

*На правах рукописи*



ЛИПИЛИН ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ДИНАМИКА ОБЪЕКТОВ  
РАЗМЕЩЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ  
НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

Специальность 25.00.23 – физическая география и биогеография,  
география почв и геохимия ландшафтов

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Краснодар  
2014

Работа выполнена на кафедре геоинформатики географического факультета  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Кубанский государственный университет»

Научный  
руководитель: **Погорелов Анатолий Валерьевич**  
доктор географических наук, профессор,  
заведующий кафедрой геоинформатики  
ФГБОУ ВПО «КубГУ»

Официальные  
оппоненты: **Тикунов Владимир Сергеевич,**  
доктор географических наук, профессор,  
заведующий лабораторией комплексного  
картографирования и лабораторией устойчивого  
развития территорий географического факультета  
Московского государственного университета  
им. М.В. Ломоносова, г. Москва

**Семенова Ангелина Новиковна,**  
кандидат географических наук, заместитель декана  
экономико-правового факультета, АНОО ВПО  
«Институт экономики и управления в медицине и  
социальной сфере», г. Краснодар

Ведущая  
организация: **ФГБОУ ВПО «Московский государственный  
университет геодезии и картографии»  
(МИИГАиК), г. Москва**

Защита состоится 19 декабря 2014 г. в 11-00 часов на заседании диссер-  
тационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций  
Д 212.101.15 при ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет»  
по адресу: 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, аудитория 200, те-  
лефон: 8(861) 219-95-80, e-mail: dissovet@geo.kubsu.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Ку-  
банский государственный университет» (читальный зал), автореферат раз-  
мещен на сайте <http://www.vak2.ed.gov.ru>, автореферат и диссертация раз-  
мещены на сайте <http://www.portal.kubsu.ru/>.

Автореферат разослан \_\_\_\_\_ 2014 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Волкова Татьяна  
Александровна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность и степень разработанности темы.** Проблема размещения твердых бытовых отходов (ТБО) в Краснодарском крае в силу его географических особенностей (ценность земельных ресурсов, земледельческая и курортная специализации и пр.) стоит особенно остро. На объемы отходов влияют высокая плотность населения, почти в 10 раз превышающая среднероссийский показатель, и значительное количество туристов, ежегодно посещающих край. По нашим расчетам, ежегодный объем ТБО в крае составляет более 18 млн т, причем количество отходов растет. Свалки исключают из землепользования земли различного назначения; наличие в свалках опасных отходов и неизбежные выделения способны нарушить сложившиеся процессы метаболизма в прилегающих участках ландшафтной сферы.

В России накоплен некоторый опыт работы с материалами аэрокосмических измерений при исследовании свалок (О.В. Бровкина, В.Ф. Мочалов, Л.И. Чапурский, С.С. Тимофеева, Л.В. Шешукова, А.В. Абросимов и др.). Тем не менее изучению географических аспектов свалок ТБО до сих пор не уделяется должного внимания, о чем свидетельствует ограниченное количество отечественных публикаций и слабое внедрение в практику контроля свалок технологий дистанционного зондирования. В Краснодарском крае уровень изученности свалок не соответствует географической, экологической и хозяйственной значимости обозначенной проблемы.

В *теоретическом плане* актуальность исследования определяется необходимостью обоснования и разработки методического обеспечения для обнаружения и мониторинга по данным дистанционного зондирования мест складирования ТБО. Использование спутниковых снимков, способных существенно изменить принципы получения географической информации и повлиять на планирование региональных природоохранных и хозяйственных мероприятий, сдерживается отсутствием подобных разработок.

В *практическом аспекте* актуальность работы связана не только с достижением нового уровня информационного обеспечения мониторинга, но и фактическим обнаружением скоплений мусора и определением характеристик свалок. Разработка схемы мониторинга позволит повысить эффективность и достоверность оценок состояния свалок. Насущным остается определение воздействия свалок на компоненты ландшафтной сферы.

**Объект исследования** – полигоны и свалки размещения твердых бытовых отходов на территории Краснодарского края.

**Предмет исследования** – методологические и прикладные аспекты обнаружения и описания объектов размещения твердых бытовых отходов, а также организации регионального мониторинга свалок и полигонов ТБО.

**Цель работы** – выявить распределение и временные изменения объектов размещения твердых бытовых отходов на территории Краснодарского края на основе разработанного методического обеспечения (с использовани-

ем космических снимков и ГИС-технологий). Особое внимание уделяется оценке влияния свалок ТБО на компоненты ландшафтной сферы.

В ходе научного исследования потребовалось решить ряд **задач**:

1. разработать и апробировать методику распознавания свалок / полигонов ТБО на спутниковых многозональных снимках сверхвысокого пространственного разрешения;
2. верифицировать методику на эталонных объектах;
3. выполнить дешифрирование спутниковых снимков, определить места размещения твердых бытовых отходов на территории Краснодарского края, измерить их картометрические показатели;
4. на основе установленных картометрических показателей объектов размещения ТБО оценить их место в составе земель Краснодарского края;
5. по данным репрезентативных объектов размещения ТБО описать их многолетнюю (2002–2013 гг.) изменчивость;
6. показать влияние свалок ТБО на компоненты ландшафтной сферы;
7. классифицировать объекты размещения ТБО по характеру воздействия на окружающую среду Краснодарского края;
8. разработать схему регионального мониторинга свалок и полигонов ТБО.

**Методы исследования.** При выработке методики цифровой обработки спутниковых снимков автор опирался на труды Ю.Ф. Книжникова, В.И. Кравцовой, И.К. Лурье, А.Г. Косикова, У. Рис, А.М. Чандра, С.К. Гош, J.V. Campbell, J.R. Jensen, R.A. Schowengerdt, заложивших фундамент применения данных дистанционного зондирования в географических исследованиях. Опыт многосторонних исследований свалок, включая их географические аспекты (Garofalo, Wobber, 1974; Erb et al., 1981; Lyon, 1987; Foody, Embashi, 1995; Kwartenga, Al-Enezia, 2004; Higgs, 2006; Silvestri, Omri, 2008; Zamorano et al., 2008; Yonezawa, 2009; Dewan, Yamaguchi, 2009; Bilotta, Barrile, Meduri, 2012; Бровкина, 2012; Jordá-Borrell et al., 2014 и др.), оказал влияние на постановку задач и содержательный анализ.

В работе реализован комплекс дистанционных и камеральных методов. Методика цифровой обработки снимков с целью распознавания мест складирования мусора представлена многоуровневым дешифрированием с использованием на каждом уровне оригинальных алгоритмов классификации. Результаты распознавания подвергались проверке на эталонных объектах.

Применялись методы геоанализа, предусмотренные функциональными возможностями ГИС. Статистические методы реализованы при установлении пространственных особенностей распределения свалок. В основе программного обеспечения – пакеты ENVI (полный цикл обработки и дешифрирования данных ДЗЗ) и ArcGIS (геоанализ, ГИС-картографирование).

**Информационную базу исследования** составили: 1) 8-канальные спутниковые снимки сверхвысокого пространственного разрешения спутника WorldView-2; мультиспектральные снимки спутника Landsat 5TM; 2) сведения о кадастровых участках территории Краснодарского края с ин-

формацией о категории земельных участков и разрешенном виде использования; 3) материалы наземных исследований автора.

**Научная новизна диссертации** заключается в следующем:

- впервые в географическом аспекте исследована проблема свалок ТБО в крупном регионе (Краснодарский край);
- обоснована и апробирована авторская методика дешифрирования скопленных ТБО по материалам многозональных спутниковых снимков сверхвысокого разрешения;
- в результате дешифрирования снимков установлено местоположение объектов размещения ТБО на территории Краснодарского края;
- на основе полученных картометрических показателей показано место свалок в составе земель (землепользования) Краснодарского края;
- выполнен анализ межгодовой (2002–2013 гг.) изменчивости показательных объектов размещения отходов ТБО;
- по данным дистанционного зондирования показано влияние свалок на компоненты ландшафтной сферы;
- разработана схема регионального мониторинга свалок и полигонов ТБО.

**Основные положения и результаты исследования, выносимые на защиту**

1. Задача распознавания свалок на спутниковых снимках решена на основе трехуровневого дешифрирования с использованием на каждом уровне оригинальных алгоритмов классификации.
2. Применение разработанной методики распознавания свалок позволяет значительно повысить эффективность слежения за скоплениями ТБО в крупном регионе за счет пространственного охвата снимков, объективности и независимости данных, получения мультитременных композитов.
3. На территории Краснодарского края обнаружено 314 объектов размещения ТБО общей площадью 1109 га. Размеры выявленных объектов варьируют от 24,7 до 0,09 га. 123 свалки имеют площадь 13 га, 3 – более 20 га. На пахотных землях находится 85 свалок площадью 572,91 га, на пастбищах – 30 свалок общей площадью 229,4 га.
4. По данным анализа временных серий спутниковых снимков на годовых и многолетних интервалах установлена изменчивость картометрических характеристик показательных полигонов ТБО на территории Краснодарского края. В течение 2003–2013 гг. в подавляющем большинстве случаев зафиксировано увеличение площади свалок / полигонов ТБО, в редких случаях – сокращение площади и рекультивация земель полигонов.
5. По данным спутниковых снимков обнаружено влияние свалок / полигонов ТБО на компоненты ландшафтной сферы (растительный покров, поверхностные воды, атмосферный воздух); выявлены нарушения водоохранного режима, определено изъятие земель разного хозяйственного назначения.
6. По совокупности признаков опасности воздействия на ландшафтную сферу Краснодарского края выявлены относительно безопасные (19 объек-

тов), средней степени опасности (255) и потенциально опасные (22) полигоны / свалки ТБО.

