерной для открытых разработок. Предприятия по деревообработке уверенно дешифрировать можно только по снимкам высокого разрешения. Но даже в этом случае необходимо использовать косвенные признаки. В первую очередь, это расположение, либо непосредственно в лесу, либо недалеко от лесных территорий. Особенностью такого производства является яркий оранжевый цвет от опилок, которыми покрыта территория возле предприятия.

Рис. 3. Промышленные объекты на космических снимках:
добыча песка (слева), деревообрабатывающее предприятие (справа).

Карьеры по добыче песка определяются на снимках по цвету и полосчатому рисунку, характерному для разработок открытых горных выработок. Предприятие по обработке и заготовке древесины также определяется по цвету, желтым или красноватым оттенкам от опилок и наличию бревен, уложенных в штабеля.

Таким образом, для каталога космических изображений природных и антропогенных объектов было подготовлено 35 космических снимков. Для оформления каталога был разработан общий макет компоновки. Он представлен на рисунке 4.

Раздел каталога (Уровень 1)

Объект исследования (Уровень 2)

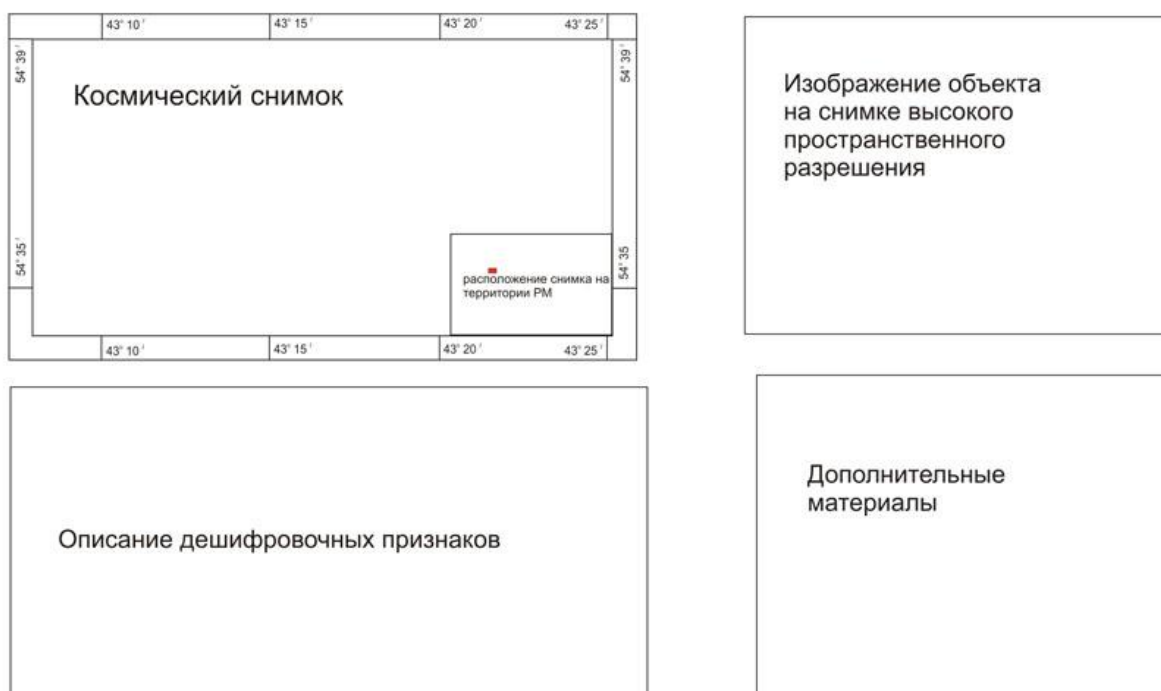


Рис. 4. Макет компоновки каталога дешифровочных признаков территории Республики Мордовия.

В зависимости от особенностей того или иного объекта или явления в компоновку могут быть внесены незначительные изменения. Чаще всего это было вызвано необходимостью размещения дополнительных снимков, использованных для большей наглядности и более достоверного определения объектов.

Полученный каталог дешифровочных признаков может применяться для дешифрирования объектов, распространенных не только на территории Республики, но и для объектов соседних регионов, расположенных в наиболее приближенных природных и социально-экономических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балдина Е. А., Лабутина И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков. – М.: «КДУ», «Добросвет», 2021. – 269 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bookonlime.ru/node/6333> (дата обращения 18.11.2021). DOI: 10.31453/kdu.ru.978-5-7913-1163-4-2021-269.
2. Варфоломеев А. Ф., Кислякова Н. А. Использование космической информации в географических и краеведческих исследованиях территории Республики Мордовия // Теория и практика гармонизации взаимодействия природных, социальных и производственных систем региона: Мат-лы межд. науч.- практич. конф. – Саранск, 2017. – С. 164-171.
3. Варфоломеев А. Ф., Кислякова Н. А., Шпак Д. Д. Возможности сети Интернет для получения космической информации для территории Республики Мордовия [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2021. – № 5. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/vozmozhnosti-seti-internet-dlya-polucheniya-kosmicheskoy-informacii-dlya-territorii-respubliki-mordoviya> (дата обращения 18.11.2021).
4. Книжников Ю. Ф. Кравцова В. И., Тутубалина О. В. Аэрокосмические методы географических исследований: Учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Академия. – 2004. – 336 с.
5. Пять источников бесплатных спутниковых снимков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sovzond.ru/press-center/articles/ers/5823/> (дата обращения 18.11.2021).
6. Тесленок С. А., Родин А. В., Жирнов С. А., Тесленок К. С. Эталоны визуального дешифрирования космоснимков ключевых участков хозяйств Акмолинского Приишимья // XL Огаревские чтения: материалы науч. конф. : в 3 ч. Ч. 2. Естественные науки. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2011. – С. 262-266.
7. Тесленок К. С., Тесленок С. А. Технология получения аэрокосмической информации для решения проблем природопользования // Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: сб. статей XIII Междунар. науч.-практич. конф. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015 – С. 90-94.
8. Ткачёва А. Ю., Алферина А. В., Тесленок С. А. Анализ топографических карт и космоснимков навигационной программы SAS. Планета с целью выявления изменений гидрографической сети на территории города Инсар [Электронный ресурс] // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. – 2019. – № 2 (14). – С. 85-95. – Режим доступа: <http://vnzsvfu.ru/wp-content/uploads/2019/07/A.Yu.-Tkachёva-A.V.-Alferina-S.A.-Teslenok.-Analiz->

топографических-карт....pdf (дата обращения 18.11.2021). DOI: 10.25587/SVFU.2019.14.35450.

9. Токарева О. С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 148 с.

10. Чинаев С. С., Тесленок С. А. Использование карт и данных дистанционного зондирования при изучении территориальных изменений в использовании земель [Электронный ресурс] // Структура, динамика и функционирование природно-социально-производственных систем: наука и практика: межвуз. сб. науч. тр. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2018. – С. 111-119. – Режим доступа: http://openedo.mrsu.ru/catalog/Estestvennie/2018/struktura_dinamika_i_funkcionirovanie_pri_rodno-socialno-proizvodstvennyh_sistem.pdf (дата обращения 18.11.2021).

11. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображений. – М.: Техносфера. 2010. – 560 с.