ble to detect and catalog waste disposal sites around and within settlements. Most effective method of monitoring is the use of different-time maps to identify the dynamics of the growth of garbage dumps. Earth remote sensing and GIS tools allow municipal services and research associations to count the areas occupied by unauthorized waste storage facilities, to make timely amendments to the land cadaster, and to respond appropriately, as soon as possible, by the standards of cataloging. This research has been based on the use of high-resolution images that are publicly available, and their analysis using simple GIS tools that are accessible to the public.

#### **KEYWORDS:**

waste, hazard class, landfill, images from space

#### REFERENCES

- 1. Varlamov A.A., Gal'chenko S.A. Zemel'nyy kadastr. T. 6. Geograficheskiye i zemel'nyye informatsionnyye sistemy: ucheb. posobiye [Land Registry. Volume 6. Geographical and land information systems: a textbook]. Moscow: Koloss, 2005, 400 p. (in Russian).
- 2. Sheina S.G., Babenko L.L., Nedel'ko S.S., Kobaliya N.B. Sistema upravleniya tverdymi bytovymi otkhodami s ispol'zovaniyem GIS-tekhnologiy [The control system of solid waste with using GIS technology], Inzhenernyy vestnik Dona, 2012, № 4–2, pp. 171 (in Russian).

УДК 528.88 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-111-119

# А.В. Скрипчинский1

# ОПЫТ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОСНОВЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В СЕВЕРО-КАВКАЗСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

### **АННОТАЦИЯ**

В статье рассмотрены основные виды космического мониторинга, проводимого в Северо-Кавказском федеральном университете. На основе общедоступных и принимаемых на собственную станцию космических снимков проводятся разнообразные виды мониторинга в интересах контрольно-надзорных органов: недропользования, землепользования, эрозионных процессов и лесов. Мониторинговые исследования базируются на ретроспективном анализе. В работе представлены результаты двух видов мониторинговых исследований. На основе открытых данных Министерства природных ресурсов и окружающей среды Ставропольского края производился космический мониторинг недропользования. Эти данные легли в основу сформированной географической базы данных по всем общедоступным месторождениям полезных ископаемых края, которая была дополнена информацией о разработке недр на основе снимков Spot 6/7 за 2015-2016 годы. По отдельным объектам по запросу судебных органов проводились углублённые наблюдения с увеличенным количеством хроносрезов. По результатам мониторинговых наблюдений выявлены основные проблемы – связанные как с нарушением границ, так и с неполнотой основных характеристик земельных участков. В интересах Министерства сельского хозяйства края на основе картографического материала банка данных о наличии земель от 1992 г. реализуется мониторинг землепользования. На примере одного из хозяйств края была разработана методика выявления трансформиро-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», институт математики и естественных наук; 355009, Россия, Ставрополь, ул. Пушкина, 1, e-mail: ron1975@list.ru

ванных природных кормовых угодий и определён временной период этих изменений. Выявлены площади распаханных пастбищ, что впоследствии позволит оценить объём урожая, полученный с этих земель. Определены роль и качество исходных картографических данных и предложен способ их замещения на основе космической информации.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

космический мониторинг, недропользование, землепользование

## **ВВЕДЕНИЕ**

В 2013 году в Северо-Кавказском федеральном университете (СКФУ) вступила в строй наземная станция приёма космической информации УниСкан 36 и был создан Ресурсный центр аэрокосмических и геоинформационных технологий. Станция позволяет принимать данные дистанционного зондирования Земли различного пространственного разрешения. На первом этапе был организован приём информации со спутников Terra/MODIS, Aqua/MODIS и Suomi NPP. В 2015 году начал осуществляться приём космической информации со спутников Spot 6/7. С использованием программного обеспечения для обработки космических снимков Scanex Spot Tools, ScanMagic и Scanex ImageProcessor проводится комплексный космический мониторинг. Он осуществляется в интересах Следственного комитета по Ставропольскому краю, Министерства сельского хозяйства Ставропольского края, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края, Федеральной службы по надзору в сфере природопользования Ставропольского территориального отдела и Федеральной службы Россельхознадзора по Ставропольскому краю и Карачаево-Черкесской Республике. Мониторинговые исследования реализуются по ряду направлений, среди которых можно выделить следующие приоритетные: недропользования и землепользования в части трансформации природных кормовых угодий. Достаточно часто на основе материалов космической съёмки специалисты Ресурсного центра СКФУ готовят экспертные заключения для представления их в судебные органы.

## МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для мониторинга недропользования были использованы высокодетальные космические снимки с аппаратов Spot 6/7, поскольку данные с этих спутников охватывают период с сентября 2012 года (начало работы на орбите спутника Spot 6) по настоящее время. Доступ к архивным данным университет имеет через группу компаний «СКАНЭКС». В исключительных случаях используются материалы со спутника Spot 5. Подобный подбор материалов связан со спецификой объектов недропользования, которые имеют небольшие размеры и в основном специализируются на добыче общедоступных полезных ископаемых. Данные со спутников Spot 6/7 характеризуются небольшим периодом съёмки, так как одну территорию могут снять 2 спутника с промежутком 1–2 дня. Космоснимки с разрешением до 1,5 м позволяют наиболее точно производить метрические вычисления, что имеет большое значение при вычислении точностных характеристик явлений. Данные со спутника Spot 5 выступают в качестве дополнительных хроносрезов или расширения временного промежутка исследований.

Для мониторинга трансформированных природных кормовых угодий используются не только вышеописанные материалы, в первую очередь по причине выявления метрических показателей и особенностей дешифрирования, но и данные спутников серии Landsat. Последние применялись преимущественно для расширения временного промежутка исследований и для выявления особенностей использования земельных угодий.

В качестве источниковой базы для анализа объектов недропользования использовались открытые данные Министерства природных ресурсов Ставропольского края: перечень участков недр местного значения, содержащих общераспространённые полезные ископаемые на территории Ставропольского края; реестр действующих лицензий на право пользова-

ния недрами с общераспространёнными полезными ископаемыми на территории Ставропольского края по состоянию на 01.01.2017 г. Перечень участков недр позволяет получить данные о лицензионных участках недропользования, так как содержит географические координаты поворотных точек, а реестр действующих лицензий – установить организацию недропользователя.

Для мониторинга землепользования исходной информацией выступили материалы банка данных о наличии земель и их распределении по хозяйствам Ставропольского края по состоянию на середину 90-х годов XX века. Картографические материалы имеют масштаб 1:25000 и описывают состояние местности на 1992 г. Сопоставление этих материалов с данными Landsat — 4-5 инструмента ТМ — позволило выявить неточности в используемых картографических материалах. Использование космической информации с инструмента ТМ (Thematic Mapper) обусловлено единым пространственным разрешением тематических каналов — 30 м, что важно для тематической обработки.

В работе использовались данные информационного ресурса «Публичная кадастровая карта», портала услуг Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии и данные геосервисов Яндекс и Google.

## МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Мониторинговые исследования природных и антропогенных процессов базируются преимущественно на технологии ретроспективного анализа. Ретроспективный анализ — это получение сведений за определённые периоды времени (хроносрезы). Он производится для выявления изменений в качественном и количественном аспектах через определённые временные промежутки, устанавливаемые в зависимости от тематики исследования. Ретроспективный анализ используется с привлечением разнообразных материалов, которые применительно к данному исследованию характеризуют пространственную информацию.

Аэрокосмические материалы позволяют проанализировать состояние территории, каким оно было около 50 лет назад. Информация, которая в них заключена, не подлежит сомнению. Зачастую аэрокосмические материалы, переведённые в цифровую форму, не имеют или имеют весьма неточную пространственную «привязку». Важно отметить, что современный фонд аэрокосмических снимков даёт возможность проанализировать огромный спектр объектов и явлений и выбрать необходимые хроносрезы.

Для решения ряда задач с использованием ретроспективного анализа космическая информация зачастую является единственным способом получения информации о местности. На основе серии снимков достаточно детально описывают состояние местности и тем самым подробно рассматривают динамические процессы. Космические снимки позволяют получить множество тематических срезов по различным направлениям исследований [Kulik, Rulev et al., 2010; Rubec, 1984].

В рассматриваемых видах мониторинга важной составляющей является оценка современного состояния территории, которое картографируется на основании космических снимков высокого пространственного разрешения. Ретроспективное картографирование проводится на основе материалов съёмки как среднего, так и высокого пространственного разрешения, а также картографических источников информации. В качестве итогового результата ретроспективного анализа выступает серия карт, отображающих состояние местности за различные временные промежутки и выполненных по единой методике. Помимо этого в качестве результата анализа может выступить статистический качественно-количественный анализ динамики изменения территории.

