

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВПО «КубГУ»)**

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**

**Диссертация на соискание ученой степени
кандидата географических наук**

**Научный руководитель
доктор географических наук,
профессор
Погорелов А.В.**

Краснодар

2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ПРОБЛЕМА И МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ СВАЛОК	11
1.1. Объекты размещения твердых бытовых отходов	11
1.2. Изученность объектов размещения ТБО	19
1.3. Методические вопросы изучения свалок.....	29
2. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	32
2.1. Исходные данные	32
2.2. Методика распознавание свалок на спутниковых снимках	38
3. СТРУКТУРА ЗЕМЕЛЬ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	62
3.1. Программы мониторинга земель	62
3.2. Структура земель Краснодарского края по модели CORINE Land Cover	69
4. ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВАЛОК	81
4.1. Свалки в составе земель Краснодарского края	82
4.2. Административно-территориальный аспект распределения свалок.....	86
5. ДИНАМИКА СВАЛОК	95
5.1. Методические подходы к анализу	95
5.2. Многолетняя изменчивость свалок	96
6. О ВЛИЯНИИ СВАЛОК НА ЛАНДШАФТНУЮ СФЕРУ	112
6.1. Влияние на компоненты ландшафтной сферы	112
6.2. Классификация свалок по воздействию на окружающую среду	138
6.3. Организация мониторинга свалок	146
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	150
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	153
ПРИЛОЖЕНИЕ	166

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и степень разработанности темы. Воздействие человека на ландшафтную сферу настолько усилилось в последние десятилетия, что традиционные методы слежения за её состоянием уже не отвечают современным требованиям управления географическими процессами. Альтернативой традиционным методам наблюдения за состоянием ландшафтнoй сферы в условиях возрастающего антропогенного воздействия выступает концепция дистанционного мониторинга с использованием средств ГИС. Целесообразность применения этих средств не в последнюю очередь связана с растущей под антропогенным воздействием пространственной неоднородностью ландшафтнoй сферы.

Проблема размещения твердых бытовых отходов (ТБО) в Краснодарском крае в силу его географических особенностей (курортная и земледельческая специализации, высокая ценность земельных ресурсов и пр.) стоит особенно остро. На объемы отходов влияют высокая плотность населения, почти в 10 раз превышающая среднероссийский показатель, и значительное количество туристов (до 10–15 млн чел.), ежегодно посещающих край. По нашим расчетам ежегодный объем ТБО в крае составляет более 18 млн т, причем количество отходов растет. Несанкционированные свалки исключают из землепользования ценные земли различного назначения, включая сельскохозяйственные. Наличие в свалках опасных отходов и неизбежных выделений (например, свалочного фильтрата) способно нарушить сложившиеся процессы метаболизма в прилегающих к свалкам участках ландшафтнoй сферы.

В России в последние годы накоплен определённый опыт обращения к материалам аэрокосмических измерений при исследовании свалок и полигонов ТБО (О.В. Бровкина, В.Ф. Мочалов, Л.И. Чапурский, С.С. Тимофеева, Л.В. Шешукова, А.В. Абросимов и др.). Тем не менее исследованию географических аспектов свалок ТБО в России до сих пор не уделяется должного

внимания, о чем свидетельствует не только ограниченное количество научных публикаций, но и слабое внедрение в практику контроля свалок технологий дистанционного зондирования. В Краснодарском крае уровень изученности свалок и эмпирического обобщения имеющихся данных явно недостаточен и не соответствует природной, 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 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, базирующегося на материалах дистанционного зондирования и ГИС-технологиях, но и фактическим обнаружением скоплений мусора и определением характеристик свалок. Разработка самой схемы мониторинга позволит повысить эффективность и достоверность оценок состояния свалок и полигонов ТБО. Кроме того, насущным остается определение воздействия свалок на компоненты географической среды (литогенную основу, поверхностный сток, растительный покров и т.п.).

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 – исследование распределения и временных изменений объектов размещения твердых бытовых отходов на территории Краснодарского края на основе разработанного методического обеспечения (с исполь-

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

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

1. Разработать и апробировать методику распознавания свалок / полигонов ТБО на спутниковых многозональных снимках высокого и сверхвысокого пространственного разрешения.

2. Выполнить верификацию методики 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 (полигонов и санкционированных свалок) размещения ТБО, расположенных в характерных ландшафтно-климатических условиях Краснодарского края, описать их многолетнюю (2002–2013 гг.) изменчивость.

6. Показать влияние свалок ТБО на компоненты ландшафтной сферы (литогенную основу, поверхностный сток, растительный покров и др.) региона.

7. Классифицировать объекты размещения ТБО по характеру воздействия на окружающую среду Краснодарского края.

8. Разработать схему регионального мониторинга свалок и полигонов ТБО.

Концепция исследования построена на применении дистанционных методов для организации региональной системы слежения за объектами размещения ТБО.

Методы исследования. При выработке методических подходов в части 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.B. Campbell, J.R. Jensen, R.A. Schowengerdt, заложивших фундамент применения данных дистанционного зондирования в географических исследованиях. Опыт многосторонних исследований свалок [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 проводимый анализ.

В работе реализован комплекс камеральных и дистанционных методов. Методика цифровой обработки снимков с целью распознавания мест складирования мусора включала атмосферную и геометрическую коррекцию растрового изображения, а также процедуры многоуровневого дешифрирования с использованием на каждом уровне оригинальных алгоритмов классификации. Результаты распознавания подвергались верификации 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).

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) мультиспектральные (8-канальные) спутниковые снимки сверхвысокого пространственного разрешения WorldView-2, мультиспектральные снимки спутника Landsat 5TM; 2) сведения о кадастровых участках на территории Краснодар-

ского края с информацией о категории земельных участков и разрешенном виде использования; 3) материалы наземных исследований автора, включающие описание обследованных свалок и полигонов ТБО.

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 скоплений 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 среды;
- 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 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 мультивременных композитов. Точность дешифрирования по данным 48 эталонных объектов достигает 71–87%.

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 1–3 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 рекультивации 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 рек и водоемов, определено изъятие земель разного хозяйственного назначения.

6. По совокупности признаков опасности воздействия на ландшафтную сферу Краснодарского края выявлены относительно безопасные (19 объектов), 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 работы определяется непосредственным использованием разработанных методик для локализации мест скопления ТБО по данным спутниковых снимков, оценки негативного воздействия стихийных и санкционированных свалок и полигонов ТБО на компоненты окружающей природной среды. Полученные результаты пространственно-

временного распределения мест размещения ТБО на территории Краснодарского края закладывают научную основу для принятия управленческих решений в части минимизации негативного воздействия мест размещения ТБО на окружающую среду края.

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, а также оценки их картометрических характеристик.

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

Основные результаты исследования доложены на научно-практической конференции «Управление водными ресурсами: рациональное использование, охрана и безопасность» (Краснодар, 2012), Международной конференции «Измерения, моделирование и информационные системы для изучения окружающей среды» (Воронеж, 2012), V Международной конференции «Геоинформационные технологии и космический мониторинг» (Дюрсо, 2012), Всероссийской молодежной конференции «Исследование экологической устойчивости почв с использованием ГИС-технологий» (Воронеж, 2012), V Международной научно-практической конференции «Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях» (Москва, 2013), XI Всероссийском молодежном форуме по проблемам культурного наследия, экологии и безопасности жизнедеятельности «ЮНЭКО-2013» (Москва, 2013), Международном молодёжном экологическом форуме стран СНГ (Санкт-Петербург, 2013), 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 экосистем, ландшафтная экология, экогеохимия и 12. География антропогенных ландшафтов и почв, культурной фауны и флоры.

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

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

1. ПРОБЛЕМА И МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ СВАЛОК

1.1. Объекты размещения твердых бытовых отходов

Под *объектами размещения отходов* понимаются сооружения, обустроенные и эксплуатируемые в соответствии с экологическими требованиями, а также специально оборудованные места для хранения отходов на предприятиях в определенных количествах и на установленные сроки [ГОСТ 30772-2001]. К таким сооружениям относятся: полигоны, шламохранилища, хвостохранилища, отвалы горных пород, свалки и другие сооружения.

В нашей работе рассматриваются места размещения наиболее распространенных видов отходов – *твердых бытовых отходов* (ТБО) или бытового мусора. К ТБО относят прежде всего отходы хозяйственной деятельности населения, образующиеся при уборке, ремонте квартир, приготовлении пищи и т.п., включая отходы отопительных устройств местного отопления, крупногабаритные предметы домашнего обихода, потерявшие потребительские свойства, упаковку, мусор с дворовых территорий, отходы ухода за зелеными насаждениями и некоторые другие. Твердые бытовые отходы имеют главным образом непромышленное происхождение – это отходы потребления, образующиеся в бытовых условиях в результате жизнедеятельности человека. К ним же относятся отходы, сопровождающие деятельность коммерческих и производственных фирм, пользующихся услугами коммунальных служб.

В состав твердых бытовых отходов входят бумага, пластмассы, различные пищевые отходы, цветные и черные металлы, текстиль, древесина, стекло, кожа, смёт, резина, кости и прочие отходы хозяйственной деятельности населения. В силу происхождения бытовые отходы характеризуются многокомпонентностью и неоднородностью состава, малой плотностью и способностью к загниванию. Таким образом, твердые бытовые отходы представля-

ют собой механическую смесь разнообразных материалов и гниющих продуктов, отличающихся по физическим, химическим и механическим свойствам и размерам. Понятно, что подобный состав накладывает известный отпечаток на процедуру их идентификации на земной поверхности на спутниковых снимках.

Известно, что состав ТБО, различающийся в разных населенных пунктах и географических условиях, меняется также и в зависимости от сезона. Так, осенью и летом в составе бытового мусора на исследуемой территории увеличивается доля пищевых отходов, поскольку населением в пищу употребляется больше фруктов и овощей.

В мировой геоэкологической практике определены годовые нормы накопления бытовых отходов на одного человека, на одно место в гостинице, на квадратный метр торговой площади магазина и т.д. В крупных городах на нормы накопления мусора, как правило, влияют климатические показатели, а из социально-экономических предпосылок – особенности менталитета и благосостояние населения. Например, в промышленных городах центральной части России норма отходов на душу населения оценивается в 225–250 кг/год. В России твердые бытовые отходы по нормам образования на человека для городских жителей составляют в среднем 1,2 кг/чел/сут, для сельских жителей – 0,52 кг/чел/сут [Григораш и др., 2013]. Для сравнения: в развитых европейских странах (Бельгия, Великобритания, Германия, Италия, Швеция и др.) и Японии годовая норма отходов на душу населения уже в 1995–1996 гг. достигла 340–440 кг, в Австрии и Финляндии – свыше 620, а в США превысила 720 кг на одного человека в год [Тугов и др., 1998].

В большинстве случаев сооружениями по размещению и обезвреживанию удаляемых из населенных пунктов ТБО являются *полигоны*. Согласно [ГОСТ 30772-2001] 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. Полигоны –

это комплексы природоохранительных сооружений, предназначенные для складирования, изоляции и обезвреживания ТБО, обеспечивающие защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствующие распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов [Инструкция..., 1996]. На полигонах обеспечивается статическая устойчивость ТБО с учетом динамики уплотнения, минерализации, газовыделения, максимальной нагрузки на единицу площади, возможности последующего рационального использования участка после закрытия полигонов.

Участок для устройства полигона ТБО должен отводиться в соответствии с утвержденным генеральным планом или проектом планировки и застройки города (населенного пункта) и его пригородной зоны. Полигон для твердых бытовых отходов желательно размещать на ровной поверхности, исключающей возможность смыва атмосферными осадками части отходов и загрязнения ими прилегающих земельных площадей и открытых водоемов, вблизи населенных пунктов. Допускается отвод земельного участка под полигоны ТБО на территории оврагов, начиная с его верховьев, что позволяет обеспечить сбор и удаление талых и ливневых вод путем устройства перехватывающих нагорных каналов для отвода этих вод в открытые водоемы.