7. Разработанная экстерриториальная система регионального мониторинга свалок и полигонов ТБО, интегрирующая данные наземных и дистанционных наблюдений, материалы о вмещающей ландшафтной среде, отвечает новому техническому и информационному уровню контроля мест складирования мусора и повышает достоверность контроля.

**Практическая значимость и апробация работы** определяется непосредственным использованием разработанных методик для локализации мест скопления ТБО, оценки негативного воздействия стихийных и санкционированных свалок и полигонов ТБО на компоненты ландшафтной сферы. Предложенные методические подходы и материалы используются на практике в ГБУ Краснодарского края «Краевой информационно-аналитический центр экологического мониторинга» для оперативного картографирования свалок и полигонов ТБО и оценки их картометрических характеристик.

Работа по теме диссертации выполнялась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-05-96509).

Результаты исследования доложены на научно-практической конференции «Управление водными ресурсами: рациональное использование, охрана и безопасность» (Краснодар, 2012 г.), Международной конференции «Измерения, моделирование и информационные системы для изучения окружающей среды» (Воронеж, 2012 г.), V Международной конференции «Геоинформационные технологии и космический мониторинг» (Ростов-на-Дону, 2012 г.), Всероссийской молодежной конференции «Исследование экологической устойчивости почв с использованием ГИС-технологий» (Воронеж, 2012 г.), V Международной научно-практической конференции «Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях» (Москва, 2013 г.), XI Всероссийском молодежном форуме по проблемам культурного наследия, экологии и безопасности жизнедеятельности «ЮНЭКО-2013» (Москва, 2013 г.), Международном молодёжном экологическом форуме стран СНГ (Санкт-Петербург, 2013 г.), X Международной научно-практической конференции «Partnerstwo Wschodnie-2014» (Przemysl, Polska, 2014).

По материалам диссертации опубликовано 18 работ, в том числе 3 статьи в журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК.

**Соответствие диссертации паспорту специальности 25.00.23** – «физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов» определяется формулой специальности, в которой указывается, что *«практическое значение методологических и методических разработок данной специальности состоит в обеспечении научных основ для экологического обоснования проектов хозяйственной деятельности человека... оптимизации использования природных ресурсов и управления биосферными процессами»*. Проведенные исследования отвечают областям 11 – География экоси-

стем, ландшафтная экология, экогеохимия и 12 – География антропогенных ландшафтов и почв, культурной фауны и флоры.

**Объем и структура работы.** Диссертация объемом 184 страницы состоит из введения, 6 глав, заключения, списка использованных источников, включающего 158 наименований, в том числе 64 зарубежных. Работа содержит 58 иллюстраций, 25 таблиц и 1 приложение.

**Личный вклад.** Автором самостоятельно составлена программа исследования, выбраны и обоснованы методы исследования, получены алгоритмы и выполнена обработка пространственных данных, проведен анализ и обобщение полученных результатов. Подготовка к печати научных публикаций, отражающих основные результаты работы, осуществлялась как самостоятельно, так и при участии соавторов.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю Анатолию Валерьевичу Погорелову за поддержку и неоценимую помощь в работе, всем сотрудникам кафедры геоинформатики КубГУ за плодотворное обсуждение и ценные замечания на всех этапах работы. Отдельная благодарность сотрудникам ГБУ КК «Краевой информационно-аналитический центр экологического мониторинга» Л.В. Тарасовой, А.А. Дорошенко, А.И. Седову, Г.А. Ломакиной, Е.В. Бесединой, а также сотрудникам Министерства природных ресурсов Краснодарского края С.В. Дулепа и И.А. Костенко за помощь и консультации в вопросах экологии.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность работы, изложены цель и решаемые задачи исследования, его научная новизна и практическая значимость, сформулированы положения, выносимые на защиту.

### **Глава 1. Проблемы и методические вопросы изучения свалок**

В разделе 1.1 с опорой на нормативные документы, отечественный и мировой опыт профильных исследований раскрываются и характеризуются ключевые термины и понятия. Твердые бытовые отходы имеют, главным образом непромышленное происхождение. К ним относятся отходы потребления, образующиеся в бытовых условиях в результате жизнедеятельности человека. Свалка – это местонахождение отходов, использование которых в течение обозримого срока не предполагается. Полигоны представляют собой комплексы природоохранных сооружений, предназначенные для складирования, изоляции и обезвреживания ТБО. Под *объектами размещения твердых бытовых отходов* понимаются места складирования ТБО, включающие как полигоны, так и свалки.

В параграфе 1.2 показана изученность свалок ТБО за рубежом, в России и Краснодарском крае. Особое внимание уделено методике дистанционного выявления свалок, основанной на тепловых и спектральных характеристиках спутниковых снимков, пространственных особенностях

расположения свалок. За рубежом (в Германии, Италии, Китае, Японии, США и многих других странах) многосторонней проблеме исследования свалок уделяется пристальное внимание, при этом основными направлениями дистанционного зондирования в данной сфере являются: локализация несанкционированных свалок, мониторинг их состояния, выявление и оценка воздействия свалок на окружающую среду. В России методы аэрокосмических съемок свалок пока не нашли широкого применения, однако этот опыт постоянно расширяется.

Вопросы изучения свалок, охватывающие полевые, дистанционные, а также статистические методы, рассмотрены в параграфе 1.3.

Теория и практика цифровой обработки изображений для географических исследований изложена в работах ряда ученых [Книжников, Кравцова, 1991; Кравцова, 1992, 1995; Campbell, 1996, 2012; Jensen, 1996; Schowengerdt, 1997; Лурье, 2002; Лурье, Косиков, 2003; Рис, 2006; Чандра, Гош, 2008; и др.]. В России в последние годы растет научный интерес к материалам аэрокосмических съемок при исследовании свалок и полигонов ТБО [Бровкина и др., 2008; Бровкина, 2011; Бровкина, Скорописов, 2012; Тимофеева и др., 2012; Абросимов и др., 2013 и др.].

Использование спутниковых снимков позволяет с высокой долей вероятности дешифровать несанкционированные свалки различных видов отходов. Космические снимки в сочетании с выборочными наземными контрольными осмотрами способствуют оперативному выявлению, картографированию и наблюдению за распространением несанкционированных свалок.

## **Глава 2. Информационно-методические основы исследования**

В параграфе 2.1, посвященном информационной базе исследования, приводится описание использованных данных. Основными исходными данными выступили мультиспектральные спутниковые снимки сверхвысокого пространственного разрешения спутника WorldView-2 (компания DigitalGlobe).

В качестве эталонов при верификации результатов дешифрирования категорий земель / типов землепользования использованы сведения о кадастровых участках Краснодарского края в векторном формате (шейп-файлы). Сведения предоставлены кадастровой службой и содержат атрибутивную информацию о разрешенном типе использования участка и установленной категории земли участка.

Методика распознавания свалок на спутниковых снимках описана в параграфе 2.2. Определены основные технические требования к спутниковым снимкам: пространственное разрешение – не ниже 1 м; количество спектральных каналов – не менее 5; диапазон спектральных каналов – от 0,4 до 1,04 мкм; радиометрическое разрешение – не ниже 11 бит.

Предварительная обработка спутниковых снимков включала атмосферную коррекцию и ортотрансформирование. Решение задачи распознавания свалок на спутниковых снимках выполнялось в несколько последова-



тельных этапов, представляющих собой нахождение некоторого подмножества пикселей на снимке путем последовательной фильтрации (классификации). Этапы фильтрации: 1) объектно-пространственная; 2) спектрально-аналитическая; 3) инфраструктурно-визуальная фильтрация.

Целесообразность проведения упомянутых процедур и извлечения информации обусловлена: 1) наличием некоторых пространственных закономерностей распространения свалок; 2) значительной схожестью вида спектральных кривых свалок со спектральными кривыми других антропогенных объектов на земной поверхности; 3) характерной текстурой поверхности размещаемых на свалках отходов; 4) возможным наличием объектов инфраструктуры в районах свалок / полигонов ТБО.

Схема цифровой обработки снимков с целью распознавания мест скопления ТБО на основе предлагаемых алгоритмов показана на рисунке 1.