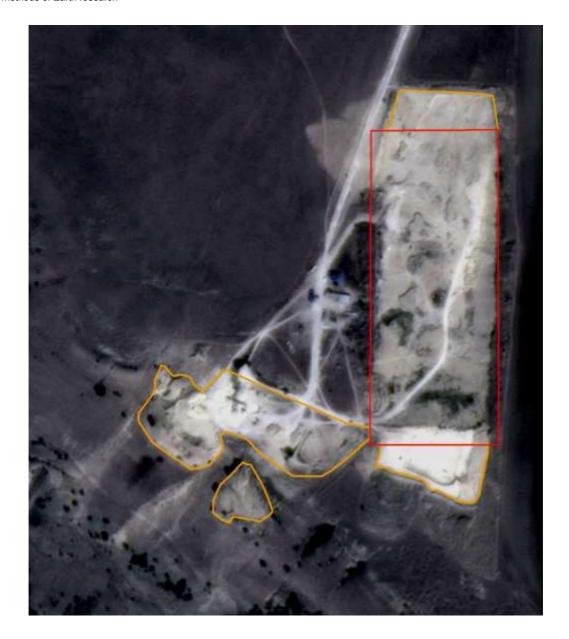


Рисунок 1. Контроль за соблюдением лицензионного недропользования.

Космический снимок Spot 6, от 05.09.2015 г.

с наложенной границей лицензионного участка недр – красная линия.

Оранжевым цветом показаны незаконные участки недропользования

Figure 1. Control over observance of subsoil licensing.

The Spot 6 space image from 05.09.2015,

with super imposed boundary of the licensed subsoil plot – red line.

Orange color shows areas of illegal mining

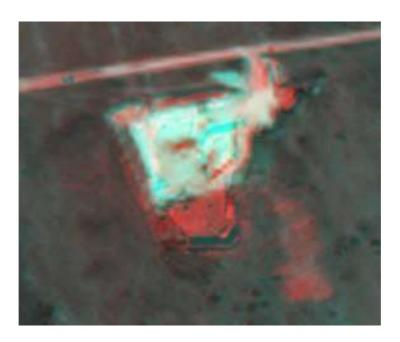
При проведении мониторинга недропользования визуальное дешифрирование, совмещения векторных и растровых данных и расчёты площадей производились в программе Scanex Image Processor. Формирование геобазы данных, наполнение её получаемыми данными, создание картографических произведений производились в программе ArcGIS. В ней же за счёт подключения Публичной кадастровой карты осуществлялось совмещение с результатами дешифрирования космических снимков.

При мониторинге распаханных пастбищ геометрическое трансформирование картографических материалов и создание картографических материалов было проведено в программе ArcGIS. Космические снимки в части создания мультивременных композитов, расчёта NDVI,

визуального дешифрирования, автоматизированного создания векторных полигонов и совмещение картографических и векторных материалов с космическими снимками обрабатывались в программе Scanex Image Processor.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате мониторинга объектов недропользования было выявлено, что не все месторождения в настоящее время разрабатываются, так в пределах одного административного района Ставропольского края из одиннадцати месторождений, оформленных документально, разрабатываются недра только на шести. Зачастую недропользователи выходят за границы лицензионного участка недр и используют земельные участки, не предназначенные для этих целей (рисунок 1).



**Рисунок 2.** Композит разновременных снимков на основе данных с космических аппаратов Spot 6, от 04.09.2015 г. и Spot 7 от 15.09.2016 г. Оттенками красного показаны произошедшие изменения

**Figure 2.** Color composite of multi-temporal Spot 6 images, 09.04.2015 and Spot 7, 09.15.2016. The changes are revealed by red shades

Для визуализации и расчётов изменений нами используются мультивременные композиты, явственно отображающие изменения. Для их создания была использована цветовая модель RGB. В канал R помещается изображение наиболее позднего срока, а в каналы G и В – изображение раннего срока съёмки. После создания RGB модели изменения, произошедшие в пределах исследуемой территории, выделяются красным цветом или его оттенками (рисунок 2).

Таким образом, проведя космический мониторинг недропользования за 2015-2016 гг., были выявлены несоответствия между границами лицензионных участков разработки недр и фактическими. Не все земельные участки, на которых производится разработка, состоят на кадастровом учёте. Значительная доля объектов недропользования располагается на земельных участках, стоящих на кадастровом учёте, но не имеющих законной категории земель и других атрибутов. Отдельные земельные участки, на которых производится недропользование, имеют категорию земель «земли сельскохозяйственного назначения».

Апробированная технология мониторинга природных кормовых угодий позволила нам не только выявить распаханные земельные участки, но и её скорректировать. Для картографических материалов, используемых в качестве основы, потребовалась тщательная геомет-

рическая коррекция из-за некорректного их формирования (неточной склейки листов). Трансформирование картографической основы проводилось в два этапа (разные части исходной карты).