Гораздо большую опасность для окружающей среды и населения представляют *свалки*. Существует множество определений свалок (illegall dump), характеризующих их с разных позиций. Согласно нормативной документации [ГОСТ 30772-2001] свалка – это местонахождение отходов, использование которых в течение обозримого срока не предполагается. По мнению Рябова [2012], свалкой считается несанкционированное размещение отходов сплошным свалочным телом или отдельно расположенными очаговыми навалами отходов объемом более 10 м^3 или площадью более 200 м^2 . В последнем определении, как видим, присутствуют количественные критерии; кроме того, понятие свалки ограничивается только несанкционированным размещением отходов.

Действительно, 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 [Инструктивно-методические..., 2007].

Несанкционированные свалки отходов – это территории, используемые, но не предназначенные для размещения на них отходов [ГОСТ 30772-2001]. По определению [Об утверждении..., 1999] несанкционированная свалка – это место самовольного (несанкционированного) сброса (размещения) или складирования твердых бытовых отходов, крупногабаритного мусора, отходов производства и строительства, другого мусора, образованного в процессе деятельности юридических или физических лиц на площади свыше 50 м² и объемом свыше 30 м³.

Широко распространен термин «стихийная свалка», который зачастую употребляют как синоним несанкционированной свалки. Под стихийными свалками обычно понимаются места неконтролируемого несанкционированного размещения отходов на территориях, для этого не предназначенных.

В настоящей работе анализируются *объекты размещения твердых бытовых отходов*, под которыми понимаются места складирования ТБО, включающие как полигоны, так и свалки. 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. Кроме того, зачастую полигоны не обеспечивают (как это предписано нормативной документацией)

защиту от загрязнения компонентов природной среды, не препятствуют распространению болезнетворных микроорганизмов и т.п.

Состояние среды на территориях проживания населения, независимо от наличия вредных производств, во многом определяется системой санитарной очистки от непромышленных отходов, т.е. ТБО. Россия производит около 150 млн м³, или 30 млн т ТБО в год, находясь в первой десятке стран по этим показателям. Именно поэтому способы утилизации отходов напрямую влияют на существующие и перспективные экологические риски на территории России [Гунько, 2013].

Наименее затратным, исторически сложившимся и, как следствие, наиболее популярным в мировой практике методом утилизации ТБО из населенных пунктов является метод захоронения и складирования ТБО на свалках (табл. 1.1). При этом данный метод утилизации в принципе противоречит экологическим и ресурсным требованиям [<http://www.waste.ru>]. В России складирование и захоронение на свалках охватывает 94% ТБО, что существенно больше, чем в других странах (Япония, Австрия, Франция, Германия), где значительная часть отходов утилизируется посредством сжигания (до 21–73%).

Неразвитость системы сжигания ТБО в процессе утилизации, за исключением ряда стран, является следствием высоких затрат, причем не только на строительство, но и на эксплуатацию мусоросжигательных заводов с соблюдением всех санитарных норм [Плетнев, 1998; Юфит, 1998]. Компостирование, развитое, например, во Франции, Австрии и Германии, в свою очередь требует организации сложной системы селективного сбора мусора с использованием специальных контейнеров, устанавливаемых в местах образования отходов. В случае низкой экологической культуры местных жителей это предполагает проведение разъяснительной и информационной работы среди населения (начиная со школьных программ обучения) [Шубов и др., 2000].

Мировая практика использования различных видов утилизации ТБО
[<http://gov.cap.ru>]

Метод утилизации, %	США	Великобритания	Франция	Германия	Австрия	Италия	Россия	Япония	Юж. Корея
Сжигание	17	7	37	21	73	13	6	59	18
Захоронение на свалках	81	92	53	73	19	84	94	38	79
Компостирование	–	1	10	6	7	3	–	1	2
Прочие	2	–	–	–	1	–	–	2	1

В Краснодарском крае, согласно [Концепция..., 2008], ежегодно образуется более 2 млн т твердых бытовых отходов. О составе ТБО дает представление табл. 1.2. Состав отражает содержание соответствующих компонентов в твердых бытовых отходах жизнедеятельности человека и хозяйствующих субъектов. Как видим, в составе ТБО, образующихся в процессе жизнедеятельности человека, 30–35% приходится на бумагу и картон, 25–32% – на пищевые отходы, 7% – на полимерные материалы, 4–5% – на стекло, 4–5% – на текстиль.

По нашим расчетам, выполненным согласно существующим нормам, с участием населения Краснодарского края ежегодно образуется 1,72 млн т отходов. Однако в этот объем не входят отходы жизнедеятельности туристов, отдыхающих на территории края. По информации Министерства курортов и туризма Краснодарского края [<http://min.kurortkuban.ru>] в 2013 г. край посетили 11,4 млн туристов; при этом средняя продолжительность пребывания туристов составила 7,4 сут. на человека [<http://krsdstat.gks.ru>]. Таким образом, в соответствии с принятыми нормами ежесуточных отходов в процессе жиз-

недеятельности человека [Григораш и др., 2013] объем образованных за год туристами отходов в Краснодарском крае равен примерно 0,1 млн т/год.

Таблица 1.2

Состав твердых бытовых отходов Краснодарского края
[Концепция..., 2008]

Компонент	Содержание компонента в твердых бытовых отходах жизнедеятельности человека, %	Содержание компонента в твердых бытовых отходах хозяйствующих субъектов, %
Бумага, картон	30–35	45–52
Пищевые отходы	25–32	10–15
Дерево, листья	1–2	3–5
Текстиль	4–5	4–5
Кожа, резина	1	1–2
Полимерные материалы	7	8–12
Кости	1–2	1–2
Черный металл	3–4	3–4
Цветной металл	1	1–4
Стекло	4–5	1–3
Камни, керамика	1	2–3
Отсев менее 16 мм	5–7	5–7
Прочее	1–2	2–3

Кратко укажем на ландшафтный аспект складирования мусора и участия объектов размещения ТБО в формировании ландшафтных комплексов. Понятно, что места складирования мусора при существующих объемах их образования способны не только повлиять на изменение ландшафтного облика местности, но и сформировать особый антропогенный ландшафт.

В целом территориальные комплексы, возникшие в результате антропогенного воздействия на географическую среду, характеризуются полигенетичностью и значительной вариабельностью морфологической структуры. А.П. Егоров и В.В. Козин важнейшей характеристикой генезиса антропогенных ландшафтов считают степень конструктивности / деструктивности,

наиболее обобщенно определяющей направление развития ландшафтов [Егоров, Козин, 2006]. Под конструктивно-деструктивным генезисом антропогенного ландшафта ими понимается целенаправленное изменение структуры и функциональных особенностей ландшафта с целью выполнения им каких-либо социально-экономических функций, возникающее вследствие прямого антропогенного воздействия, заведомо негативного по отношению к окружающей среде. Таксоны данной группы нуждаются в рекультивации после прекращения хозяйственного воздействия или при возникновении и ведении экстенсивного типа использования земель. Свалки ТБО относятся к утилизационной форме ландшафта, образующейся в результате создания и функционирования открытых (находящихся на поверхности) мест утилизации и хранения твердых промышленных и бытовых отходов, и имеют конструктивно-деструктивный генезис [Егоров, Козин, 2006].

Таким образом, свалки представляют собой особый вид антропогенного ландшафта, образующийся за счет складирования и накопления значительных объемов отходов человеческой деятельности на земной поверхности. Свалки имеют очень различный характер появления во времени и пространстве, однако обычно располагаются в населенных пунктах либо в непосредственной близости от них. Время образования свалок может колебаться от нескольких дней до нескольких месяцев.

Антропогенный ландшафт, сформировавшийся под влиянием скопления мусора, характеризуется высокой скоростью динамики и имеет сезонную зависимость. Например, наибольшее количество пищевых отходов образуется в летне-осенний период. В Краснодарском крае это вызвано еще и значительным количеством туристов, посещающих регион преимущественно в летнее время. Так, в городах южной зоны заметно увеличивается содержание пищевых отходов с 20–25% весной до 40–55% в летне-осенний период, что связано с большим содержанием овощей и фруктов в рационе питания населения [Систер и др., 2001].

1.2. Изученность объектов размещения ТБО

В силу географических особенностей Краснодарского края (курортная и аграрная специализация, относительная ограниченность земельных ресурсов при их высокой стоимости) проблема размещения твердых бытовых отходов на его территории стоит особенно остро. На объемы ТБО влияют высокая плотность местного населения, почти в 10 раз превышающая среднероссийский показатель, и значительное количество туристов (до 10–15 млн чел.), ежегодно посещающих край. Существенным фактором в этом смысле является отсутствие в регионе в достаточном количестве предприятий по переработке вторичного сырья. Таким образом, налицо предпосылки роста количества свалок, а также увеличения размеров (площади, объемов) уже имеющих.

Нанося комплексное воздействие на компоненты окружающей среды Краснодарского края, объекты складирования ТБО способны отрицательно влиять не только на здоровье местных жителей, но и на социально-экономические показатели региона. Так, почвы, загрязненные в процессе вымывания из свалочного тела тяжелых металлов и других ядовитых веществ, без дорогостоящей рекультивации становятся непригодными для нужд сельского хозяйства – основной отрасли экономики края. Следует иметь в виду, что в большинстве случаев в условиях края такими почвами являются черноземы. Трансформация естественных ландшафтов в результате создания и функционирования открытых мест утилизации и хранения твердых промышленных и бытовых отходов, несомненно, приводит к снижению туристической привлекательности территории.

Высокая актуальность вопросов размещения отходов рождает повышенный интерес органов государственной власти к проблеме их складирования и инвентаризации свалок. Согласно работе Гусельниковой [2012], управлением Росприроднадзора по Краснодарскому краю и Республике Адыгея в 2012 г. на территории Краснодарского края выявлено 366 свалок, из кото-

рых 151 была ликвидирована. Значительная доля ликвидированных свалок относилась к категории стихийных. Из оставшихся 215 свалок 12 свалок являются лицензированными, т.е. документально считаются полигонами для размещения отходов. Еще 96 свалок имеют документ о землеотводе – кадастровый паспорт и, следовательно, являются санкционированными. Оставшиеся 107 свалок, вероятнее всего, – стихийные.

Обратимся к опыту изучения свалок ТБО в России. Среди немногочисленных российских публикаций по проблематике нашего исследования следует выделить работы О.В. Бровкиной с соавторами [Бровкина и др., 2008; Бровкина 2011; Бровкина, Скорописов, 2012]. По данным аэрокосмических наблюдений О.В. Бровкиной предложена система спектрально-энергетических и текстурных признаков свалок, разработана методика автоматизированного распознавания свалок и определения характеристик полигонов ТБО в ландшафтных условиях таежной зоны Северо-Запада России [Бровкина, 2011]. Для установления морфологического состава свалок и определения принадлежности к одному из выделяемых типов отходов (бытовые, металлические или строительные) предложено применение гиперспектральной съемки отдельных участков, сравниваемых с эталонными изображениями [Бровкина, Скорописов, 2012].

В работах [Тимофеева и др., 2012; Абросимов и др., 2013] изложен опыт мониторинга несанкционированных свалок твердых бытовых и промышленных отходов на территории Иркутской области. Авторами определены технические требования к данным дистанционного зондирования, необходимые для качественного выделения несанкционированных свалок. В публикации [Тимофеева и др., 2012] наряду с выделением 9 категорий несанкционированных свалок (коммунально-бытовых, рекреационных, строительных, промышленных, сельскохозяйственных, лесохозяйственных, коммунально-бытовых стоков, промышленных стоков, сельскохозяйственных стоков), авторы характеризуют главные дешифровочные свойства космических снимков применительно к стихийным свалкам. По их мнению, визуальные дешифро-

вочные признаки (резкое повышение яркости, контуры неправильной формы, мелкозернистая текстура) позволяют по снимкам сверхвысокого разрешения (WorldView-2) определять свалки размером до 10 м² со степенью вероятности до 90–95%. Такие же данные приводятся в статье [Абросимов и др., 2013]. Кроме определения местоположения свалки, спутниковые снимки позволяют установить ряд её качественных параметров: морфологический состав, воздействие на компоненты ландшафта (деградация травяного покрова, стоки в водные объекты и др.), а также составить экологический паспорт свалки с размещением соответствующей информации на геопортале.

