СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ

М.В. Семенова¹, О.Е. Архипова^{1,2}

¹Южный федеральный университет

²Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук
arkhipova@ssc-ras.ru

Аннотация. Объектом исследования являются полигоны, с нарушениями размещения твердых бытовых отходов на территории Ростовской области. Цель работы – выявление мест несанкционированных свалок на основе данных космического мониторинга, создание локального проекта, отображение полученных данных в веб-приложении. Предмет исследования – применение методов геоинформационного анализа и дистанционного зондирования Земли для мониторинга мест несанкционированных свалок.

В процессе работы проведен анализ использования методов геоинформационных технологий для мониторинга мест несанкционированных свалок. Выполнено визуальное дешифрирование объектов размещения отходов на спутниковых снимках высокого пространственного разрешения, в результате которого обнаружены объекты размещения отходов на территории Ростовской области и описаны их основные характеристики.

Основное программное обеспечение ArcGis Desktop, ArcGis Online, QGis. В ходе исследования создана пространственная база данных мест размещения отходов на территории Ростовской области. Разработана геоинформационная система «Региональный кадастр отходов Ростовской области» с целью определения мест захоронения отходов на территории Ростовской области и оценки соответствия целевого использования земель. Разработано веб-приложение «Региональный кадастр отходов Ростовской области» с возможностью интерактивного мониторинга объектов ТБО. Приложение позволяет не только просматривать расположение существующих объектов хранения бытовых отходов, но и добавлять на карту новые объекты. Результат исследования может быть полезен Министерству природных ресурсов и экологии РО, а также федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии. Помимо федеральных органов данное исследование будет полезно для тех, кто занимается поиском свалок и различных нарушений по нецелевому использованию земель.

Ключевые слова: современный метод мониторинга экологического состояния территории, целевое использование земель, веб-приложение, дешифрирование снимков.

Ростовская область (РО) – это один из самых индустриально развитых регионов России, где располагаются крупнейшие промышленные предприятия страны. Экономические успехи, влекут за собой ряд экологических проблем. Это и чрезмерное использование природных ресурсов, и загрязнение биосферы, и проблема отходов. В Ростовской области (РО) региональный кадастр отходов ведется Министерством природных ресурсов и экологии РО.

В настоящей работе анализируются объекты размещения твердых бытовых отходов, под которыми понимаются места складирования ТБО, включающие как полигоны, так и свалки. В большинстве случаев сооружениями по размещению и обезвреживанию удаляемых из населенных пунктов ТБО являются полигоны. Согласно ГОСТу [1] полигоном захоронения отходов является ограниченная территория, предназначенная и при необходимости специально оборудованная для захоронения отходов, исключения воздействия захороненных отходов на незащищенных людей и окружающую природную среду.

Гораздо большую опасность для окружающей среды и населения представляют свалки. Существует множество определений свалок, характеризующих их с разных позиций. Согласно нормативной документации [1] свалка – это местонахождение отходов, использование которых в течение обозримого срока не предполагается. Как следствие, свалки бывают санкционированными и несанкционированными. Санкционированные свалки – разрешенные органами исполнительной власти на местах территории (существующие площадки) для размещения промышленных и бытовых отходов, но не обустроенные в соответствии с санитарными нормами и правилами и эксплуатируемые с отклонениями от требований санитарно-эпидемиологического надзора. Санкционированные свалки являются временными, подлежат обустройству в соответствии с указанными требованиями или закрытию в сроки, необходимые для проектирования и строительства полигонов [2]. Несанкционированные свалки отходов – это территории, используемые, но не предназначенные для размещения на них отходов [1].

На практике определить различия между свалками и полигонами ТБО зачастую затруднительно, поскольку многие полигоны эксплуатируются без проведения предварительных инженерно-геологических изысканий и проектирования строительства, при отсутствии специальных средств захоронения отходов

С 2010 г. в Ростовской области ведется региональный кадастр отходов производства и потребления [3]. В 2012 г. в Ростовской области впервые была разработана Областная долгосрочная целевая программа «Формирование комплексной системы управления отходами и вторичными материальными ресурсами на территории Ростовской области на 2014–2020 годы» [4]. Итоги данной программы были приведены в виде создания единой правовой базы в области обращения с ТБО на территории Ростовской области. По данным кадастра на 01.01.2013 г. на территории области были размещены 697 свалок и полттонов (рис. 1).