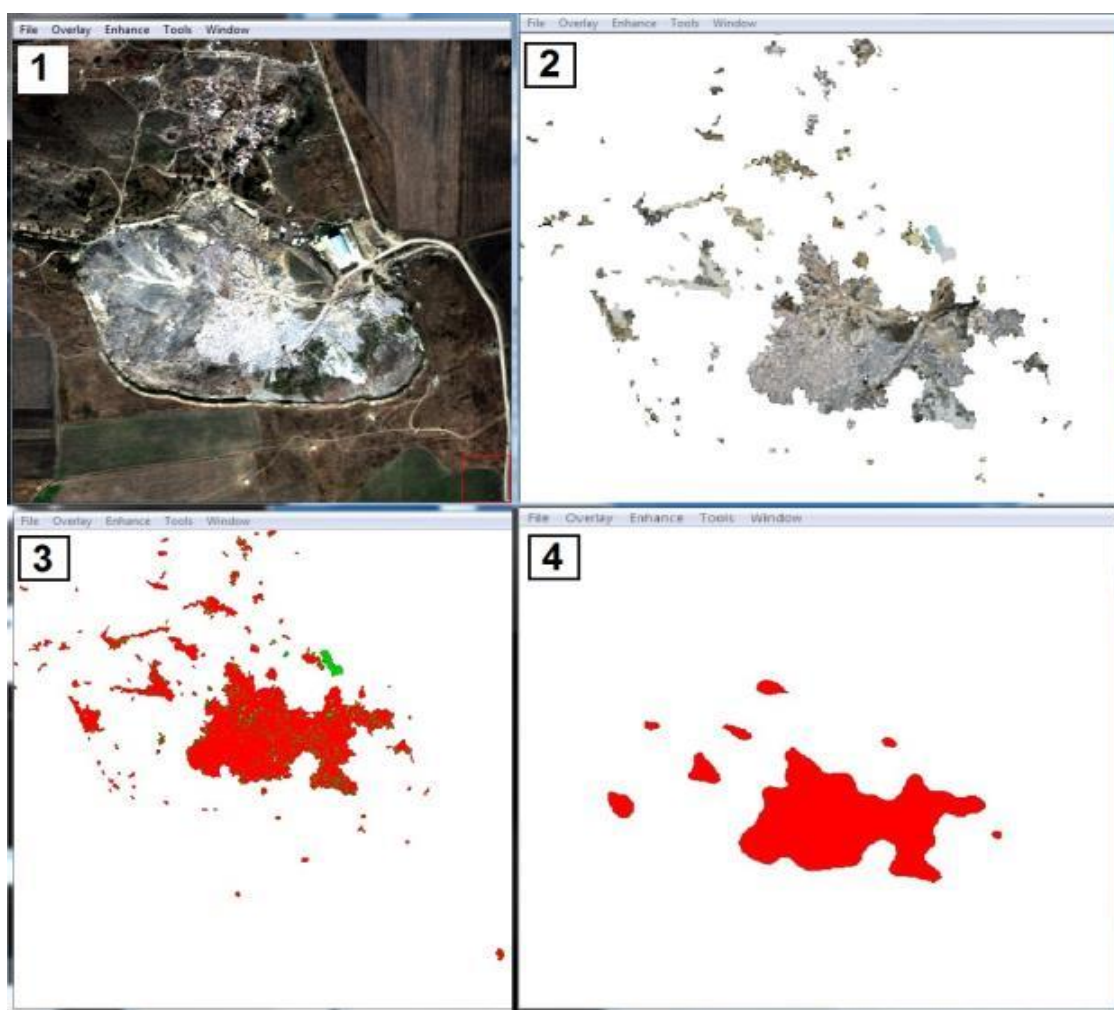


Рисунок 1 – Принципиальная последовательность распознавания свалок:  
1 – исходный снимок; 2 – результаты объектно-пространственной фильтрации; 3 – результаты спектрально-аналитической фильтрации; 4 – результаты инфраструктурно-визуальной фильтрации

Применение алгоритмов классификации позволяет на каждом уровне определенным образом локализовать область поиска на спутниковом снимке.

Изменения количества объектов дешифрирования после каждого этапа фильтрации показаны в таблице 1. Под объектом дешифрирования в данном случае понимается агрегированная совокупность пикселей (независимо от размера). Как видим, наиболее радикально действует фильтрация по спектрально-аналитическим признакам.

Точность дешифрирования на эталонных участках, выбранных по признакам ландшафтно-климатической репрезентативности, оценивалась по критерию правильно распознанных свалок. Положительным считалось совпадение классифицированного как свалка участка с фактическим участком с твердыми бытовыми отходами. Результаты оценки точности дешифрирования свалок ТБО представлены в таблице 2.

*Таблица 1 – Количественные показатели фильтрации по данным независимых эталонных свалок / полигонов*

Территория	Количество объектов дешифрирования после процедуры		
	объектно-пространственной фильтрации	спектрально-аналитической фильтрации	инфраструктурно-визуальной фильтрации
Анапа	1336	66	45
Краснодар	450	33	21
Тихорецк	1083	29	20
Лоо	1710	38	5
Туапсе	2600	23	6

*Таблица 2 – Результаты оценки точности дешифрирования свалок ТБО по эталонным участкам*

Территория	Кол-во тестовых участков (свалок ТБО)	Кол-во правильно распознанных объектов	
		единиц	%
Анапа	15	13	87
Краснодар	8	6	75
Тихорецк	13	10	77
Лоо	5	4	80
Туапсе	7	5	71

Таким образом, в процессе верификации разработанной методики установлено, что точность распознавания на пяти территориях с 48 эталонными свалками составила 71–87%.

### **Глава 3. Структура земель Краснодарского края**

Рассмотрение земель как одного из основных для Краснодарского края природных ресурсов, ассоциирующихся с ландшафтами, по понятным причинам должно предшествовать анализу распределения свалок. Свалки, сами выступающие разновидностью антропогенного ландшафта деструктивного генезиса, оказывают многообразное негативное воздействие на окружающую среду, и прежде всего на земли как природный ресурс. Прямое воздействие заключается в изъятии и преобразовании земель хозяйственного назначения. Структура земель региона анализируется в аспекте ключевой проблемы исследования, а именно территориального распределения свалок.

В данной главе, нацеленной на анализ земельных ресурсов Краснодарского края, рассматриваются вопросы землепользования и его структуры вкупе с возможностями дистанционного мониторинга земель. Методические подходы, применяемые для дешифрирования земель разного назначения на основе распознавания типов земной поверхности, технически схожи с методиками распознавания свалок ТБО. Это обстоятельство также сближает два упомянутых объекта исследования.

В параграфе 3.1 характеризуются две глобальные программы мониторинга земель: американская «Earth Resources Observation Satellite» – EROS и европейская «Programme to coordinate information on the environment» – CORINE Land Cover (European Environment Agency).

В параграфе 3.2 дан анализ структуры земель Краснодарского края по модели CORINE Land Cover. Трехуровневая классификация земель / землепользования по модели CORINE была адаптирована для условий Краснодарского края с дешифрированием на спутниковых снимках земель первого и второго уровней. Исходными данными, как и в программе CORINE, выступили мультиспектральные снимки спутника Landsat 5 с сенсором TM. При верификации полученных результатов использовались сведения о кадастровых участках в виде базы геоданных с атрибутивной информацией о категории земель и разрешенном типе использования участков. Кадастровые данные использованы нами в качестве эталонов.

В результате дешифрирования снимков установлено, что на территории Краснодарского края наибольшие площади приходятся на земли сельскохозяйственного назначения – 4442,2 тыс. га (58,86%), из которых 3349,3 тыс. га (75%) занимают пахотные земли (или 44,38 % от общей площади Краснодарского края) (рисунок 2). Далее по занимаемой площади следуют леса (24,89%), земли под жилой застройкой (4,97 %), воды суши (4,05%), кустарники и/или травянистая растительность (2,76%) и другие категории.

### **Глава 4. Особенности пространственного распределения объектов размещения ТБО**

На территории Краснодарского края по данным спутниковых снимков с применением разработанной нами методики обнаружено более 300 объектов размещения твердых бытовых отходов. Понятно, что в зависимости

от конкретных обстоятельств размеры свалок устанавливаются в соответствии с административными либо другими требованиями. Минимальная площадь свалки в нашем случае составила 0,09 га (900 м<sup>2</sup>), что это является нижним пределом, определяющим количество выявленных объектов и их картометрические показатели. Контуры выявленных скоплений ТБО нанесены на карту земель по модели CORINE (рисунок 2).