В статье [Владимиров, Карчевский, 2005] рассматриваются вопросы контроля и состояния объектов размещения ТБО на территории Республики Адыгея – наиболее близкой к географическим условиям Краснодарского края. Даны обоснование размещения и оценка воздействия на ландшафты полигонов ТБО на территории Республики Адыгея. Ежегодно предприятиями жилищно-коммунального хозяйства Адыгеи вывозится более 350 тыс. т твердых бытовых отходов. В результате на территории Адыгеи накоплено 1,5 млн м³ промышленных и бытовых отходов, которые находятся в накопителях, на складах, свалках и других объектах. Площадь, занимаемая местами организованного накопления отходов, составляет 152,9 га. В Адыгее насчитывается 9 зарегистрированных полигонов по захоронению твердых бытовых отходов общей площадью 37,7 га. Как утверждают авторы [Владимиров, Карчевский, 2005], эти и другие многочисленные стихийные свалки не удовлетворяют современным требованиям и являются постоянными источниками загрязнения. Многие действующие полигоны эксплуатируются без проведения предварительных инженерно-геологических изысканий и проектирования строительства. Не ведется учет размещаемых элементов, в результате чего на полигоны попадают предметы, содержащие тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий, хром) и другие токсичные элементы. Из 9 полигонов 6 являются экологически опасными объектами, а 3 (свалка ст-цы. Гиагинской, аула Понежукай, аула Хакуринохабль) – высокоопасными. При этом критериями

высокой экологической опасности авторы считают: размещение мест в водоохранной зоне; несоответствие нормам и правилам инженерно-технического обустройства объектов захоронения отходов; низкий технологический показатель эксплуатации полигонов; отсутствие проектов на объекты и лицензий на деятельность по обращению с отходами; отсутствие контроля за состоянием объектов размещения отходов. Отметим, что последние две позиции, применительно к высокой экологической опасности полигонов, относятся непосредственно к административно-организационным «критериям».

За рубежом многосторонней проблеме исследования свалок, в том числе и методами дистанционного зондирования, уделяется пристальное внимание. Основными направлениями применения дистанционного зондирования в данной сфере являются [<http://www.ucl.ac.uk>]:

- выявление несанкционированных свалок;
- мониторинг состояния свалок;
- выявление и оценка воздействия свалок на компоненты окружающей природной среды.

Выступая в качестве альтернативы более дорогостоящим, опасным и трудозатратным полевым методам обследования территории, методы дистанционного зондирования применяются весьма широко.

Одна из первых работ по данной тематике опубликована в 1974 г. В работе [Garofalo, Wobber, 1974] описано использование аэрофотоснимков для оценки распределения мест сбора и размещения твердых отходов. Методика основана на визуальной интерпретации типов землепользования (редко и плотно застроенных жилых районов, сельскохозяйственных полей) и включении этих данных в систему обращения твердых отходов.

Аэрофотосъемка продолжает выступать полезным источником сведений при обнаружении небольших стихийных свалок, проведении сравнительного временного анализа мест размещения мусора, а также для выявления опасных отходов [Erb, 1981; Titus, 1982; Lyon, 1987; Stohr et al., 1987; Barnaba et al., 1991; Vincent, 1994; Pope et al., 1996; Slonecker, 2007; Slonecker

et al., 2010]. В некоторых случаях результаты такого обнаружения доводятся до судебного разбирательства [Slonecker et al., 2010].

Среди множества публикаций, появившихся в последние годы и посвященных различному применению мультиспектральных спутниковых снимков в области управления отходами [Phillipson et al., 1988; Brivio et al., 1993; Foody, Embashi, 1995; Silvestri, Omri, 2008; и др.], выделим работу [Yonezawa, 2009], отражающую достижения в этом направлении. В статье реализованы решения задач визуального распознавания и мониторинга свалок по снимкам спутника Alos, снимающего в радио-, оптическом и инфракрасном диапазонах.

Применение ближнего инфракрасного (near infrared) и теплового (thermal infrared) каналов на мультиспектральных снимках переводит исследование свалок из плоскости оценки пространственно-количественных закономерностей в плоскость анализа качественных характеристик. Протекающие в теле свалки химические процессы зачастую сопровождаются выделением тепла и газа. На основании этого факта рядом зарубежных учёных [Shaker, Yan, 2010; Faisal et al., 2012; <http://geomaticsksa.com>] выявлены закономерности между повышением температуры тела свалки и выделением метана (CH₄). Повышенная (в сравнении с фоном) температура участка земной поверхности служит индикационным признаком несанкционированных свалок твердых отходов. Основным источником температурных данных поверхности Земли выступает тепловой канал спутника Landsat. Так, установлено, что температура поверхности тела свалки может на 10°C превышать температуру воздуха [Faisal et al., 2012]. Корреляция наблюдается и между объемами выделяемого метана (по замерам непосредственно на местности) и температурой поверхности тела свалки (по данным снимков Landsat).

С точки зрения организации и продолжительности проведения мониторинга свалок вызывают интерес результаты [Kwartenga, Al-Enezia, 2004; Dewan, Yamaguchi, 2009], характеризующие 20–40-летний период наблюдений. Столь продолжительные наблюдения нацелены на определение изменений в

структуре землепользования с участием свалок. Так, например, в работе [Dewan, Yamaguchi, 2009] по результатам анализа данных спутниковой съемки за более чем 40-летний период установлено, что в районе исследования (мегаполис Дакка, Бангладеш) площадь населенных пунктов увеличилась на 16 тыс. га (с 11% до 344%), площади земель сельскохозяйственного назначения сократились на 7,5 тыс. га, лесов – на 2,5 тыс. га, водно-болотных угодий – на 6 тыс.га, а площадь свалок увеличилась на 256%.

Особое место в изучении закономерностей пространственного распределения свалок занимают работы, связанные с применением ГИС-технологий, в том числе совместно с данными дистанционного зондирования Земли. Опыт применения ГИС-технологий достаточно обширен [Silvestri, Omri, 2008; Biottoa et al., 2009; Jordá-Borrell et al, 2014]. При этом пространственными критериями распределения свалок в геоанализе выступают близость дорог, плотность населения, геоморфологические характеристики территории и некоторые другие индикаторы. Учет совокупности критериев в геоанализе позволяет определить с высокой вероятностью возможные места расположения стихийных свалок. Это в свою очередь позволяет значительно уменьшить площадь детального исследования дистанционными и/или полевыми методами. Отличительной особенностью такого рода исследования, представленного в работе [Silvestri, Omri, 2008], является использование в качестве косвенных индикаторов спектральных свойств растительности, произрастающей на почвах, загрязнённых выделениями близко расположенных стихийных свалок.

Обратимся к публикациям, решающим «обратную задачу», – выбор места складирования мусора, удовлетворяющего нормам охраны окружающей среды. Выбор местоположения свалки является весьма трудоёмкой задачей, требующей учета не только экологических критериев, но и социально-экономических, техникий условий, а также соблюдения ряда юридических требований и прочих нюансов. Для решения этой задачи в последние десятилетия зарубежными исследователями использованы разнообразные

подходы: ГИС-технологии, анализ на основе мультикритериальных решений [Higgs, 2006; Sener et al., 2006; Nas et al., 2010], ГИС и нечеткие множества [Lotfi et al., 2007; Chang et al., 2008], ГИС в сочетании с иерархическими процессами [Saaty, 1980; Vuppala et al., 2006, Wang et al., 2009], ГИС и мультифакторный пространственный анализ [Kao, Lin, 1996; Biottoa et al., 2009], а также комплекс геоинформационных методов [Kontos et al., 2003; Kontos et al., 2005; Hatzichristos, Giaoutzi, 2006; Gómez-Delgado, Tarantola, 2006; Zamorano et al, 2008]. В целом методы выбора территорий, пригодных под свалки, схожи с методами определения наиболее вероятного местонахождения стихийных свалок и сводятся к оверлею слоев тематических карт с учетом свойств пространственных объектов. Впервые подобное решение было предложено еще в конце 1960-х гг. [McHarg, 1969].

Опыт китайских исследователей априори представляет интерес, поскольку структуры утилизации отходов в Китае и России подобны. Организация исследования в провинции Цзянсу [Yanga et al., 2008] направлена на оценку воздействия свалок на здоровье населения, проживающего вблизи свалок. В базу данных ГИС интегрированы сведения отборов проб (свалочного фильтрата, концентрации метана в толще мусора и т.д.) на случайно отобранных пяти полигонах. Установлено, что 4 из 5 полигонов не соответствуют требованиям национального экологического законодательства.

О понимании общественностью необходимости пространственного учёта и контроля численности свалок, степени негативного воздействия свалок на компоненты среды, в частности почвы, свидетельствуют принятые Европейской комиссией Генерального управления по окружающей среде в 2001 г. штрафы против Италии из-за отсутствия данных о свалках [Bilotta et al., 2012]. Актуальность проблемы свалок в Италии способствовала проведению исследований, направленных разработку методик учёта мест размещения отходов. Весьма полезен опыт работы [Bilotta et al., 2012], где техническим аспектам распознавания свалок ТБО на основе спутниковых снимков уделено повышенное внимание. Представлены результаты обработки данных

мультиспектральной спутниковой съёмки сверхвысокого пространственного разрешения (спутник Ikonos) с применением объектно-ориентированной методики (object-based image analysis). Качественные результаты распознавания свалок по данной методике основаны на ряде факторов: учете закономерностей пространственного распределения свалок, формы объектов, характеристик соседних объектов и возможностей масштабирования. Авторы указывают, что применение гиперспектральных данных позволит повысить точность и надежность выявления свалок ТБО.

В настоящее время в сферу мониторинга отходов вовлекаются относительно новые и нетрадиционные (в сравнении с оптическими и мультиспектральными снимками) данные дистанционного зондирования Земли – радарные спутниковые снимки. В некоторых работах апробировано применение радарных снимков для обнаружения и мониторинга мест размещения промышленных отходов. В частности, данные радарной съёмки позволяют автоматически идентифицировать места навала фосфогипса – типичного отхода производства химических сельскохозяйственных удобрений [Fu et al., 2012]. В этой работе успеху идентификации способствовали методы объектно-ориентированного анализа (сегментация, установление правил и др.), а также использование свойств гетерогенности различных объектов.

Иной подход, опирающийся на анализ эталонных свалок, предлагают [Ottavianelli et al., 2005; Blaschke, 2001]; при этом авторы указывают, что дополнительное применение гиперспектральных данных, оптических снимков (например, SPOT, Landsat 4 и Landsat 7) дает возможность повысить качество распознавания свалок.

Следует заметить, что наряду с методами дистанционного зондирования вовсе не потеряли своего значения и актуальности наземные наблюдения за скоплениями мусора, отражаемые в многочисленных публикациях и отчетах. Примером классического полевого обследования на предмет описания свалок выступает работа [City of Pittsburgh..., 2009], выполненная в городском округе Питсбурга (Пенсильвания, США). Площадь обследуемой терри-

тории, на которой проживают более 300 тыс. чел., – 150 км², из нее на водные объекты приходится около 10 км². В результате обследования обнаружено 279 свалок, 79% которых являются действующими. 9 свалок находятся в пределах водоохранной зоны; 3 свалки располагаются непосредственно в водном объекте. Свалки в основном сформированы из строительного, бытового мусора и автомобильных покрышек. Авторы отмечают, что 56% выявленных свалок полностью видны с дороги, еще 30% частично заметны, что свидетельствует о незаконном сбрасывании мусора.