Рис. 1. Виды свалок, входящих в состав полигонов хранения бытовых отходов, %

Информационно-методические основы исследования. Методика выявления несанкционированных мест складирования отходов включает следующие обязательные шаги: подбор космических снимков с необходимыми временными техническими характеристиками, выполнение их фотограмметрической обработки, дешифрирование снимков с целью выделения свалок и загрузка полученных результатов в ГИС.

Существует несколько методов по мониторингу свалок дистанционными средствами. Основную информацию о состоянии мест несанкционированных захоронений отходов можно получить при помощи современных компьютерных технологий, таких как дистанционное зондирование земли (ДЗЗ) и геоинформационные системы (ГИС). Такой тип исследования значительно уменьшает затраты финансов и времени. При правильном сочетании космических снимков и информации из других источников, можно быстро выявить места захоронений отходов. Для мониторинга используются снимки сверхвысокого

пространственного разрешения. На основе данных дистанционного зондирования можно провести визуальное дешифрирование снимков. В основе распознавания свалок в геоанализе выступают такие критерии как: расположение дорог вблизи объекта исследования, плотность населения, геоморфологические характеристики территорий и другие индикаторы. Детальность и геометрическая точность снимков, позволяют дешифрировать свалки, определять их размер, тип и координаты, определить воздействие свалки на окружающий ее ландшафт. Вытянутость вдоль авто- и железных дорог, речных долин и берегов водоемов, неправильная форма, являются характерными для свалок. За счет неровной поверхности, на снимках сверхвысокого разрешения отображается мелкозернистая текстура. Материалы, которые содержатся в местах захоронения чаще всего имеют высокий коэффициент отражения и резко повышают яркость на снимке, за исключением сельскохозяйственных и некоторых других типов промышленных свалок.

Изучение пространственного размещения свалок с применением методов ГИС-технологий, а также данных дистанционного зондирования Земли, в современном мире занимает основное место. Применение таких технологий помогает проводить исследования с небольшими затратами и усилиями.

Учитывая все критерии в совокупности можно определить с высокой вероятностью возможные места расположения стихийных свалок. Это позволяет существенно уменьшить площадь тщательного исследования дистанционными или полевыми методами. Опыт мониторинга несанкционированных свалок твердых бытовых и промышленных отходов изложен в работах О.В. Бровкиной [5, 6], в работах С.С. Тимофеева и А.В. Абросимова [7,8], в работах С.А. Владимирова и А.О. Карчевского [9]. Авторы определили технические требования к данным дистанционного зондирования (ДЗЗ), для определения несанкционированных свалок. Дешифровочные признаки свалок имеют выраженное повышение яркости, мелкозернистая текстура и контуры неправильной формы, которые дают возможность определять свалки размером до 10 м² по снимкам сверхвысокого разрешения.

Для обнаружения мест складирования отходов также существуют методы качественного и количественного анализа. Для обнаружения по яркостным признакам используют нормированные спектральные индексы NDVI. По яркостным признакам можно провести контролируемую классификацию, вручную выделяя объекты по сигнатурам. Такой метод подходит для выявления неучтенных мест складирования отходов, хотя и имеет свои недостатки.

Методика обнаружения и мониторинга свалок включает в себя несколько обязательных шагов:

1. Поиск подходящих по временным и техническим характеристикам снимков.
2. Фотограмметрическая обработка.
3. Выявление свалок при помощи дешифрирования.
4. Загрузка полученных данных в ГИС.

В работе использованы исходные пространственные данные, включающие спутниковые снимки, кадастровые данные, а также материалы наземных исследований объектов размещения ТБО.