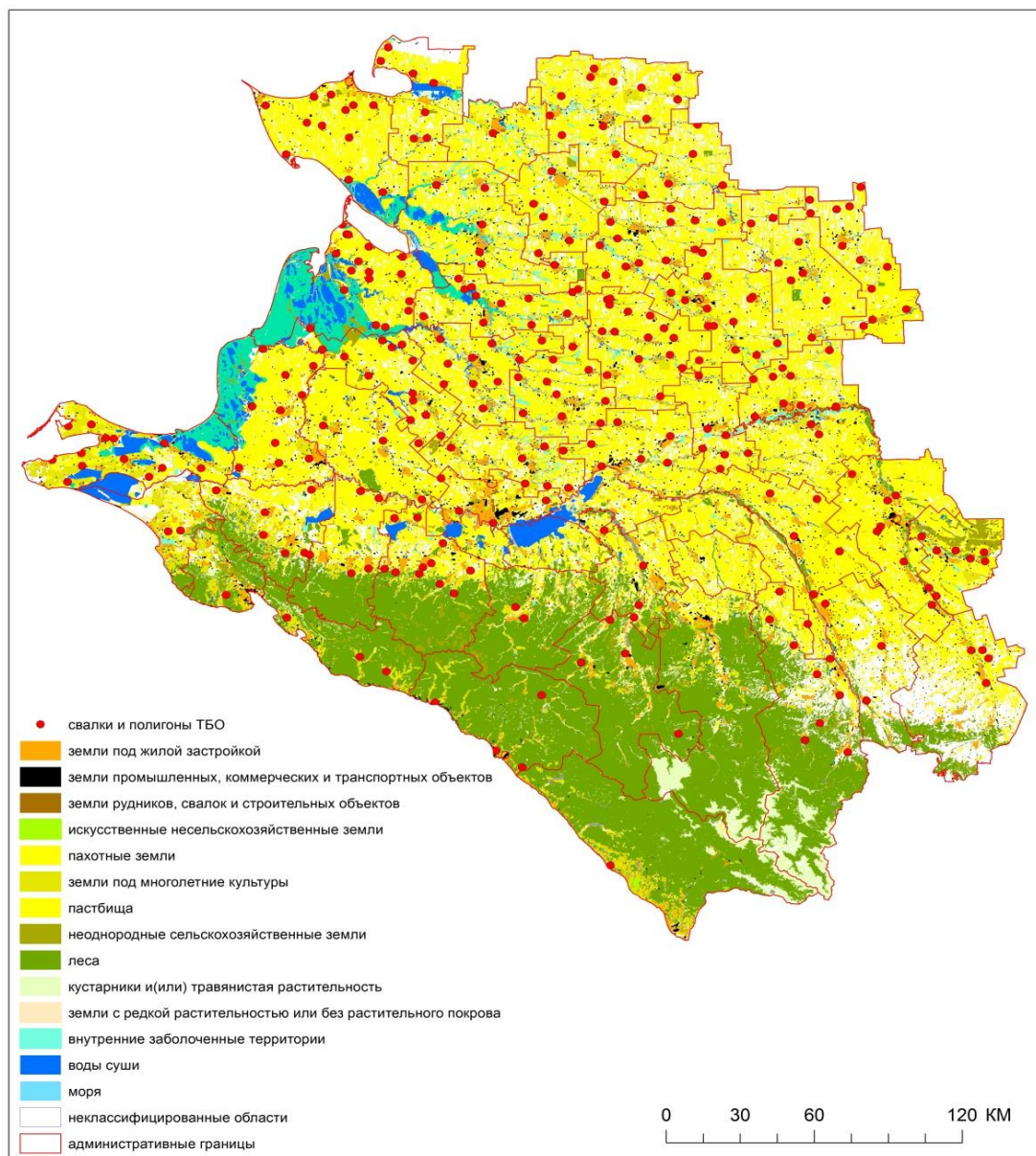


Рисунок 2 – Расположение обнаруженных объектов размещения ТБО в составе земель (по номенклатуре CORINE) на территории Краснодарского края

В параграфе 4.1 рассмотрены свалки в составе земель Краснодарского края. С позиции ландшафтоведения свалки – это особый вид антропогенного ландшафта, образующийся за счет складирования и накопления значительных объемов отходов человеческой деятельности на земной поверхности. Поскольку основная опасность свалок (прежде всего несанкционированных,

стихийных) заключается в трансформации ландшафтов и изъятии земель, в этом параграфе основное внимание уделено складированию отходов ТБО на землях разного назначения.

подавляющее число свалок на исследуемой территории располагается в равнинной части края в природной зоне степей – на землях сельскохозяйственного назначения. В горной части края, преимущественно представленной лесными ландшафтами, плотность свалок в соответствии с дифференциацией заселенности территории существенно меньше. Информация о категориях изъятых земель представлена в таблице 3.

*Таблица 3 – Изъятые под объекты размещения ТБО земли разного назначения по классификации CORINE на территории Краснодарского края*

Категория землепользования по классификации CORINE	Количество объектов	Площадь изъятый территории, га
Земли под жилой застройкой	18	15,63
Земли промышленных, коммерческих и транспортных объектов	47	39,92
Земли рудников и строительных объектов	25	46,18
Пахотные земли	85	572,91
Земли под многолетние культуры	22	31,46
Пастбища	30	229,42
Неоднородные сельскохозяйственные земли	13	26,18
Леса	47	95,57
Кустарники и/или травянистая растительность	9	21,38
Прибрежные болота	3	0,69
Неклассифицированные области	15	30,01
По всем типам	314	1109,35

В параграфе 4.2 представлены данные анализа административно-территориального распределения свалок. Муниципальный подход вполне объясним с позиции административного контроля и принятия действенных управленческих решений в отношении контроля свалок ТБО.

По нашим расчетам, наибольшее количество свалок приходится на Приморско-Ахтарский район (16); значительное их количество выявлено на территории Тихорецкого (15), Выселковского (15) и Калининского (14) районов. Наибольшие площади свалки занимают в Павловском (69,28 га), Тихорецком (53,45 га), Кавказском (54,01 га), Ейском (52,92 га), Выселковском (50,72 га), Приморском-Ахтарском (50,40 га) районах и городе Краснодаре (45,01 га) (рисунок 3). При этом средний показатель для района/городского округа края равен 25,2 га. Наименьшие площади свалок



зафиксированы в городе Армавире (2,57 га), Гулькевичском районе (3,71 га) и на территории города-курорта Сочи (4,84 га). Последние показатели, как видим, в 5–10 раз меньше среднего краевого для муниципального образования.

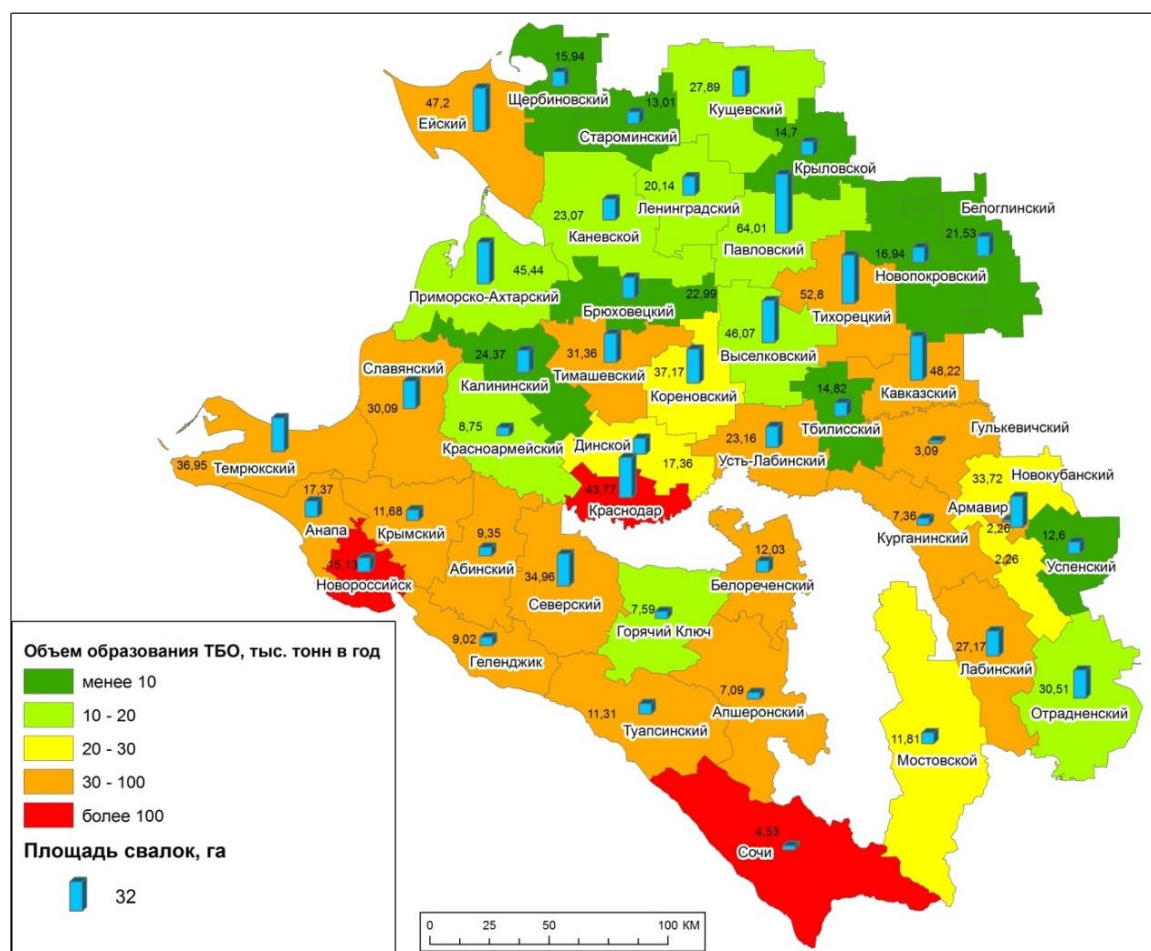


Рисунок 3 – Площади свалок и ежегодные объемы образования ТБО на территориях муниципальных образований Краснодарского края

На площадь свалок в пределах каждого муниципального образования в первую очередь влияет объем формирования ТБО, который зависит от количества постоянно проживающих жителей на данной территории. При составлении карты (рисунок 3), отражающей основные показатели распределения ТБО в крае, учитывались принятые нормы формирования ТБО на человека в сутки. В трех крупнейших городских округах Краснодарского края – Краснодаре, Новороссийске и Сочи – фиксируются наибольшие годовые объемы ТБО, составляющие соответственно 21, 7, 10 % от годового объема образования ТБО в Краснодарском крае.