В заключение обзора обобщим сведения об изученности свалок исследуемого региона. До недавнего времени практически не уделялось внимания географическим аспектам пространственного распределения свалок на территории Краснодарского края. Подавляющая часть информации по данному вопросу представлена отчетами научно-исследовательских и прочих организаций, проводивших обследование свалок по заданию муниципальных и региональных органов власти. По результатам научно-исследовательской работы, проведенной ГУП КК «Кубаньгеология» на территории Выселковского района Краснодарского края в 2004 г. [Создание..., 2004], обнаружено 39 мест размещения отходов общей площадью более 120 га, из которых 80 га приходится на поля фильтрации сахарных заводов. Последнее вполне объяснимо с позиции экономической специализации Выселковского района. Как выяснилось, из 39 санкционированным является 21 объект (18 – объекты размещения ТБО и 3 – участки слива жидких отходов), несанкционированными – 18 (17 – свалки ТБО, 1 – участок слива отходов). Судя по тому, что среди санкционированных объектов размещения ТБО нет лицензированных (либо эта информация в отчете не приводится), все установленные объекты относятся к категории необустроенных свалок. Авторы отчета так разделяют свалки по степени экологической опасности: объектов средней опасности – 15, высокой опасности – 2, очень высокой опасности – 21 [Создание..., 2004].

Между тем добросовестное обследование территории отдельного района, выполненное даже с привлечением средств лабораторного анализа, не да-

ёт представления о проблеме размещения отходов на региональном уровне. Наиболее полное описание объектов размещения отходов в районах края с учетом их (районов) географической и социально-экономической специфики содержит научно-исследовательский отчет [Проведение обследования..., 2011, Т.1]. Отчет подготовлен Научно-исследовательским институтом прикладной и экспериментальной экологии Кубанского государственного аграрного университета. По данным отчета в 2011 г. на территории Краснодарского края выявлено 307 объектов размещения бытовых отходов и 10 объектов размещения промышленных отходов (включая навозохранилища, иловые площадки и шламоохранилища). Наибольшее количество объектов размещения бытовых отходов выявлено в Приморско-Ахтарском (16), Тихорецком (15) и Выселковском (15) районах. Наименьшее их число обнаружено в Гулькевичском и Староминском районах, а также в городах Армавир и Новороссийск (1 свалка в каждом). Проведена оценка степени негативного воздействия на окружающую среду; установлено, что значительная часть свалок имеет средний уровень негативного воздействия (80,5%), 13,9% свалок имеют низкий уровень негативного воздействия, 4,5% высокий и только 1,1% допустимый уровень. В отчете отмечено, что на Кубани существует лишь 6 лицензированных полигонов ТБО; общее количество незаконных свалок ТБО может превышать 400 шт., а их площадь покрывать более 1,5 тыс. га земельных ресурсов.

В работе [Щербакова, Кныр, 2013] внимание уделяется законности расположения и степени обустройства полигонов ТБО на территории края. По данным этих авторов, на территории края твердые бытовые отходы вывозятся на 374 полигона, из которых только незначительная часть (72) объектов имеет землеустроительные документы. При этом общая площадь свалок на территории края составляет 971 га, из которых несанкционированными свалками занято более 500 га. Подчеркнута проблема высокой заполненности мест размещения отходов, которая иногда достигает 100%.

1.3. Методические вопросы изучения свалок

Полевые методы. Долгое время полевые исследования являлись единственным способом получения какой-либо достоверной информации о свалках твердых бытовых отходов. У отечественных и зарубежных исследователей по данным полевых измерений накоплен значительный опыт определения состава, разнообразных показателей свалок и степени влияния их на окружающую среду.

Полевые методы, помимо визуального анализа, включают отбор проб и проведение лабораторных анализов. Это требует значительных финансовых затрат, однако именно визуально-лабораторными способами возможно определить наличие на свалках особо опасных отходов (элементы питания, остатки минеральных масел, лаки, краски, ртутные лампы, термометры и др.) [Бельдеева, 2006]. Недопущение попадания данных видов отходов на свалки – важнейшая задача охраны окружающей среды.

При проведении лабораторных анализов выделяют следующие группы методов [Горшков, 2010]:

- качественные методы – направлены на определение вещества, находящегося в исследуемой пробе;
- количественные методы – направлены на определение количества вещества, находящегося в исследуемой пробе;
- гравиметрический метод – направлен на определение массы и процентного содержания какого-либо элемента, иона или химического соединения, находящегося в исследуемой пробе;
- титриметрический (объемный) метод – в этом виде анализа взвешивание заменяется измерением объемов;
- колориметрические методы – направлены на определение концентрации вещества на основании изменения оттенков цвета исследуемого раствора.

- экспресс-методы – инструментальные методы, позволяющие определить загрязнения за короткий период;

- потенциометрические методы – основаны на изменении потенциала электрода в зависимости от физико-химических процессов, протекающих в растворе.

Для оценки влияния свалки ТБО на компоненты природной среды производится отбор проб и ряд химических анализов для измерения следующих показателей: общехимических, микробиологических, паразитологических, вирусологических и некоторых других [Ларионов и др., 2011].

Разработаны методы биологического мониторинга:

1. Биоиндикация – метод, который позволяет судить о состоянии окружающей среды по факту встречи, отсутствия, особенностям развития организмов-биоиндикаторов [Шитиков и др., 2003].

2. Биотестирование – метод, позволяющий в лабораторных условиях оценить качество объектов окружающей среды с помощью живых организмов.

Исключительно полевыми методами производится оценка образования биогаза на свалке. При этом измеряется самопроизвольный выход биогаза из тела полигона или организуются отбор и измерение потока и состава биогаза с помощью экспериментальной системы сбора на репрезентативных участках полигона [Пухнюк и др., 2012].

Дистанционные методы. Как известно, одним из основных источников данных для исследования и мониторинга свалок являются материалы дистанционного зондирования (ДЗ). Они объединяют все типы данных, получаемых с носителей:

- космических (пилотируемые орбитальные станции, корабли многоцелевого использования, автономные спутниковые съемочные системы и т.п.);

- авиационного базирования (самолеты, вертолеты и микроавиационные радиоуправляемые аппараты).

Вопросы теории и практики цифровой обработки изображений, заложившие фундамент применения данных дистанционного зондирования в географических исследованиях, изложены в книгах [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 накоплен определённый опыт обращения к материалам аэрокосмических съёмок при исследовании свалок и полигонов ТБО [Бровкина и др., 2008; Бровкина, 2011; Бровкина, Скорописов, 2012; Тимофеева и др., 2012; Абросимов и др., 2013; Погорелов, Липилин, 2013а; Погорелов, Липилин, 2013б; Погорелов и др., 2013; и др.]; опыт этот постоянно расширяется.

Использование спутниковых снимков, по мнению Абросимова и др. [2013], позволяет с высокой долей вероятности (до 90–95%) 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 [Тимофеева и др., 2012].

Методические приемы распознавания свалок на спутниковых снимках будут раскрыты в гл. 2.

Рассмотрение методического аппарата было бы не полным без упоминания **методов статистической и математической обработки данных**, широко применяемых в географии и смежных научных областях. Известно, что в обработке экомониторинговых данных продуктивно используются технологии и методы вычислительной и математической биологии, в том числе математическое моделирование, а также широкий спектр информационных технологий [Пузаченко, 2004].

2. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Исходные данные

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

Для решения задачи по идентификации свалок твердых бытовых отходов на земной поверхности применены мультиспектральные снимки сверхвысокого пространственного разрешения спутника WorldView-2 (компания DigitalGlobe). Космический аппарат WorldView-2, запущенный в октябре 2009 г., позволяет получать высокодетальные цифровые изображения земной поверхности с пространственным разрешением 46 см в панхроматическом режиме и 1,85 м в восьми мультиспектральных режимах при съемке в надир. Работая на высоте 770 км, спутник имеет ширину полосы обзора снимков 16,4 км; средний интервал повторной съемки составляет 1,1 сут, а суточный объем 8-полосной съемки – 1 млн км² [<http://www.digitalglobe.com>].

Наряду с четырьмя традиционными каналами (голубым, зеленым, красным и ближним инфракрасным) WorldView-2 предлагает дополнительные четыре канала для углубленного мультиспектрального анализа, которые ранее на аппаратуре сверхвысокого разрешения не устанавливались [<http://www.worldview.ru>]. Это «береговой» канал (0,40–0,45 мкм), желтый (0,58–0,62 мкм), крайний красный (0,70–0,74 мкм) и второй ближний инфракрасный канал (0,86–1,04 мкм) (табл. 2.1).

В настоящий момент, согласно американскому законодательству, пространственное разрешение панхроматических космических снимков, доступ-

ных коммерческим пользователям, закругляется до 0,5 м, а мультиспектральных – до 2 м [<http://www.scanex.ru>].

Таблица 2.1

Характеристика спектральных каналов спутника WorldView-2
[<http://www.geogr.msu.ru>]

Номер канала	Разрешение, м	Канал	Спектральный диапазон, мкм
1	1,84	Береговой	0,4–0,45
2	1,84	Голубой	0,45–0,51
3	1,84	Зеленый	0,51–0,58
4	1,84	Желтый	0,58–0,62
5	1,84	Красный	0,63–0,69
6	1,84	Крайний красный	0,7–0,74
7	1,84	Ближний инфракрасный-1	0,77–0,89
8	1,84	Ближний инфракрасный-2	0,86–1,04
9	0,46	Панхроматический	0,45–0,8

Покрытие снимками WorldView-2 территории Краснодарского края показано на рис. 2.1.

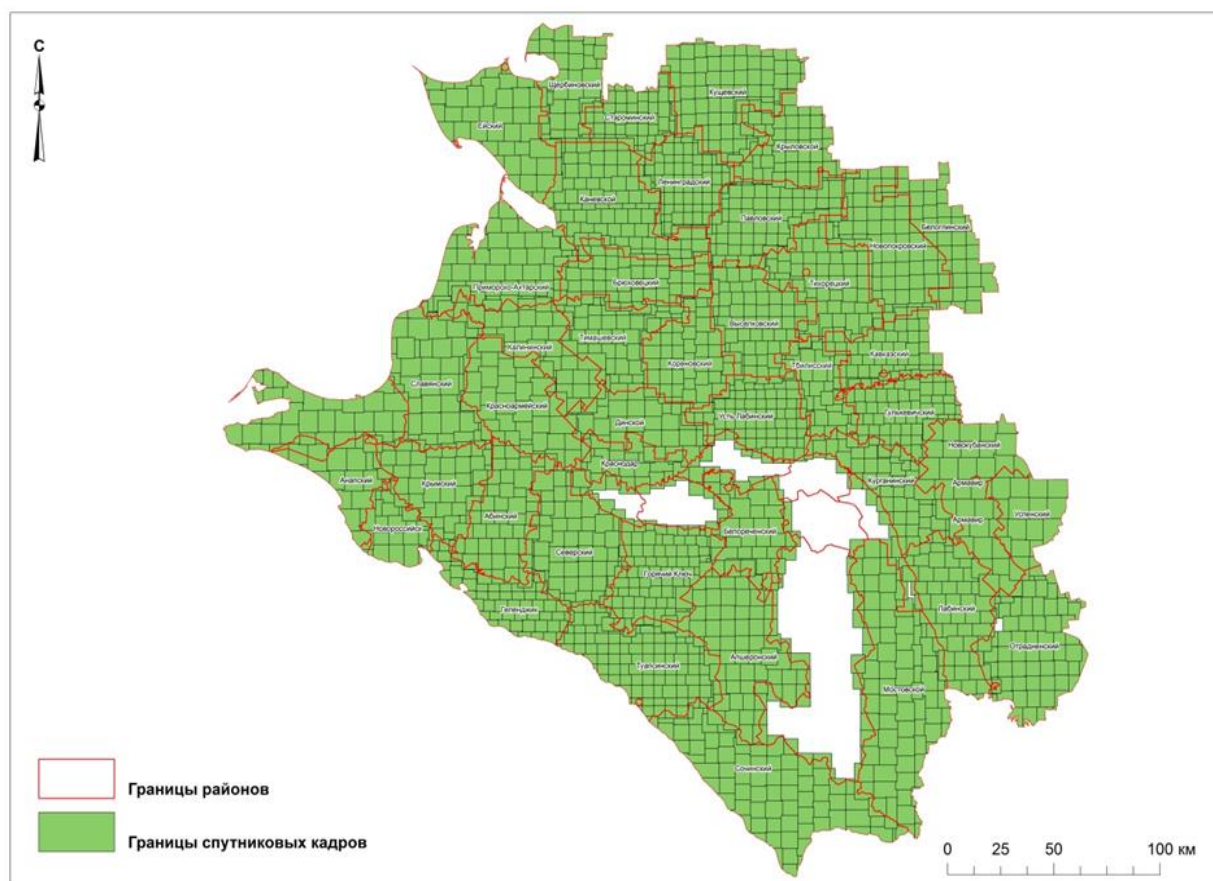


Рис. 2.1. Схема покрытия территории Краснодарского края спутниковой съемкой сверхвысокого разрешения (WorldView-2)