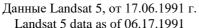
Для выявления распаханных пастбищ были рассмотрены пять хроносрезов — данные с космических аппаратов: Landsat 5 (1991 г.), Landsat 7 (1999 г.), Spot 5 (2006 г.), Spot 6 (2015 г.) и Spot 7 (2016 г.). На первом этапе было по результатам совмещения плана от 1992 года с космическим снимком от 1999 года было выявлено, что площади распаханных пастбищ в пределах рассматриваемого хозяйства составили 41,5 га. К 2006 году — 47 га, и к 2016 году — 48 га (рисунок 3). Важно отметить, что распаханы были одни и те же участки пастбищ. Максимальная степень трансформации пастбищ в изучаемом хозяйстве была достигнута к 1999 году.

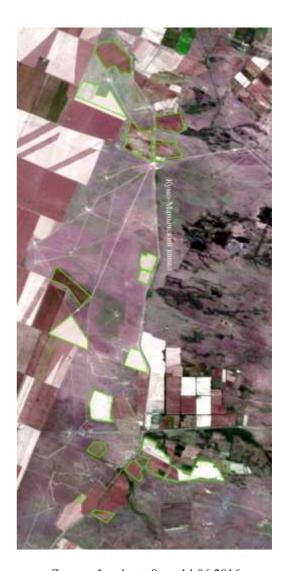


**Рисунок 3.** Совмещение космического снимка Spot 7, om 03.08.2016г. и данных плана 1992 г. (фрагмент) **Figure 3.** The combination of Spot 7 satellite image, from 03.08.2016 and data of plan 1992 (fragment)

По такой же технологии нами выявлялись трансформированные природные кормовые угодья на востоке края, где масштабы проблемы весьма значительны. Для сравнительного анализа нами были выбран участок Левокумского района Ставропольского края. Особенностью восточных районов края является отчётливый переход от возделываемых сельскохозяйственных угодий к природным кормовым угодьям, представленным комплексными полынно-злаковыми степями. Именно в этой части края за последние 20 лет произошли наибольшие изменения.







Данные Landsat - 8, от 14.06.2016 г. Landsat 8 data as of 06.14.2016

**Рисунок 4.** Мониторинг распашки пастбищ в Левокумском районе Ставропольского края. Распаханные участки на космическом снимке от 14.06.2016 г. выделены зелёным цветом. Идентичные земельные участки на снимке от 17.06.1991 г. выделены красным цветом **Figure 4.** Monitoring of grassland ploughing in Levokumski District, Stavropol Region. Plowed plots on the satellite image of 14.06.2016 are revealed by green shades. Identical plots in the picture of 17.06.1991 are revealed by red shades

Использование алгоритма Change detection для выявления изменений не позволило явственно выявить распаханные пастбища. Это связано с большой пестротой сельскохозяйственных угодий, различным состоянием природных пастбищ и разнообразием состояний полей. Все эти факторы сказываются, несмотря на достаточно точный подбор хроносрезов космических снимков. Нами проводился точный подбор временных характеристик космических снимков (Landsat 5 и Landsat 8), вплоть до 1 недели, но точность выявления составила около 30%. Дальнейшие наши попытки увеличить процент выявления изменений завершился неудачей, что связано с конкретными погодными условиями каждого года. Можно предположить, что необходимо использовать годы-аналоги, хотя это также может не позволить значительно увеличить точность дешифрирования, поскольку состояние распаханных природных кормовых угодий характеризуется широким разнообразием. Технология выявления изменений (распаханных пастбищ) с использованием алгоритма Change detection потребовала

дополнительной ручной доработки. Результат обработки космических снимков представлен на рисунке 4.

## выводы

Таким образом, проводимые мониторинговые исследования напрямую связаны с ретроспективным анализом, который базируется на использовании картографических и космических материалов на основе геоинформационных технологий. Результаты мониторинга недропользования позволили выявить несоответствие участков разработки недр лицензионным участкам недропользования. Часть земельных участков, на которых производится разработка недр, имеет категорию «земли сельскохозяйственного назначения». Созданная база геоданных содержит информацию о фактических площадях недропользования в 2015 и 2016 годах по месторождениям общедоступных полезных ископаемых Ставропольского края. Разработана технология выявления распаханных пастбищ с использованием архивных картографических материалов и космических снимков. Выявлена низкая эффективность использования алгоритма Change detection для определения распаханных пастбищ. В результате апробирования технологии выявления распаханных пастбищ был доказан метод замещения архивных картографических материалов данными космической информации без потери точностных характеристик картографируемых явлений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. *Kulik K.N., Rulev A.S., YuferevV.G.* Aerospace monitoring of pastures in conditions of dry steppe and semi-desert // Science, technique and innovation technologies in an epoch of great revival: abstracts of reports International Scientific Conference (June 12–14, 2010). Ashgabat, 2010. Pp. 406–407.
- 2. *Rubec C.D.A.* Applications of remote Sensing in ecological land survey in Canada // Canadian Journal of Remote Sensing. − 1984. − Vol. 9. − № 1. − Pp. 19–30.