При оценках относительной площади объектов размещения ТБО в муниципальных образованиях установлено следующее. Городскому округу Краснодара принадлежит несомненное первенство по показателям относительной площади свалок (более 0,50 %), что вызвано значительным количеством компактно проживающего населения (около 20% от краевого). Высо-

кие величины относительных площадей свалок отмечены в Кавказском (0,45‰) и Павловском районах (0,39‰). Показательно, что наименьшая доля свалок в площади муниципального образования (0,01‰) в регионе наблюдается в городе-курорте Сочи, где недавно проведена зимняя Олимпиада-2014.

### Глава 5. Динамика свалок

В главе 5 приведены результаты оценки многолетних изменений свалок по данным спутниковых снимков. Мониторинг состояния свалок ориентирован прежде всего на оценку некоторых пространственных показателей (площадь и контуры ранее выявленных свалок). Для контроля выполнения мероприятий по их рекультивации весьма эффективно применение серии разновременных спутниковых снимков (рисунок 4, 5) с созданием мультивременных композитов.

Посредством анализа временных серий спутниковых снимков на годовых и многолетних интервалах установлена изменчивость картометрических характеристик показательных полигонов ТБО на территории Краснодарского края. В течение 2003–2013 гг. зафиксированы факты увеличения площади (Абинское г.п., Анапское г.п., хут. Копанской – г. Краснодар, Крымское г.п., Туапсинское г.п., Верхнелооский с.о.), сокращение площади (Центральный округ г. Краснодара), рекультивации земель полигона (Адлерское г.п.). Характерные примеры динамики свалок ТБО представлены на рисунках 4 и 5; измеряемые картометрические показатели приведены по данным одной из свалок (таблица 4).

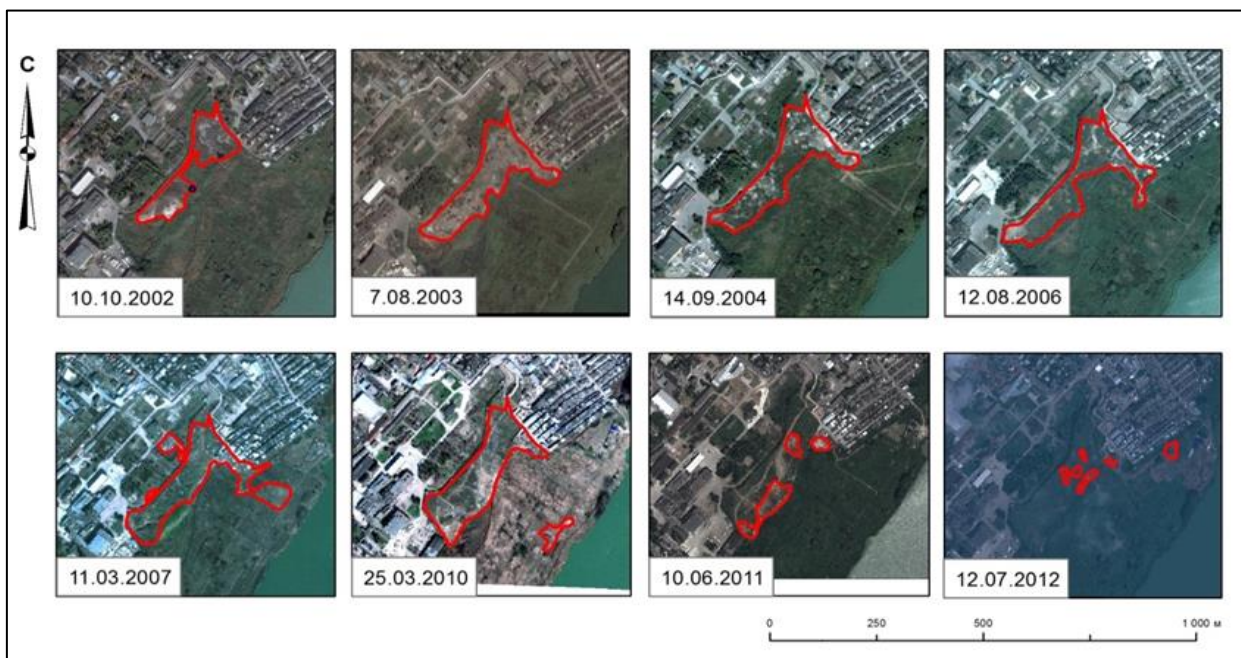


Рисунок 4 – Динамика свалки в Центральном округе города Краснодара

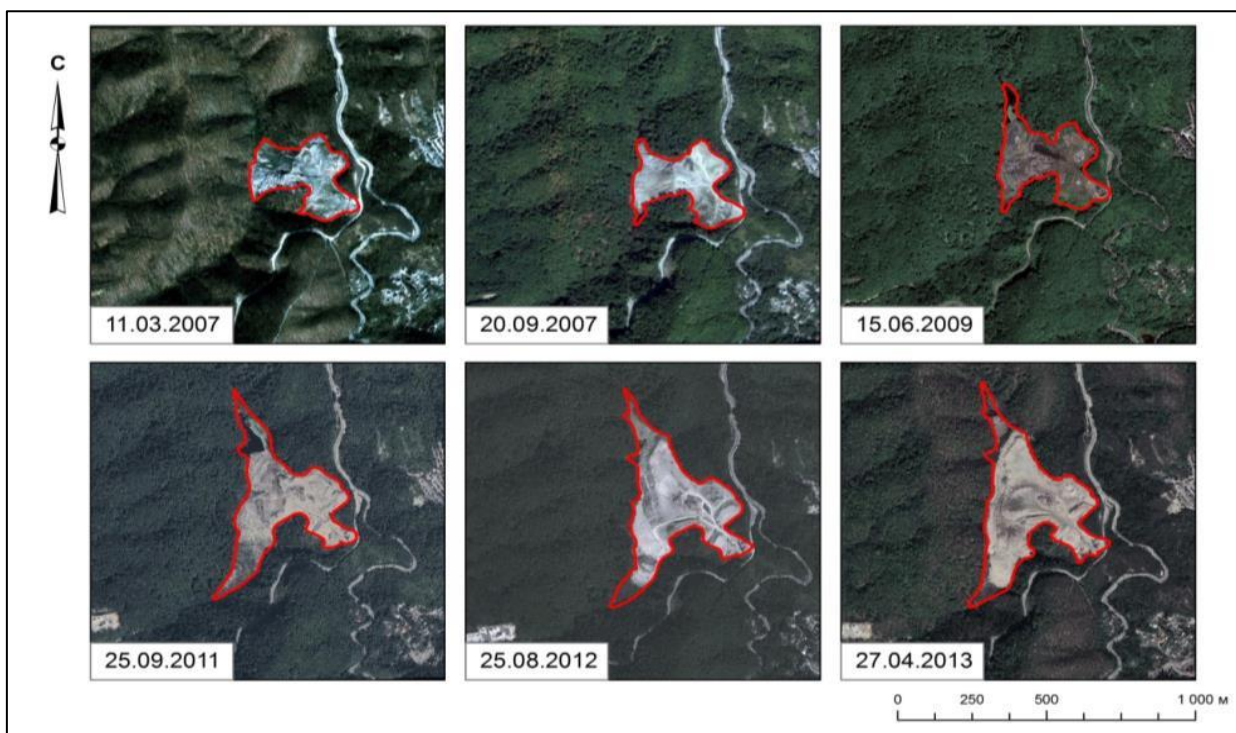


Рис.5. Динамика свалки Туапсинского городского поселения

Таблица 4– Характеристика свалки Туапсинского городского поселения

Дата	Замусоренная площадь, га	Изменение площади к предыдущему году, %	Периметр, км
11.03.2007	6,69	-	1,41
20.09.2007	6,72	133	1,61
15.06.2009	8,09	136	1,88
25.09.2011	11,76	150	2,51
25.08.2012	12,91	110	2,59
27.04.2013	13,92	108	2,68

По данным спутниковых снимков свалки Туапсинского городского поселения (см. рисунок 5) установлен двукратный рост ее площади в период с 2007 по 2013 г., что хорошо фиксируется и на мультивременном композите (рисунок 6). Анализ мультивременного композита показывает, что наиболее значительный рост свалки в исследуемый период наблюдался в северо-западном и юго-западном направлениях. Это обусловлено ограничением территории свалки на востоке автодорогой, а на западе особенностями рельефа. Заметное увеличение площади отмечено с 2009 по 2011 г. (площадь свалки выросла на 50%) (рисунок 5, таблица 4).