При верификации результатов дешифрирования категорий земель / типов землепользования по классификации CORINE Land Cover Classification System (гл. 3) в качестве эталонов использовались сведения о кадастровых участках Краснодарского края в векторном формате (шейп-файлы), предоставленные кадастровой службой. Шейп-файлы содержат атрибутивную информацию о разрешенном типе использования участка и установленной категории земли участка. Эти сведения понадобились при проверке наших результатов дешифрирования на снимках земель по классификации CORINE.

Согласно земельному кодексу РФ все земли делятся на категории в зависимости от их целевого назначения. Каждая категория земли предназначена для соответствующих целей её использования. Таким образом, в Российской Федерации выделяют земли следующих категорий:

- земли населенных пунктов. Предназначены для строительства и развития населенных пунктов. На землях данной категории могут строиться

жилые, социально-экономические, производственные и инженерные объекты;

– земли сельскохозяйственного назначения. Предназначены только для нужд сельскохозяйственного производства; располагаются за границами населенных пунктов. На землях данной категории могут находиться сельскохозяйственные угодья, насаждения леса, сооружения первичной переработки и хранения сельхозпродукции, внутрихозяйственные дороги, коммуникации и прочие объекты, предназначенные для ведения и защиты сельскохозяйственных посевов и земель;

– земли промышленности и иного специального назначения;

– земли лесного фонда. Предназначены для целей ведения лесного хозяйства. К данной категории относятся прежде всего земли, покрытые лесной растительностью, однако сюда же входят и земли, предназначенные для проведения работ по её восстановлению (вырубки, гари, просеки и др.);

– земли водного фонда. К данной категории относятся земли, покрытые водной гладью, а также земли, находящиеся в непосредственной близости к водным объектам и занятые гидротехническими сооружениями;

– земли особо охраняемых территорий и объектов. К данной категории относятся земли, имеющие важное значение в плане охраны природы, истории, науки, эстетики, а также иные ценные земли;

– земли запаса. Это земли, находящиеся в государственной или муниципальной собственности. Их не предоставляют в личную собственность.

Сведения о кадастровых участках вошли в базу геоданных в системе координат WGS-84.

Обзорная почвенная карта Краснодарского края, содержащая информацию о землепользовании (рис. 2.2.) [Атлас-справочник..., 2004], оказалась полезной при устранении грубых ошибок в описании земель разного назначения.

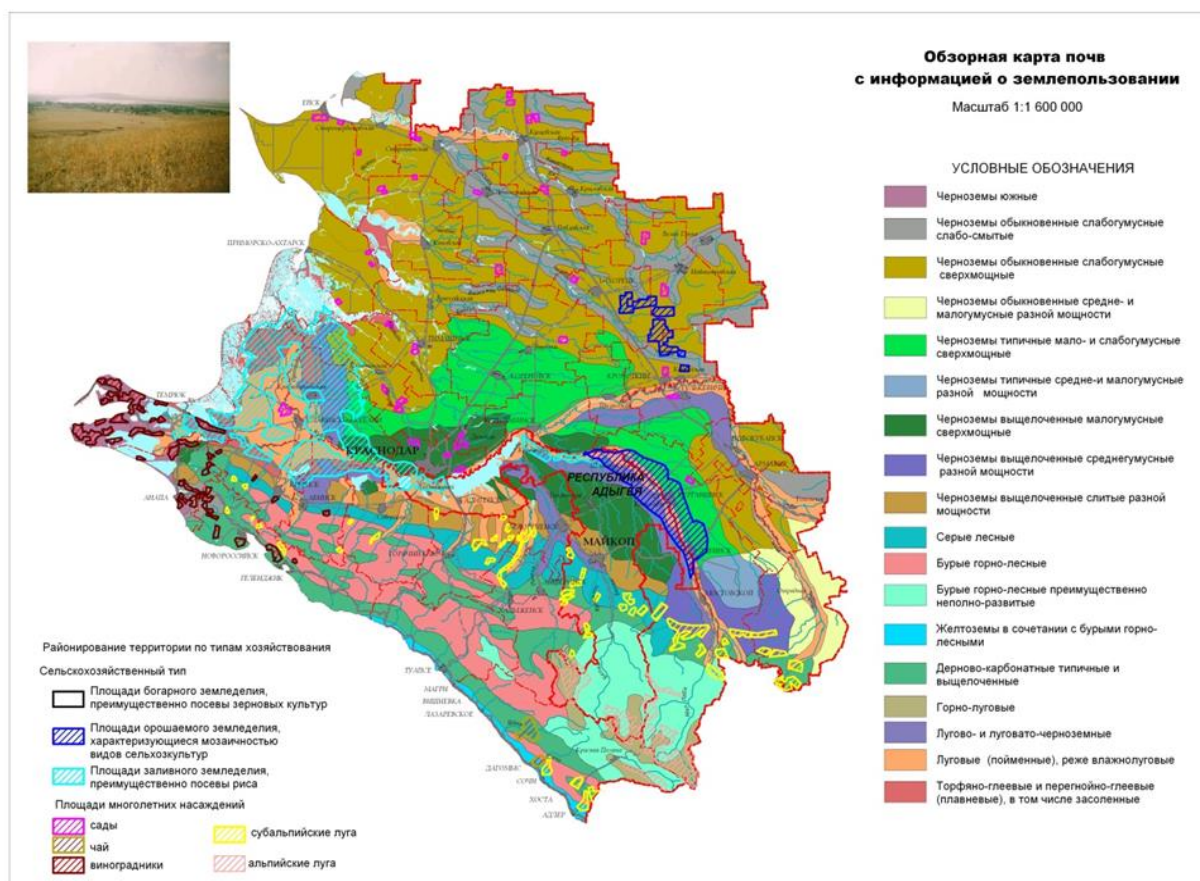


Рис. 2.2. Почвенная карта Краснодарского края с информацией о землепользовании [Атлас-справочник..., 2004]

Для целей распознавания свалок твердых бытовых отходов на местности (рис. 2.3–2.5), эмпирического определения их характеристик (см. параграф 2.2), а также для верификации результатов дешифрирования выполнялись полевые работы. Кроме того, собраны дополнительные к дистанционным данным сведения о влиянии свалок на компоненты ландшафтной среды (см. гл. 6). Особое внимание уделялось «эталонным» свалкам, применительно к которым на местности выполнено координатное описание их границ.



Рис. 2.3. Свалка в районе города Краснодар (хутор Копанской).
Стрелкой показано тело свалки



Рис. 2.4. Свалка в районе города Крымск. 08.11.2011 г.



Рис. 2.5. Обнаруженная в результате дешифрирования снимков свалка в окрестностях поселка Стрелка (Темрюкский район). 14.08.2012

2.2. Методика распознавание свалок на спутниковых снимках

Многоступенчатая процедура распознавания свалок по данным снимков технически достаточно сложна и, как следствие, трудоемка (даже в случае автоматизации некоторой части дешифрирования). Ввиду этого предъявляются особые требования к качеству исходной пространственной информации – спутниковым снимкам земной поверхности. Понятие качества одних и тех же спутниковых изображений может быть неоднозначным в силу ряда обстоятельств [Кашкин, Сухинин, 2001], прежде всего в аспекте их целевого использования. С одних позиций некоторое изображение может считаться высококачественным, с других – низкокачественным. Так, снимок со спутника с современной высокотехнологической аппаратурой, имеющий качественные показатели в части пространственного разрешения, точности позиционирования (по орбитальным данным), будет считаться нерелевантным, если он не отвечает, например, требованиям числа спектральных каналов или опера-

тивности получения данных. В этом смысле основным показателем качества спутникового изображения является соответствие его технических характеристик выполнению поставленной задачи.

Именно поэтому нами были определены требования к характеристикам спутниковых снимков, оптимально отвечающие задачам исследования. Для возможности распознавания скоплений мусора на спутниковых снимках прежде всего важно их пространственное разрешение, которое должно составлять не ниже 1 м в панхроматическом режиме и не ниже 3 м в мультиспектральном режиме. При меньшем разрешении специфическая текстура поверхности свалок теряет свои дешифровочные свойства.

Обязательным является наличие нескольких спектральных каналов, среди которых следующие: фиолетовый (coastal, примерный спектральный диапазон 0,40–0,45 мкм), красный (red, 0,63–0,69 мкм), желтый (yellow, 0,585–0,625 мкм), крайний красный (red-edge, 0,63–0,69 мкм), ближний инфракрасный (near infrared, 0,77–1,04 мкм). Для возможности разделения близких по яркости объектов (например, мокрый асфальт, песчаные карьеры, свалки) радиометрическое разрешение должно составлять не ниже 11 бит. Другие характеристики спутниковой аппаратуры, такие, как отклонение от надира, точность геопозиционирования, ширина полосы съемки и некоторые другие, не оказывают существенного влияния на качество распознавания. Технические требования к характеристикам необходимых спутниковых снимков обобщены в табл. 2.2.

Указанным характеристикам соответствуют снимки космического аппарата WorldView-2, на которые мы опирались при разработке экспериментальной методики распознавания свалок и последующем анализе.

Основные технические требования к характеристикам спутниковых снимков

№	Характеристика	Значение
1	Пространственное разрешение	Не ниже 1 м
2	Количество спектральных каналов	Не менее 5
3	Диапазон спектральных каналов	0,4–1,04 мкм
4	Радиометрическое разрешение	Не ниже 11 бит

Для соблюдения условия географической репрезентативности в качестве объектов экспериментального дешифрирования выбраны свалки, расположенные в характерных ландшафтных условиях Краснодарского края (сельскохозяйственные поля на низменности, залесенные предгорья, морское побережье, селитебные участки). Кроме того, принимались во внимание размеры свалок или полигонов размещения твердых бытовых отходов (минимальный размер не менее 1 га).

В качестве эталонных объектов выступили (рис. 2.6):

1. полигон ТБО муниципального образования город Краснодар, хутор Копанской;
2. свалка ТБО муниципального образования город-курорт Анапа, хутор Красный;
3. полигон ТБО Тихорецкого городского поселения;
4. свалка ТБО Верхнелооского сельского округа;
5. свалка ТБО Туапсинского городского поселения.