Спутниковые снимки:

1. 2016 г., спутник Landsat-8: Ростовская область: 18 мая 2016 г., идентификатор снимка: LC08_L1TP_173027_20160518_20170324_01_T1, облачность составляет 20 % площади снимка;

Снимки географически привязаны, параметры системы координат: WGS84, UTM, Zone 61N.

2. Кадастровые данные: публичная кадастровая карта, территория Ростовской области.

3. Цифровая карта на основе данных World Imagery на территорию Ростовской области – На этой карте представлены спутниковые снимки и аэрофотоснимки высокого разрешения для мира с политическими границами и географическими названиями для справочных целей.

4. Данные информационно-аналитической системы мониторинга твердых бытовых отходов Ростовской области: обнаружение и идентификация мест несанкционированного размещения отходов.

5. Перечень действующих лицензий по обращению с отходами Ростовской области, источник: официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Ростовской области.

Для полуавтоматизированного распознавания несанкционированных свалок были использованы инструменты программного обеспечения ArcGIS, а также методы по определению твердых бытовых отходов визуальным дешифрированием космических снимков по яркостным признакам.

На первом этапе были собраны данные о местах захоронения объектов размещения отходов. Такие данные расположены на сайтах Росреестра и Министерства природных ресурсов и экологии РО, часть из них находится в открытом доступе. В базе данных Росреестра хранится информация о кадастровом делении РФ [10]. Административное деление территории РФ хранит данные о кадастровых округах, районах и кварталах, земельных участках. Числовой код 61 соответствует кадастровому округу субъекта РФ Ростовской области. Используя инструменты программного обеспечения ArcGis, данные загружены в пространственную базу данных.

По итогам проведенных исследований был разработан проект карты объектов размещения отходов.

Данные с официального сайта Министерства природных ресурсов и экологии Ростовской области представлены в проекте в виде точечных объектов (рис.2).

В базу данных была внесена информация о категории земель, целевое назначение и адрес, с использованием данных публичной кадастровой карты [11]. По имеющимся кадастровым номерам участков производился поиск участков и в результате была сформирована база данных, необходимых для проведения мониторинга участков с нарушениями использования земель.

Задача выявления несанкционированных мест размещения твердых бытовых отходов решалась путем визуального мониторинга с использованием знаний о расположении ТБО на территории РО, а также при помощи инструментов программы ArcMap методом контролируемой классификации. Такой метод предполагает самостоятельное выделение участков снимка и присвоение уникальных значений, для создания обучающей выборки. Выбор территории с объектами размещения твердых бытовых отходов опирается на слой «Объекты размещения ТБО», при его подключении на карте отобразятся точечные объекты, по которым и будет происходить выбор участков с ТБО.

Были выбраны и классифицированы следующие участки:

1. ТБО
2. Зеленые насаждения
3. Населённый пункт
4. Пашни
5. Реки
6. Глубоководные объекты

Выявление мест несанкционированных свалок также производилось путем визуального дешифрирования снимков, поиск несоответствий по целевому назначению земель проводился при помощи атрибутивной информации слоев. Такой метод является более точным, но и соответственно трудоемким. Для начала необходимо подгрузить слой, описанные ранее: «Объекты размещения ТБО», «Кадастровое деление», подгрузить базовую карту и начать поиск. На первом этапе поиск свалок производился при помощи выборки по атрибуту, такая выборка позволяет просмотреть каждый объект и проверить на целевое использование земель.

По результатам проведенного исследования было выявлено 24 объекта несанкционированного размещения свалок, примерно 3 участка находятся на рекультивации. Так как большая часть земельных участков еще не прошла регистрацию точное использование территорий определить не удалось.

Рис. 2. Объекты размещения ТБО

Рис.3 Примеры визуализации и оценки землепользования: А, Б – размещение мест хранения отходов на сельскохозяйственных землях; В пример рекультивации ТБО; Г размещение ТБО на выделенном кадастровом участке

Примерно половина объектов твердых бытовых отходов располагается на территориях сельскохозяйственного использования, такое несанкционированное размещение отходов влечет за собой ряд проблем, связанных с нарушением экосистемы, негативным влиянием на здоровье населения и возникновением пожаров, выделением вредных веществ в почву и воздух.