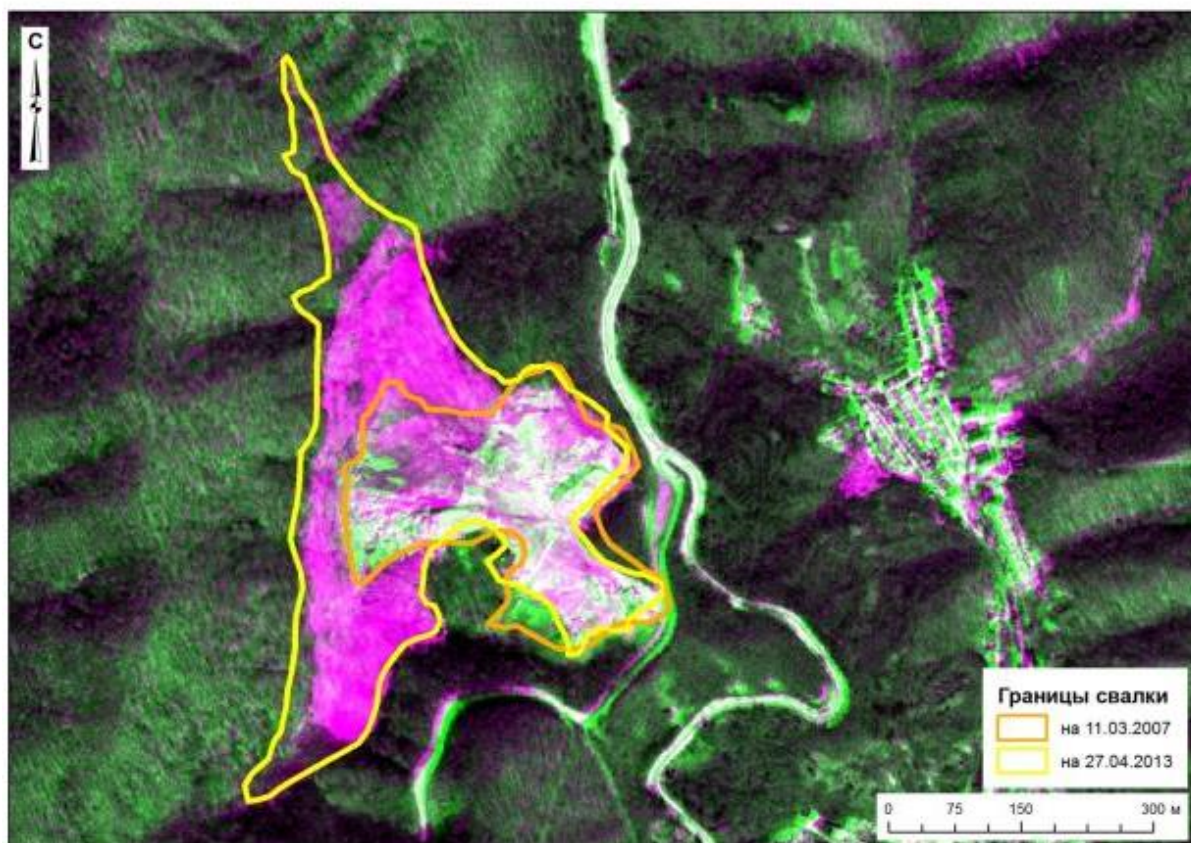


Рисунок 6 – Мультивременной композит территории свалки Туапсинского городского поселения (2007-2013 гг.). Розовым цветом маркированы изменённые поверхности

### Глава 6. О влиянии свалок на ландшафтную сферу

В параграфе 6.1 показано влияние свалок на компоненты ландшафтнoй сферы (литогенную основу ландшафтов, поверхностный сток, растительный покров, атмосферный воздух), установленное по данным спутниковых снимков.

Появление крупных свалок часто провоцирует формирование осыпей, размывов, проседаний, обвалов и сползание пород. На наклонных поверхностях горного рельефа на некоторых свалках отчетливо фиксируются процессы сползания мусора, вовлекающего в движение и верхний слой литогенной основы (свалки Крымского г.п., Туапсинского г.п., Лермонтовского с.п.). Стоки свалочного фильтрата способствуют образованию мелких поверхностных водоемов с вероятной последующей их эвтрофикацией. Площадь обнаруженных водоемов варьирует от 200 м<sup>2</sup> (свалка Коржевского с.п., Славянский р-н) до 2000 м<sup>2</sup> (свалка Нововеличковского с.п., Динской р-н).

Влияние скоплений ТБО на растительный покров оценивалось путем расчета вегетационного индекса NDVI. На снимках места складирования мусора отчетливо маркируются значениями NDVI около – 1 (рисунок 7). Вокруг свалок фиксируется ареол с низкими величинами вегетационного индекса (0,03–0,19) шириной от 5–70 м на свалке в поселке Лоо (рисунок 7)

до 20-110 м на свалке в окрестностях города Туапсе. Участки угнетенной растительности обнаруживаются вдоль эрозионных ложбин, где влияние свалочного фильтрата на состав почвенных и грунтовых вод особенно велико.

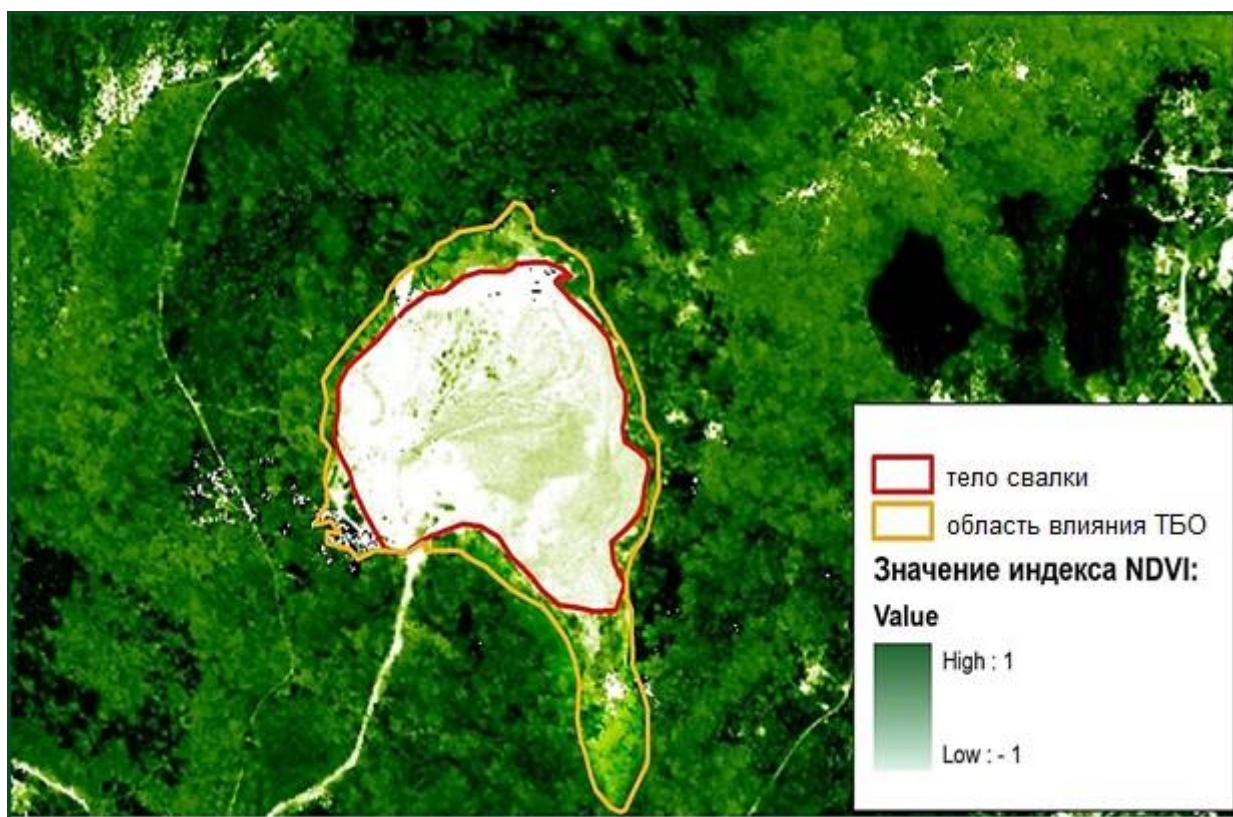


Рисунок 7 – Распределение индекса NDVI в районе свалки в окрестностях поселка Лоо (Большой Сочи). Дата съемки – 25.12.2010

На снимках обнаруживаются многочисленные нарушения водоохранного режима рек и водоемов, когда в пределах водоохранных зон и прибрежных защитных полос находятся свалки (реки Челбас, Расшеватка, Ахтарские озера и др.). Часто свалки располагаются в высохших руслах (Батуриновское с.п., Брюховецкий р-н, Вознесенское с.п., Лабинский р-н).

На землях сельскохозяйственного назначения (пашни, пастбища), изъятых под свалки ТБО, выявлено 115 свалок общей площадью 802 га.

Спутниковый мониторинг пожарной обстановки, включая обнаружение случаев возгорания и тления скоплений ТБО, весьма эффективен. Возгорания свалок ТБО, приводящие к задымлению территории, зафиксированы в Лосевском с.п., Мирском с.п. (Кавказский р-н), пос. Кабардинка (город-курорт Геленджик).

Классификации свалок по воздействию на окружающую среду посвящен параграф 6.2. В основе существующих классификаций полигонов ТБО лежит множество критериев, в том числе климато-географические условия, возраст полигонов, объем, состав свалок, сроки действия эмиссий, локальные особенности местности и др. Классификация объектов



размещения ТБО на территории Краснодарского края по пространственным показателям (площади) показывает размеры ареалов, в пределах которых проявляются техногенные нарушения ландшафтной сферы. Мелкие свалки (размеры менее 4 га) общим числом 233 занимают площадь 407 га, средние свалки (4-16 га) в количестве 74 – 517 га, крупные (более 16 га) в количестве 7 – 186 га. 46% изъятых земель приходится на категорию средних свалок со средним размером 6,99 га; 17% площади – на крупные свалки со средним размером 26,52 га.