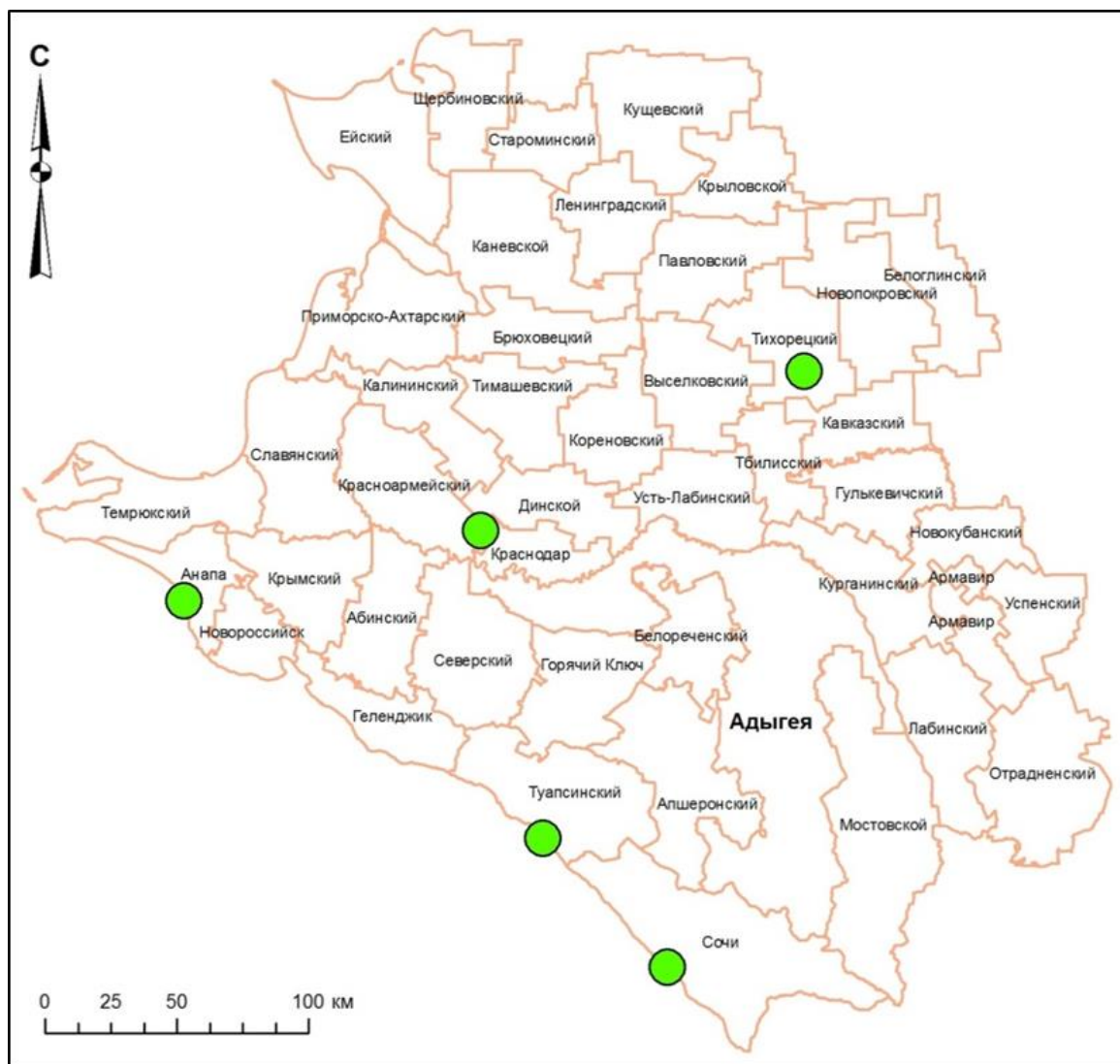


Рис. 2.6. Расположение эталонных объектов для проведения экспериментального дешифрирования

Исходные космические снимки спутника WorldView-2 имеют начальный уровень обработки, включающий радиометрическую и сенсорную коррекцию, а также пространственную привязку по орбитальным данным. Снимки приведены к универсальной поперечной проекции Меркатора – Universal Transverse Mercator (зона 37, N). Переход к дешифрированию предполагает предварительную и тематическую обработку снимков. Предварительная обработка полученных материалов заключается в приведении снимков к виду, пригодному для последующего анализа и интерпретации, включая атмосферную и геометрическую коррекцию.

Обратимся к процедурам атмосферной и геометрической коррекции снимков. На данные дистанционного зондирования атмосфера влияет двумя

способами – путем рассеяния и поглощения энергии излучения в воздушной среде. Рассеяние имеет место, когда в атмосфере происходит смена направления солнечного излучения молекулами газа, а также жидкими и твердыми аэрозолями. Обычно предполагается, что рассеянное излучение, идущее от Солнца или отраженное от поверхности Земли, не ослабляется, а меняет направление [Дейвис и др., 1983].

Для устранения искажающего влияния состояния атмосферы и получения истинных значений спектральной кривой поверхности следует выполнить атмосферную коррекцию спутниковых данных. При этом необходимо учитывать такие параметры, как содержание водяного пара, распределение аэрозолей, пространственный охват снимка. Поскольку прямое измерение указанных атмосферных свойств доступно редко, разрабатываются методы получения их из спектральных значений данных [Болсуновский, Черепанов, 2006]. Один из таких методов, использованных нами, встроен в программном комплексе ENVI в специальный модуль FLAASH, предназначенный для атмосферной коррекции спутниковых снимков.

Перед использованием спутниковых данных в модуле FLAASH снимки необходимо откалибровать, а именно – значения пикселей преобразовать в значения яркостей на сенсоре (RADIANCE). Ввиду особенностей работы модуля FLAASH необходимо осуществить конвертацию исходного формата записи мультиспектрального снимка BSQ в формат BIL или BIP (рис. 2.7) [<http://resources.arcgis.com>]. BIL, BIP и BSQ не являются форматами изображений, это лишь методы записи значений пикселей в файл.

Формат BSQ представляет собой самый простой формат записи многоканальных данных, в котором каждая строка данных записывается на следующей строке того же спектрального диапазона (канала). Это формат является оптимальным для пространственного (x, y) доступа к любой части одной спектральной полосы.

Формат BIP обеспечивает оптимальную производительность для доступа к спектральным данным изображения.

Формат BIL можно рассматривать как компромисс между пространственной и спектральной обработкой снимков. Рекомендуется как формат файла для большинства задач обработки в процессах программного комплекса ENVI. Метод BIL использует способ записи многоканальных изображений, при котором строки значений для каждого канала записываются последовательно. Например, в случае трехканального изображения все три канала данных сначала записываются в строку 1, затем в строку 2 и т.д., пока не будет записана последняя строка изображения [<http://resources.arcgis.com>].

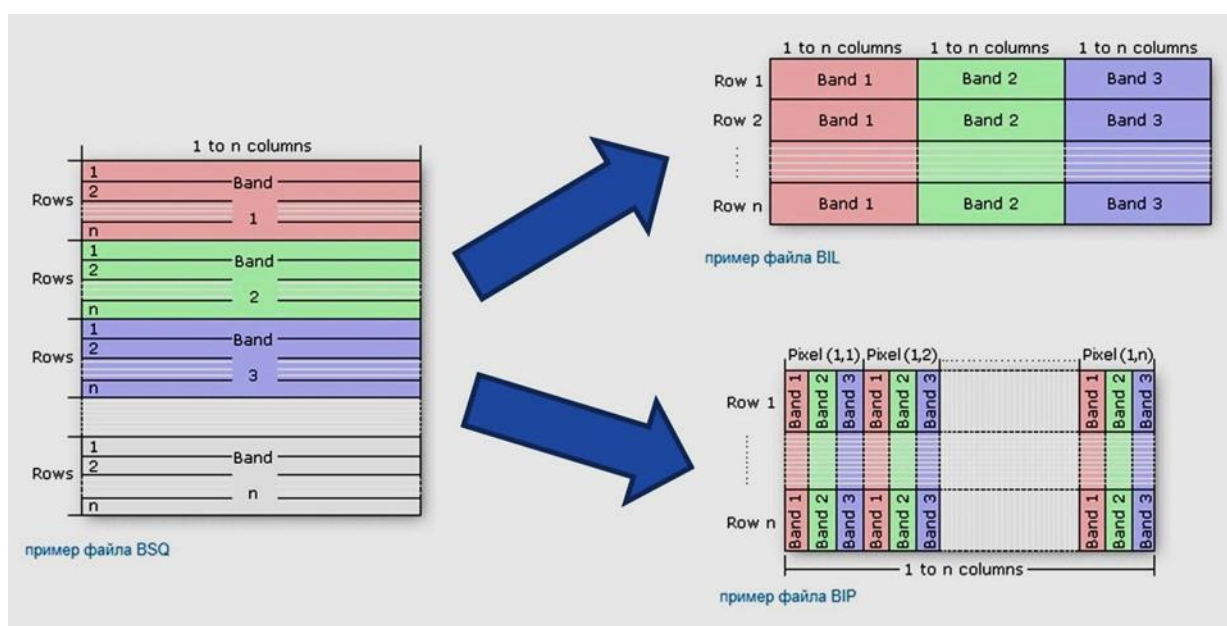


Рис. 2.7. Схема структуры файлов BSQ, BIL, BIP [<http://resources.arcgis.com>]

В процессе коррекции в настройках модуля указывается ряд значений для выбора параметров атмосферной коррекции (рис. 2.8):

- модель сенсора;
- координаты центра снимка;
- высота местности над уровнем моря;
- дата и время съёмки;
- характерные условия состояния атмосферы территории снимка;
- характерные условия аэрозолей для территории снимка.

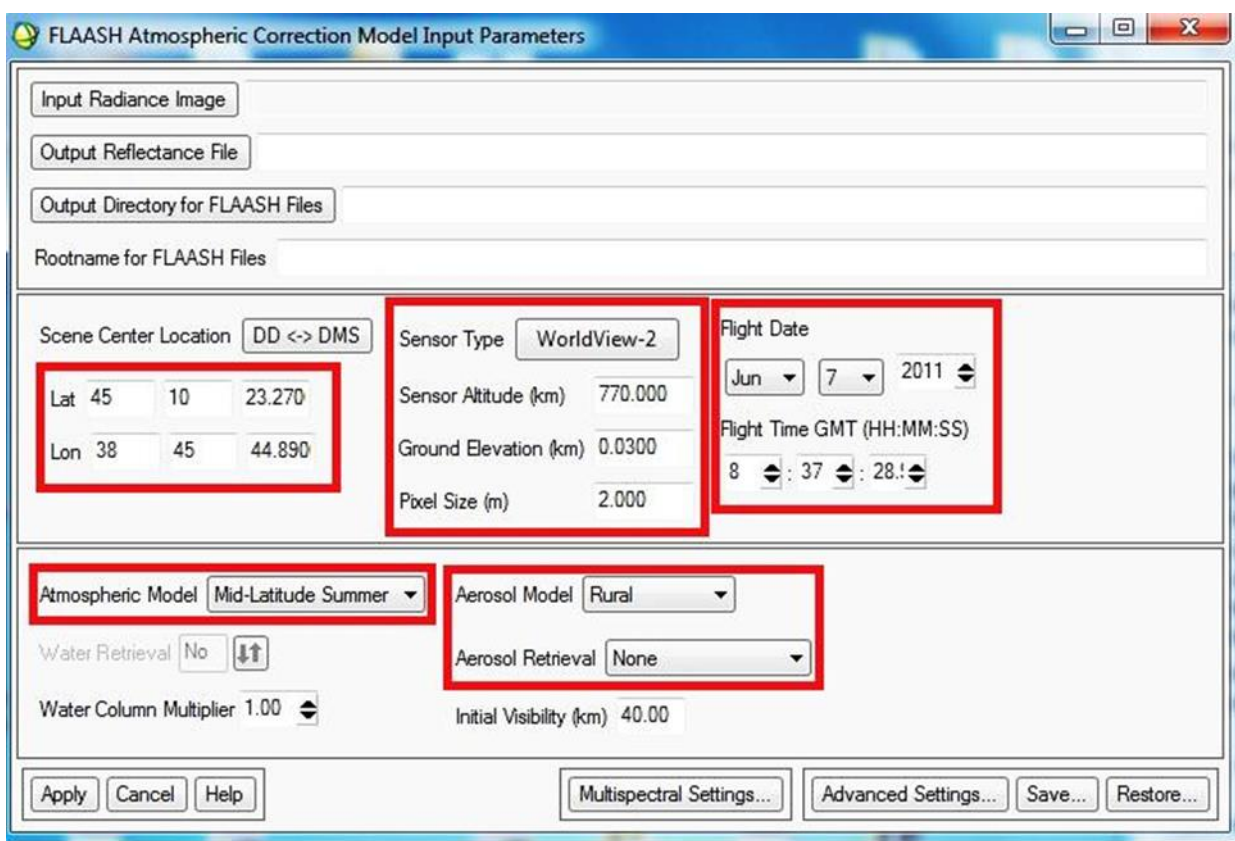


Рис. 2.8. Настройка параметров атмосферной коррекции снимков WorldView-2 в модуле FLAASH программного комплекса ENVI

Координаты центра снимка, дата и время съёмки необходимы для вычисления расстояния от Земли до Солнца и расчета угла падения солнечных лучей. Установление модели съёмочного сенсора автоматически определяет высоту орбиты спутника и размер пикселя.