Участок в районе Ростовской области, г. Новочеркасск, ул. Крайняя, 2, имеет явное нарушения использования земель (рис.3А). Грубое нарушение размещения свалки на землях сельскохозяйственного назначения выявлено в Миллеровском районе (рис.3Б). Примером по рекультивации земель может служить свалка в Ростовская области, р-н Миллеровский, с южной стороны от х. Зеленая

Роща (поле №4 кормовой севооборот), проведена большая часть рекультивации земель, но остался еще участок свалки (рис. 3В). На рис.3Г объект ТБО расположен на выделенных под хранение ТБО землях.

На основе проекта ArcGis было разработано веб-приложение «Региональный кадастр отходов Ростовской области» с возможностью интерактивного мониторинга объектов ТБО. Приложение позволяет не только просматривать расположение существующих объектов хранения бытовых отходов, но и добавлять на карту новые объекты. Результат исследования может быть полезен Министерству природных ресурсов и экологии РО, а также

федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии.

Помимо федеральных органов данное исследование будет полезно для тех, кто занимается поиском свалок и различных нарушений по нецелевому использованию земель.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта 01201363188, ПФИ Президиума РАН №20 «Новые вызовы климатической системы Земли» Подпрограмма «Обеспечение устойчивого развития Юга России в условиях климатических, экологических и техногенных вызовов, № госрегистрации АААА-А18--118011990300-9.

Список литературы:

1. ГОСТ 30772–2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 20 с.
2. Инструктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_25895/ (дата обращения 25.05.2019 г.).
3. Экологический вестник Дона. Изд-во комитета по охране окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области, Ростов-на-Дону, 2013. – 374 С.
4. Областная программа «Формирование комплексной системы управления отходами и вторичными материальными ресурсами на территории Ростовской области на 2014–2020 годы» URL: <http://www.donland.ru/Default.aspx?page-id=114623> (дата обращения 26.05.2019).
5. Бровкина О.В. Дистанционный мониторинг антропогенных нарушений таежной зоны северо-запада России: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36 /Бровкина Ольга Владимировна. – СПб., 2011. – 20 с.
6. Бровкина О.В. Мониторинг свалок по разномасштабным аэрокосмическим данным / О.В. Бровкина, В.Ф. Мочалов, Л.И. Чапурский // Сборник трудов VIII Международного экологического форума. Санкт-Петербург, выставочный комплекс «Ленэкспо». 19–21 марта 2008 г. – СПб., 2008. – С.22–27.
7. Тимофеева С.С. Мониторинг свалок твердых бытовых и промышленных отходов в Иркутском районе по данным космических снимков / С.С. Тимофеева, Л.В. Шешукова, А.Л. Охотин // Вестник ИрГТУ. – 2012. – №9. – С.76–81.
8. Абросимов А.В. Использование космических снимков и геоинформационных технологий для мониторинга мест складирования отходов / А.В. Абросимов, Л.В. Шешукова, Д.Б. Никольский // Геоматика. – 2013. – №1. – С. 68–74.
9. Владимиров С.А. Эколого-ландшафтный мониторинг полигонов твердых бытовых отходов в Республике Адыгея / С.А. Владимиров, А.О. Карчевский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2005. – №13(05). URL: <http://ej.kubagro.ru/2005/05/20/> (дата обращения 27.05. 2019 г.).
10. Наборы открытых данных Росреестра // Росреестр URL: https://rosreestr.ru/wps/portal/cc_ib_opendata (дата обращения: 27.05.2019).
11. Публичная кадастровая карта // URL: <https://pk5.rosreestr.ru> (дата обращения: 27.05.2019).