На основе набора критериев (протяженность зоны загрязнения, близость населенных пунктов, водоёмов и ОПТ, загрязнение поверхностных водотоков и др.) объекты размещения ТБО классифицированы нами по степени опасности воздействия на ландшафтную среду на: потенциально опасные, средней опасности, относительно безопасные (рис. 8).

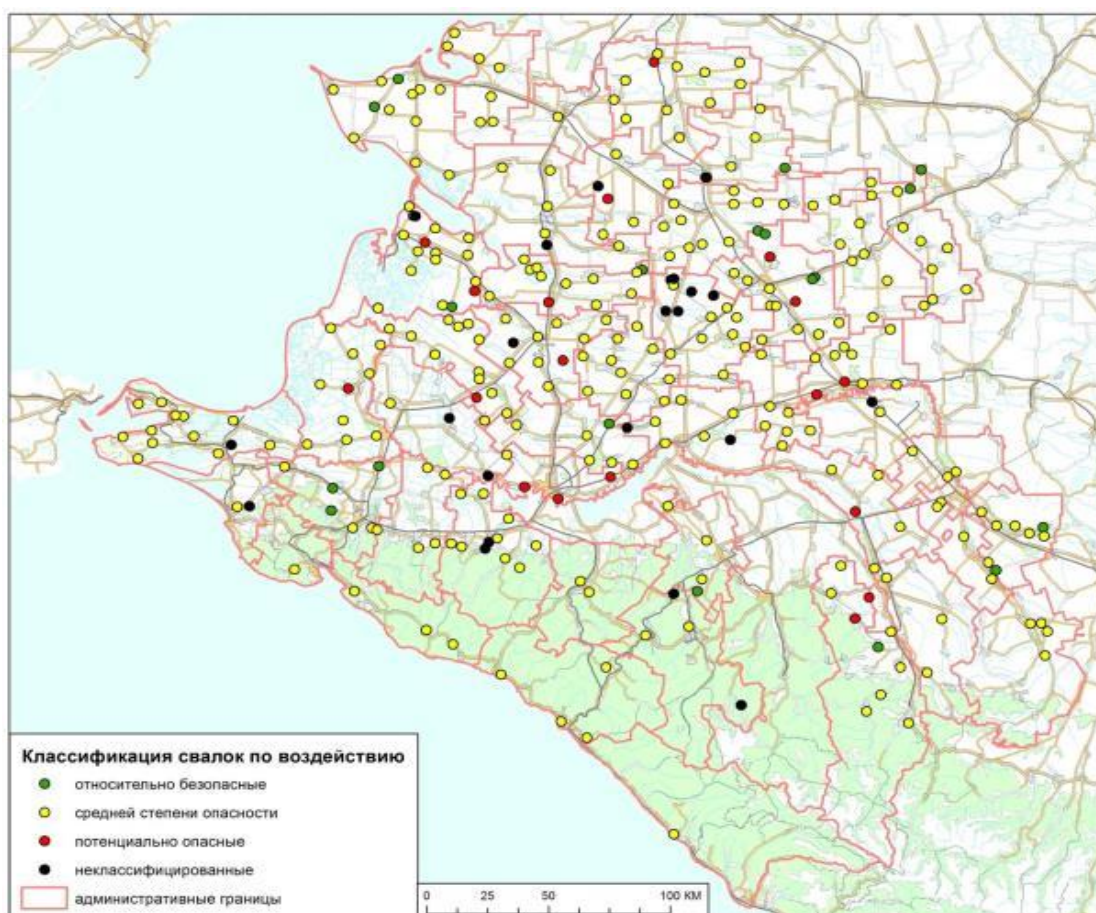


Рисунок 8 – Распределение свалок на территории Краснодарского края, классифицируемых по степени опасности воздействия на ландшафтную среду

Наибольшее количество свалок (255 – 81% от общего числа) с суммарной площадью 517 га (84% от общей площади) относится к категории свалок средней степени опасности. Выявлено 18 потенциально опасных свалок (рисунок 8), охватывающих суммарную площадь 105,27 га.

Усугубление проблемы размещения отходов, а также комплексное негативное воздействие свалок на ландшафтную сферу требует непрерывно-

го контроля за обращением ТБО и организации мониторинга мест размещения отходов. Предлагаемая схема регионального мониторинга свалок представлена в разделе 6.3.

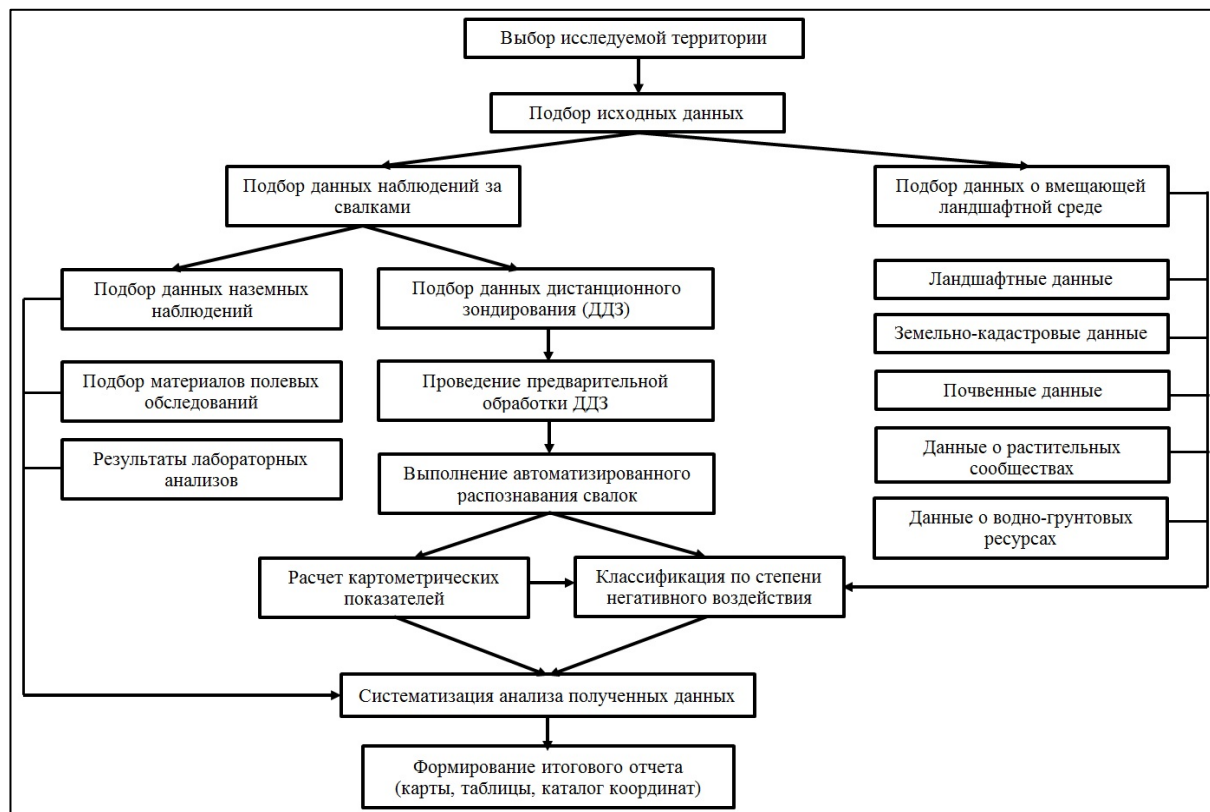


Рис. 9. Схема мониторинга свалок и полигонов ТБО

Схема экстерриториального регионального мониторинга в информационном отношении базируется на трёх составляющих (наземные наблюдения, дистанционные наблюдения, материалы о вмещающей ландшафтной среде), позволяющих сформировать целостное представление о природном ущербе от свалок.

### Заключение

Достигнута главная цель работы – установлены основные закономерности территориального распределения и временных изменений объектов размещения ТБО в Краснодарском крае по данным спутниковых снимков. Сформулируем ключевые выводы исследования:

1. В Краснодарском крае ежегодно формируется более 18 млн т твердых бытовых отходов, при этом в крупных городских округах – Краснодаре, Сочи и Новороссийске – они составляют соответственно 21, 10 и 7% от годового объема ТБО в крае. Острота проблемы ТБО вызвана географическими особенностями региона (курортная и аграрная специализация, ограниченность земельных ресурсов), а также ежегодным ростом отходов.
2. Спутниковые снимки в сочетании с выборочными наземными наблюдениями способствуют объективному и оперативному выявлению и картографированию объектов размещения ТБО. Возможности извлечения информа-

ции из снимков обусловлены: наличием определенных пространственных закономерностей скоплений мусора; схожестью вида спектральных кривых свалок со спектральными кривыми других антропогенных объектов на земной поверхности; характерной текстурой поверхности свалок; наличием вблизи свалок некоторых объектов инфраструктуры.