Результаты атмосферной коррекции спутникового снимка показаны на примере участка побережья Черного моря в районе пос. Лоо (рис. 2.9) (дата съёмки 25.12.2010). Как видим, после коррекции у спектральной кривой отсутствуют выраженные пики, что является следствием исключения влияния атмосферных аэрозолей и артефактов, сохранения особенностей спектральных данных. На спектральной кривой заметно увеличение значений отражения в зеленой и желтой областях спектра, что связано с отражением хлорофилла в данных областях. В голубой, синей и красной областях, наоборот, наблюдается понижение значений, связанное с поглощением солнечного света хлорофиллом. Максимальные значения находятся в ближней инфракрас-

ной области спектра, средние значения находятся в крайнем красном канале (red-edge) – границе красного и ближнего инфракрасного каналов (рис. 2.9).

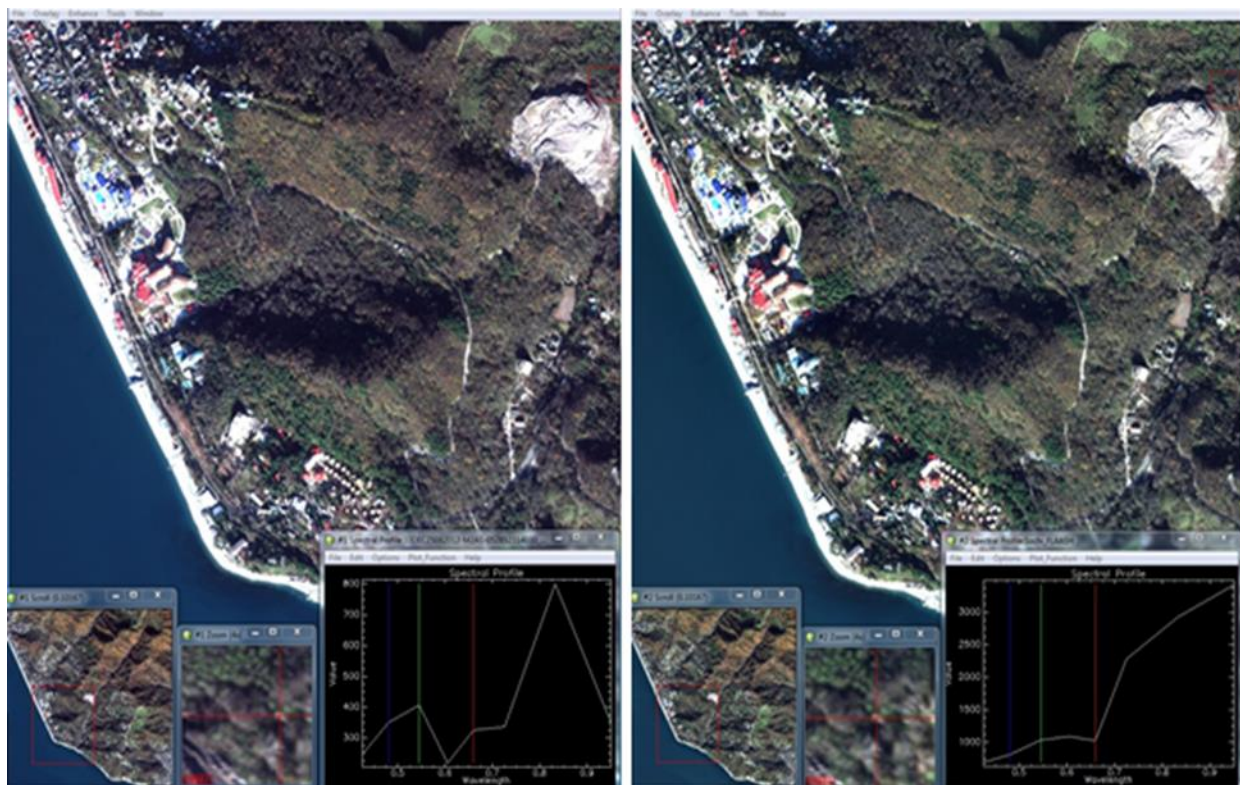


Рис. 2.9. Изменение спектральной кривой растительности по данным снимков. Слева – исходное изображение, справа – изображение после процедуры атмосферной коррекции.

Следующий шаг – операция геометрической коррекции или ортотрансформирование – относится к устранению искажений формы объектов на снимках под влиянием рельефа. Ортотрансформирование (ортокоррекция) изображения – математически строгое преобразование исходного изображения в ортогональную проекцию и устранение искажений, вызванных рельефом, условиями съемки и типом камеры.

Геометрическая погрешность необработанных изображений выражается в переменном масштабе разных частей снимка. Ортотрансформированное изображение имеет одинаковый масштаб по всему полю и в геометрическом отношении подобно карте или плану. Считается, что измерения, проводимые по ортотрансформированному изображению, соответствуют измерениям на

местности [Токарев, 2010]. Ортотрансформирование используется прежде всего для снимков горной местности и территорий городов.

Ортотрансформирование производилось в программном комплексе ENVI (модуль Orthorectification) с использованием RPC (rational polynomial coefficients – коэффициенты рационального многочлена), входящих в комплект поставки снимков с искусственного спутника Земли WorldView-2. Значения RPC-поправок определяются по имеющимся геометрическим моделям сенсоров, результатам бортовых и телеметрических траекторных измерений. По утверждению поставщиков данных, применение RPC обеспечивает получение продуктов практически такой же точности, как и при использовании строгой цифровой модели рельефа местности [Программный комплекс..., 2009].

После атмосферной и геометрической коррекции исходных данных можно приступать к дешифрированию снимков на предмет распознавания на них свалок твердых бытовых отходов. Этот шаг уже относится к тематической обработке снимков. Под дешифрированием в техническом смысле обычно понимают процедуру или совокупность процедур, позволяющих с высокой долей вероятности найти верное решение о принадлежности данного снимка или его фрагмента к одному из заданных классов, иначе говоря, распознать свалки на земной поверхности по их признакам.

Решение задачи распознавания свалок на спутниковых снимках выполняется в несколько последовательных этапов, представляющих собой нахождение некоторого подмножества пикселей на снимке путем последовательной фильтрации (классификации).

Обозначим этапы фильтрации:

- объектно-пространственная фильтрация;
- спектрально-аналитическая фильтрация;
- инфраструктурно-визуальная фильтрация.

Целесообразность проведения упомянутых процедур и извлечения информации из снимков обусловлена: 1) наличием некоторых пространствен-

ных закономерностей распространения свалок; 2) значительной визуальной 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.

Таким образом, для извлечения из снимков информации о свалках применена совокупность приемов, отраженных на рис. 2.10.

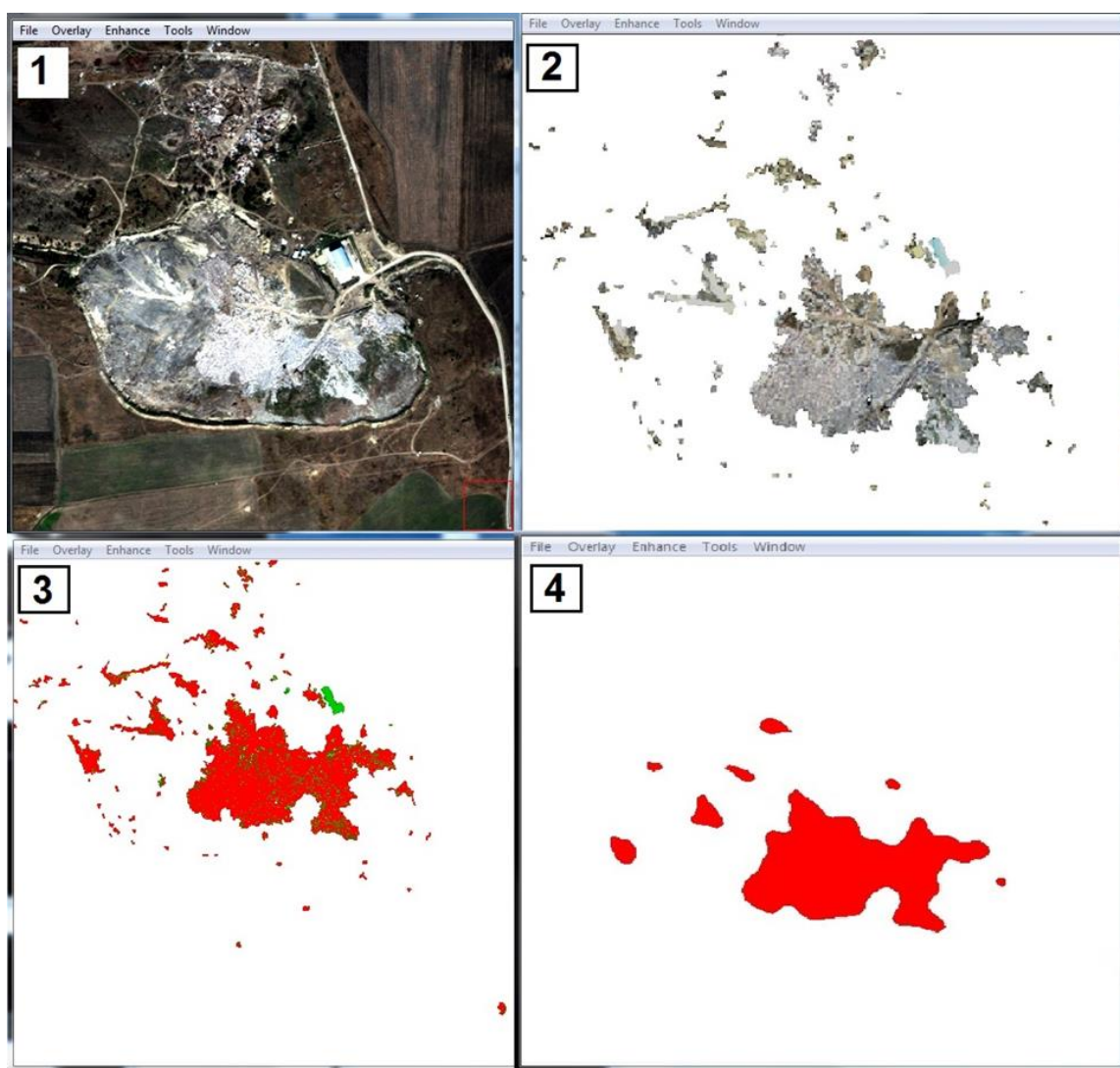


Рис. 2.10. Принципиальная последовательность распознавания свалок:
 1 – исходный снимок; 2 – результаты объектно-пространственной фильтрации;
 3 – результаты спектрально-аналитической фильтрации; 4 – результаты инфраструктурно-визуальной фильтрации

Объектно-пространственная фильтрация. На этапе объектно-пространственной фильтрации выделяют территории, которые предположи-

тельно заняты твердыми бытовыми отходами. Эта процедура представляет собой разномасштабную сегментацию изображения и классификацию выделенных сегментов методом объектно-ориентированной классификации в модуле Feature Extraction программного комплекса ENVI.