Andrey V. Skripchinsky<sup>1</sup>

## EXPERIENCE OF MONITORING RESEARCH ON THE BASIS OF SPACE INFORMATION IN THE NORTH-CAUCASIAN FEDERAL UNIVERSITY

## **ABSTRACT**

The article considers the main types of space monitoring carried out in the North-Caucasian Federal University. Based on publicly available and accepted at your own station space images are various types of monitoring in the interests of regulatory bodies are being performed: subsoil and land use, erosion and forests. Monitoring studies are based on retrospective analysis. The paper presents the results of two types of monitoring studies. Based on open data of the Ministry of Natural Resources and Environment of Stavropol Region the space monitoring of subsoil use was carried out. These data formed the basis of the generated geographic databases for all public mineral deposits of the region, which was complemented by information on the development of subsoil on the basis of the Spot 6/7 images for 2015-2016. In some objects at the request of the legal authorities in-depth monitoring with an increased number of time simples was carried out. According to the results of monitoring observations the main problems have been revealed – relating both to the violation of borders and the incompleteness of the basic characteristics of the land. In the interests of the Ministry of Agriculture of the Region on the basis of cartographic material of the databank

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> North-Caucasian Federal University, Institute of Mathematics and Natural Sciences; 355009, Russia, Stavropol, Pushkin st 1; *e-mail:* ron1975@list.ru

about the availability of lands from 1992 the land use monitoring has been implemented. The example of one of the region farms was used to develop a methodology for the identification of transformed natural grasslands and defining the time period of these changes. The identified area of cultivated pastures will allow one to estimate the amount of harvest received from these lands. The role and the quality of the original map data have been defined and the method for their substitution on the basis of space information has been proposed.

#### **KEYWORDS:**

space monitoring, subsoil use, land use

## REFERENCES

- 1. Kulik K.N., RulevA. S., YuferevV.G. Aerospace monitoring of pastures in conditions of dry steppe and semi-desert, Science, technique and innovation technologies in an epoch of great revival: abstracts of reports International Scientific Conference (June 12–14, 2010), Ashgabat, 2010, pp. 406–407.
- 2. Rubec C.D.A. Applications of remote Sensing in ecological land survey in Canada, Canadian Journal of Remote Sensing, 1984, Vol. 9, No 1, pp. 19–30.

УДК 504.455+528.854

DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-119-131

М.С. Баранова<sup>1</sup>, А.И. Кочеткова<sup>2</sup>, О.В. Филиппов<sup>3</sup>, Е.С. Брызгалина<sup>4</sup>, О.А. Объедкова<sup>5</sup>

# ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЗАЛИВОВ И УСТЬЕВЫХ АБРАЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ПЕРЕСЫПЕЙ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

## **АННОТАЦИЯ**

В статье приведены результаты исследования заливов и устьевых абразионно-аккумулятивных пересыпей Волгоградского водохранилища в ходе полевых экспедиционных исследований с применением геоинформационных систем и спутниковых снимков. По результатам многолетних полевых наблюдений и исследований по спутниковым снимкам было выявлено, что естественные пересыпи абразионнно-аккумулятивного генезиса на сегодняшний день имеют большинство малых и средних заливов. В работе дана краткая характеристика таких заливов, как Длинный Липовый, Жаркова, Короткий Липовый, Большой, Ростовый, Мостовой, Другалка. Авторами были созданы батиметрические карты и графики про-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Волжский гуманитарный институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет»; Россия, Волгоградская область, Волжский, 404133, ул. 40 лет Победы, 11; *e-mail:* maria\_baranova2902@rambler.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Волжский гуманитарный институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет»; Россия, Волгоградская область, Волжский, 404133, ул. 40 лет Победы, 11; *e-mail:* aikochetkova@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Волжский гуманитарный институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет»; Россия, Волгоградская область, Волжский, 404133, ул. 40 лет Победы, 11; *e-mail:* ovfilippov@list.ru

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Волжский гуманитарный институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет»; Россия, Волгоградская область, Волжский, 404133, ул. 40 лет Победы, 11; *e-mail*: bryzgalina\_elena@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Волжский гуманитарный институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет»; Россия, Волгоградская область, Волжский, 404133, ул. 40 лет Победы, 11; *e-mail*: 79195448797@ya.ru