3. Решена задача распознавания свалок на спутниковых снимках сверхвысокого разрешения (WorldView-2) на основе многоуровневого дешифрирования с использованием оригинальных алгоритмов классификации. Классификация представляет собой нахождение неких подмножеств пикселей на снимке путем последовательной фильтрации (объектно-ориентированной, спектрально-аналитической, инфраструктурно-визуальной).

4. Обработка методического и алгоритмического обеспечения дешифрирования многозональных изображений выполнена на эталонных полигонах ТБО. В процессе верификации методики дешифрирования установлено, что достоверность распознавания на пяти территориях (Анапа, Краснодар, Тихорецк, Туапсе, Лоо) с 48 тестовыми свалками составила 71–87%.

5. По данным спутниковых снимков на территории Краснодарского края обнаружено 314 объектов размещения ТБО общей площадью 1109,35 га. Размеры объектов варьируют от 0,09 до 24,7 га. Наибольшее их количество (85 свалок, или 27% от общего числа) и наибольшая площадь (572,91 га, или 52% от общей площади всех выявленных свалок) приходится на свалки, занимающие пахотные земли.

6. Высокие величины относительных площадей свалок отмечены в Кавказском (0,41‰) и Павловском (0,36‰) районах, однако наибольшая доля свалок в составе муниципальных земель приходится на город Краснодар с показателем относительной площади свалок более 0,5 ‰. Это вызвано значительным количеством компактно проживающего населения (около 20% от краевого). Наименьшая доля свалок в площади муниципального образования (0,01‰) в регионе зафиксирована в городе-курорте Сочи.

7. Эффективным способом оценки воздействия свалок на растительный покров является расчет индексов NDVI, позволяющий выявить ареол с пониженными величинами индекса. Ширина такого ареола по данным свалок в окрестностях Туапсинского г.п. и Верхнелооского сельского округа колеблется от 5 до 110 м. Особенно велико угнетающее воздействие свалок на растительный покров вдоль эрозионных ложбин за счет фильтрационного стока.

8. По спутниковым снимкам описано многообразное влияние скоплений ТБО на элементы ландшафтной сферы. Зафиксированы процессы сползания мусора в условиях горного рельефа (Туапсинское г.п., Лермонтовское с.п.); образование поверхностных водоемов с участием фильтрационных стоков (Нововеличковское с.п. Динского р-на, Коржевское с.п. Славянского р-на); многочисленные факты нарушения водоохранного режима рек и водоемов; изъятие земель разного хозяйственного назначения; загрязнение атмосферного воздуха свалочным газом и дымом (пос. Кабардинка МО г. Геленджик, Лосевское с.п. и Мирское с.п. Кавказского р-на и др.).

9. Согласно предложенной классификации по степени опасности воздействия на окружающую среду к потенциально опасным относятся 18 объектов размещения ТБО (9% общей площади объектов), средней степени опасности – 255 (84% площади), относительно безопасным – 19 (4% площади).

10. В результате анализа временных серий спутниковых снимков на годовых и многолетних интервалах установлена изменчивость картометрических характеристик показательных полигонов ТБО на территории Краснодарского края. В течение 2003–2013 гг. зафиксированы факты увеличения площади (Абинское г.п., Анапское г.п., хут. Копанской – г. Краснодар, Крымское г.п., Туапсинское г.п., Верхнелооский с.о.), сокращение площади (Центральный округ г. Краснодара), рекультивация земель полигона (Адлерское г.п.).

11. Предлагаемая система регионального мониторинга свалок и полигонов ТБО, разработанная на принципе экстерриториальности, позволяет вывести на новый информационный уровень контроль мест складирования мусора.

### **Публикации по теме диссертации**

#### ***Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК***

1. Кузнецов, К.В. Об использовании спутниковых снимков для распознавания сельскохозяйственных культур в Краснодарском крае / К.В. Кузнецов, Д.А. Липилин // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2012. – №3(32). – С. 88–92.

2. Погорелов, А.В. О дешифрировании объектов землепользования по космическим снимкам на территории Краснодарского края / А.В. Погорелов, Д.А. Липилин // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2013. – №2(35). – С. 46–52.

3. Погорелов, А.В. Мониторинг и классификация свалок на территории Краснодарского края / А.В. Погорелов, Д.А. Липилин // Известия Дагестанского педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2014. – №1. – С. 114–121.

#### ***Статьи и тезисы в научных сборниках и трудах конференций:***

4. Липилин, Д.А. О контроле соблюдения водоохранного режима рек степной зоны по данным спутниковых снимков (на примере Краснодарского края) / Д.А. Липилин // Материалы научно-практической конференции, посвященной 50-летию Кубанского бассейнового управления «Управление водными ресурсами: рациональное использование, охрана и безопасность». – Краснодар: Кубанский гос. аграрный ун-т, 2012. – С. 127–132.

5. Липилин, Д.А. Использование ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования в системе мониторинга состояния окружающей среды Краснодарского края / Д.А. Липилин // Материалы международной конференции «Измерения, моделирование и информационные системы для изучения окружающей среды». – Воронеж: ВИВТ, 2012. – С. 131–136.

6. Липилин, Д.А. Разработка методики контроля водоохранного режима рек степной зоны Краснодарского края по данным спутниковых снимков / Д.А. Липилин // Материалы V международной конференции «Геоинформационные технологии и космический мониторинг». – Ростов н/Д: ЮФУ, 2012. – С. 147–152.

7. Липилин, Д.А. Использование данных дистанционного зондирования в системе мониторинга состояния мест размещения отходов на территории Краснодар-

ского края / Д.А. Липилин // Материалы Всероссийской молодежной конференции в рамках фестиваля науки «Исследование экологической устойчивости почв с использованием ГИС-технологий». – Воронеж: ВИВТ, 2012. – С. 36–42.

8. **Липилин, Д. А.** Особенности дешифрирования свалок на территории Краснодарского края по материалам спутниковых снимков (методика и результаты) / Д.А. Липилин // Географические исследования Краснодарского края: сб. науч. тр. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2012. – Вып. 7. – С. 243–250.

9. Погорелов, А. В. О дешифрировании объектов землепользования по космическим снимкам на территории Краснодарского края [Электронный ресурс] / А.В. Погорелов, Д.А. Липилин // Концепт. Современные научные исследования. – 2013. – Выпуск 1. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2013/53600.htm>.

10. **Липилин, Д.А.** Мониторинг свалок на территории Краснодарского края по материалам спутниковых снимков (методика и результаты) [Электронный ресурс] // Концепт. Современные научные исследования. – 2013. – Выпуск 1. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2013/53126.htm>.

11. Погорелов, А.В. Опыт дешифрирования земель разного хозяйственного назначения на территории Краснодарского края по материалам космической съемки / А.В. Погорелов, Д.А. Липилин // Известия Кубанского государственного университета, естественные науки. – 2013. – Вып. 1(2). – С. 92–99.

12. **Липилин, Д.А.** Опыт распознавания и мониторинга состояния свалок по данным спутниковых снимков / Д.А. Липилин // Сборник докладов V Международной научно-практической конференции «Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях». – М.: МГСУ, 2013. – С. 186–189.

13. Погорелов, А.В. Оценка структуры землепользования в Краснодарском крае по данным спутниковых снимков / А.В. Погорелов, Д.А. Липилин // Наука Кубани. – 2013. – №3. – С. 15–22.

14. Погорелов, А.В. Космический мониторинг свалок / А.В. Погорелов, Д.А. Липилин // Сборник тезисов работ участников XI Всероссийского молодежного форума по проблемам культурного наследия, экологии и безопасности жизнедеятельности «ЮНЭКО-2013» / Национальная система «Интеграция», Государственная Дума Федерального Собрания Российской Федерации, Минобрнауки России, РОСКОСМОС, Минтранс России, Минсельхоз России – М., 2013. – С. 268–269.

15. **Липилин, Д.А.** Космический мониторинг свалок / Д.А. Липилин // Международный молодежный экологический форум стран СНГ: материалы и доклады / Зелёный крест; сост. А.В. Фёдоров. – СПб.: Графика-Тон, 2013. С. 138–143.

16. Погорелов, А.В. Опыт космического мониторинга свалок на территории Краснодарского края / А.В. Погорелов, С.В. Дулепа, Д.А. Липилин // Геоматика. – 2013. – №4 (21). – С. 64–72.

17. Погорелов, А.В. К вопросу мониторинга и классификации свалок на территории Краснодарского края / А.В. Погорелов, Д.А. Липилин // Аграрная география в современном мире: сб. науч. тр. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2014. – С. 263–268.

18. **Lipilin, D.A.** Landfills of solid waste in the Krasnodar region: municipal aspect / D.A. Lipilin, A.V. Pogorelov // Materiały z X Międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej « Partnerstwo Wschodnie - 2014». – Przemysl, Polska. – Режим доступа: [http://www.rusnauka.com/28\\_WP\\_2014/Geographia/6\\_177148.doc.htm](http://www.rusnauka.com/28_WP_2014/Geographia/6_177148.doc.htm)

**Л и п и л и н Дмитрий Александрович**  
**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ДИНАМИКА**  
**ОБЪЕКТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**  
**НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**  
Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

---

Подписано в печать \_\_.\_\_.20\_\_. Формат 60x84/16.  
Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 120 экз. Заказ №  
Издательско-полиграфический центр  
Кубанского государственного университета  
350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149.