MODERN METHODS OF MONITORING OF ENVIRONMENTAL STATUS OF THE TERRITORY

M.V. Semenova¹, O.E. Arkhipova^{1,2}

¹ Southern Federal University

² Federal Research Center Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Abstract. The object of the study are polygons with impaired disposal of solid waste on the territory of the Rostov region. The subject of the research is the application of geo-information analysis and remote sensing of the Earth to monitor unauthorized dump sites. In the course of the work, an analysis of the use of geo-information technologies for monitoring sites of unauthorized dumps was carried out. The visual interpretation of waste disposal facilities on satellite images of high spatial resolution was carried out, as a result of which waste disposal facilities were found in the territory of the Rostov region and their main characteristics were described. In the course of the study, the following software was used: ArcGis Desktop, ArcGis Online, QGIS. During the study, a spatial database of waste disposal sites in the Rostov region was created. The geoinformation system "Regional waste cadastre of the Rostov region" has been developed in order to determine waste disposal sites on the territory of the Rostov region and assess the compliance of the target land use. a web application "Regional waste cadastre of the Rostov region" with the possibility of interactive monitoring of solid waste facilities was developed. The application allows you to view the location of existing storage facilities for household waste and add new objects to the map. The result of the study may be useful to the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Regional Office, as well as to the federal service of state registration, cadastre and cartography. In addition to the federal authorities, this study will be useful for those who search for landfills and various violations of the misuse of land.

Keywords: modern method of monitoring the ecological state of the territory, the intended use of the land, a web application, interpretation of images.

References

1. GOST 30772–2001 Resursoberezheniye. Obrashcheniye s otkhodami. Terminy i opredeleniya [GOST 30772–2001 Resource Saving. Waste management. Terms and Definitions]. Moskva IPK Izdatel'stvo standartov, 2002. – 20 p. (In Russian)
2. Instructive and methodological guidelines for charging for environmental pollution: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_25895/ (appeal date 25/05/2019).
3. *Ekologicheskiy vestnik Dona* [Ecological Bulletin of the Don]. Publishing Komitet po okhrane okruzhayushchey sredy i prirodnikh resursov Rostovskoy oblast (In Russian)
4. Regional program "Formation of an integrated system of waste management and secondary material resources on the territory of the Rostov region for 2014–2020" URL: <http://www.donland.ru/Default.aspx?pageid=114623> (the date of circulation is 05/26/2019) (In Russian)
5. *Brovkina O.V.* Remote monitoring of anthropogenic violations of the taiga zone of north-west Russia: dis.... Cand. geogr. Sciences: 25.00.36 / Brovkina Olga Vladimirovna. – SPb., 2011. – 20 p (In Russian)
6. *Brovkina O.V., Mochalov V.F., Chapursky L.I.* Landfill monitoring according to multi-spectral aerospace data. Sbornik trudov VIII Mezhdunarodnogo ekologicheskogo foruma. Sankt-Peterburg, vystavochnyy kompleks «Lenekspo». 19–21 marta 2008 g. SPb., 2008. 22–27 (In Russian)
7. *Timofeeva S.S., Sheshukova L.V., Okhotin A.L.* Monitoring of landfills for solid household and industrial wastes in the Irkutsk region according to satellite imagery data *Vestnik IrGTU*. – 2012. -No 9. – P.76–81. (In Russian)
8. *Abrosimov A.V., Sheshukova L.V., Nikolsky D.B.* The use of satellite imagery and geo-information technologies for monitoring waste storage sites/ *Geomatika*. – 2013. – No 1. – P. 68–74 (In Russian)
9. *Vladimirov S.A., Karchevsky A.O.* Ecological-landscape monitoring of solid waste landfills in the Republic of Adygea/ *Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. Krasnodar, 2005 No 13(05). URL: <http://ej.kubagro.ru/2005/05/20/> (data: 27.05. 2019 g.). (In Russian)
10. Nabory otkrytykh dannykh Rosreestra [Sets of open Rosreestr data]. Rosreestr URL: https://rosreestr.ru/wps/portal/cc_ib_opendata (data: 27.05.2019). (In Russian)
11. Publichnaya kadastravaya karta [Public cadastral map] URL: <https://pk5.rosreestr.ru> (data: 27.05.2019). (In Russian)