Объектно-ориентированная классификация позволяет установить правила распознавания по расположению объектов и отношений между ними. Такая методика имитирует процесс ручной (человеческой) интерпретации изображения, исключая субъективный фактор; при этом процесс дешифрирования становится воспроизводимым. Особенности, преимущества и недостатки различных видов дешифрирования, по мнению [Bilotta et al., 2012], приведены в табл. 2.3.

Процесс объектно-ориентированной классификации включает два основных шага:

- выделение объектов;
- классификация объектов.

Особенности разных видов дешифрирования на этапе объектно-пространственной фильтрации [Bilotta et al., 2012]

Виды дешифрирования	Преимущества	Недостатки
Визуальное	1) интерпретация реальных объектов; 2) дешифрирование сложных ситуаций и объектов; 3) возможность интеллектуального анализа особенностей исследуемого объекта; 4) разномасштабное дешифрирование; 5) учёт формы, контекста и соседних объектов при дешифрировании.	1) субъективность; 2) значительные временные затраты; 3) необходимость иметь один масштаб съемки; 4) несоответствие в использовании установленного масштаба ко всему изображению; 5) человеческий фактор.
Пиксел-ориентированное	1) цельность (правила применяются ко всему изображению); 2) спектральная информация извлекается из особенностей, присущих одному пикселу.	1) контекст не имеет значения; 2) пиксель не имеет семантической информации; 3) отсутствует возможность интеллектуального анализа особенностей исследуемого объекта; 4) векторные полигоны после классификации зачастую не совпадают с изображением.
Объектно-ориентированное	1) цельность (правила и выбранные параметры субъективны, но при этом правила применяются ко всему изображению); 2) разномасштабное дешифрирование; 3) иерархическая соподчиненность разных масштабов; 4) возможность учёта формы, контекста, соседних объектов при дешифрировании; 5) возможность применения правил к другому набору данных.	1) дешифрирование объектов изображения, а не реальных объектов; 2) отсутствует возможность интеллектуального анализа особенностей исследуемого объекта; 3) слияние реальных объектов из-за спектральной схожести.

В свою очередь процесс выделения объектов предполагает установку трёх параметров: Segmentation, Merging, Thresholding:

- сегментация (Segmentation) – процедура объединения однородных по цвету, текстуре, яркости пикселей в «группы». Значение коэффициента масштабирования (scale level) позволяет настраивать размер рассчитываемых «групп» по требованию пользователя;

- слияние (Merging) – процедура оптимизации полученных результатов сегментации. Суть процедуры заключается в поглощении небольших участков более крупными с объединением их в единые текстурированные области. Например, слияние сегментов «лиственный лес» и «хвойный лес» в единую область «лес»;

- установка порога сходимости (Thresholding) – последний шаг, применяемый для выделения локальных объектов (например, строений). С использованием данного процесса можно получить хорошие результаты при работе с объектами, которые достаточно сильно выделяются на фоне остального изображения.

Основная сложность разрабатываемой методики заключается в качественной идентификации стихийных свалок, сведения о которых зачастую отсутствуют в природоохранных службах. Большинство свалок (как санкционированных, так и стихийных) характеризуется дифференциальным составом складированных отходов, а стихийные свалки зачастую имеют незначительные (по сравнению с санкционированными свалками) площади, что затрудняет процедуру распознавания.

Экспериментально установлено, что наилучшие результаты выделения достигаются при относительно высоких значениях параметров Merging и Segmentation и параметре Thresholding, равном нулю. Данные значения параметров позволяют объединить и слить пространственно близкие объекты, имеющие однообразную яркость и текстуру. На рис. 2.11 в качестве примера показана зависимость размеров (площади) выделяемых полигонов от значения параметра Segmentation.

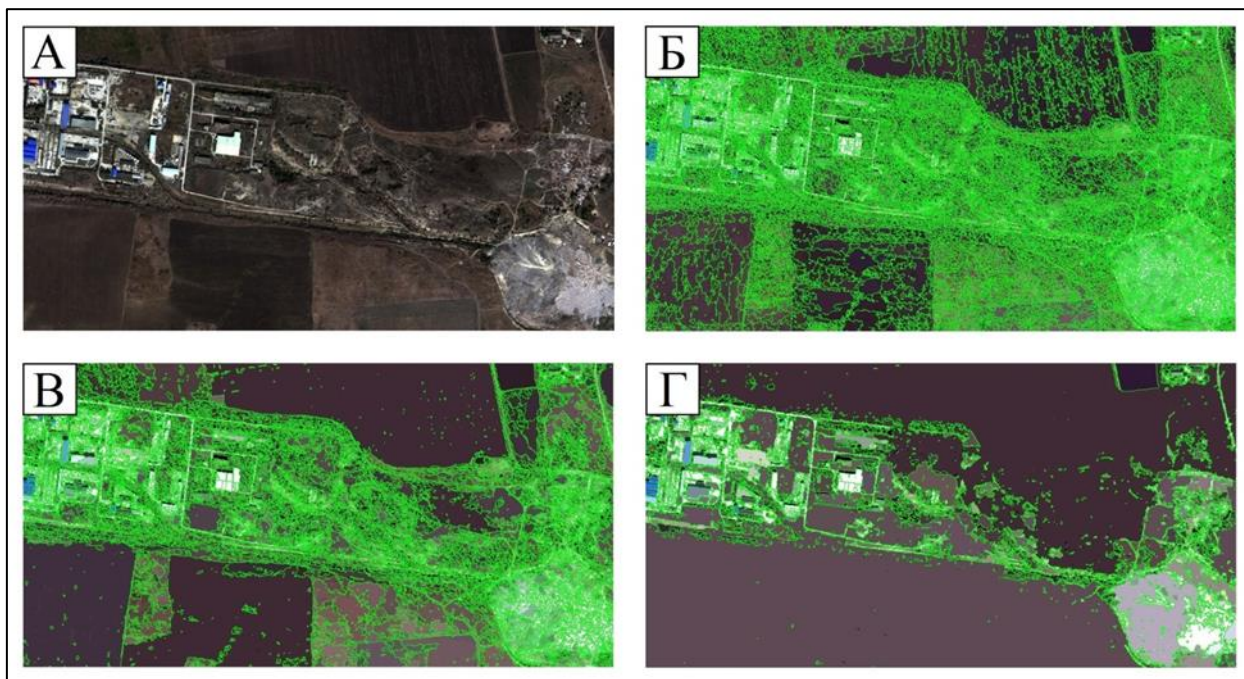


Рис. 2.11. Зависимость размеров выделяемых объектов от значений параметров классификации: А – исходный снимок; Б – Segmentation 20, Merging 50; В – Segmentation 50, Merging 50; Г – Segmentation 80, Merging 50

Территория вблизи стихийных свалок часто бывает сильно загрязнённой, сама свалка при этом может не иметь четких границ. Водители мусоровозов по ряду причин могут не довозить отходы до мест их размещения, оставляя их в окрестностях свалок при отсутствии должного контроля со стороны администрации. Пример такого рода загрязнения иллюстрирует рис. 2.12. Именно этим обстоятельством объясняется присвоение нулевого значения параметру порога сходимости *Thresholding*.



Рис. 2.12. Нечеткость границ и некомпактность свалки (город Кропоткин)

На следующем шаге после успешного выделения объектов выполняется классификация этих объектов. Модуль Feature Extraction предлагает классификацию двух типов:

- Контролируемая классификация (Supervised). При этом виде классификации используются обучающие данные (обучающие выборки), на основе которых неизвестные объекты относятся к одному или нескольким заданным классам. От качества обучающих выборок зависит результат классификации.

- Классификация на основе правил (Rule-based). В этом случае объекты выделяются на базе предварительно заданных пользователем правил. Данный вид классификации основан на некоторых изначальных знаниях об исследуемых объектах. Например, дороги имеют вытянутую форму, свал-

ки компактны, водные объекты имеют отрицательные значения индекса NDVI и т.п.

Встроенные в программный комплекс ENVI правила относятся к четырем группам признаков объектов: пространственным, текстурным, спектральным и специализированным. Заданные нами значения некоторых параметров классификации, основывающиеся на эмпирических представлениях о признаках свалок, приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Заданные параметры классификации

Признаки свалок	Атрибут	Значение
Пространственные	Площадь, м ²	8-2000 000
	Протяженность	>30
	Цельность	<0,05
Текстурные	Энтропия	>0,117
Специализированные	Соотношение каналов (NDVI)	>0,3
	Насыщенность	>0,5
	Интенсивность	<0,1

Пояснения к пространственным признакам свалок:

- площадь представляет собой полную площадь полигона за исключением площади «дыр». Параметр задает площадной ценз, благодаря чему по этому показателю фильтруются ошибочно идентифицируемые объекты. Так, верхний порог позволяет отсекаать объекты, явно превышающие размеры свалки, например сельскохозяйственные поля площадью в несколько сотен гектаров;

- протяженность – соотношение между большой и малой осями выделяемого полигона. Оси вычисляются по ориентированному прямоугольнику, включающему полигон. Параметр протяженность задает максимально

возможную протяженность выделяемого объекта. Фильтруются объекты, сопоставимые по яркостно-текстурным характеристикам со свалками, но имеющие по сравнению с ними неправдоподобно большую протяженность (например, автомобильные дороги с влажной поверхностью);

- цельность – отношение площади полигона к общей площади полигона, включая «дыры», если таковые имеются.

Из параметров текстуры поверхности мы ограничились энтропией:

- энтропия – среднее значение энтропии пикселей, составляющих сегмент внутри ядра. Параметр необходим для учёта текстурных свойств поверхности свалок, что способствует повышению точности дешифрирования ТБО. Состав отходов, отличающийся своей неоднородностью, создает особый текстурный рисунок выделяемых на изображении групп-пикселей, позволяя отфильтровать объекты со схожими яркостными характеристиками (например, крыши некоторых крупных строений);

Среди специализированных параметров требуют пояснения:

- соотношение каналов. Для расчета параметра задействованы ближний инфракрасный и красный каналы, что соответствует формуле расчета вегетационного индекса NDVI. Таким образом, установление верхнего порога в соотношении каналов способствует фильтрации поверхностей с высокими и средними величинами вегетационного индекса, характерными для развитых растительных сообществ;

- насыщенность и интенсивность. В ходе анализа установлено, что насыщенность с увеличением вероятности принадлежности к свалке стремится к 0, а интенсивность – к 1.

Спектрально-аналитическая фильтрация. На этапе спектрально-аналитической фильтрации проанализированы спектральные свойства поверхностей свалок с целью определения уникальных спектральных характеристик твердых бытовых отходов. В качестве эталонных выбраны санкционированные свалки и полигоны твердых бытовых отходов. Примеры полученных спектральных кривых твердых бытовых отходов эталонных свалок

представлены на рис. 2.13. Как видим, спектральные кривые разных эталонных поверхностей свалок обладают определённым подобием. Серой линией показано среднее положение кривой для участка ТБО, зеленой линией – область наиболее вероятного попадания значений, красной линией – диапазон максимальных / минимальных значений (рис. 2.13).

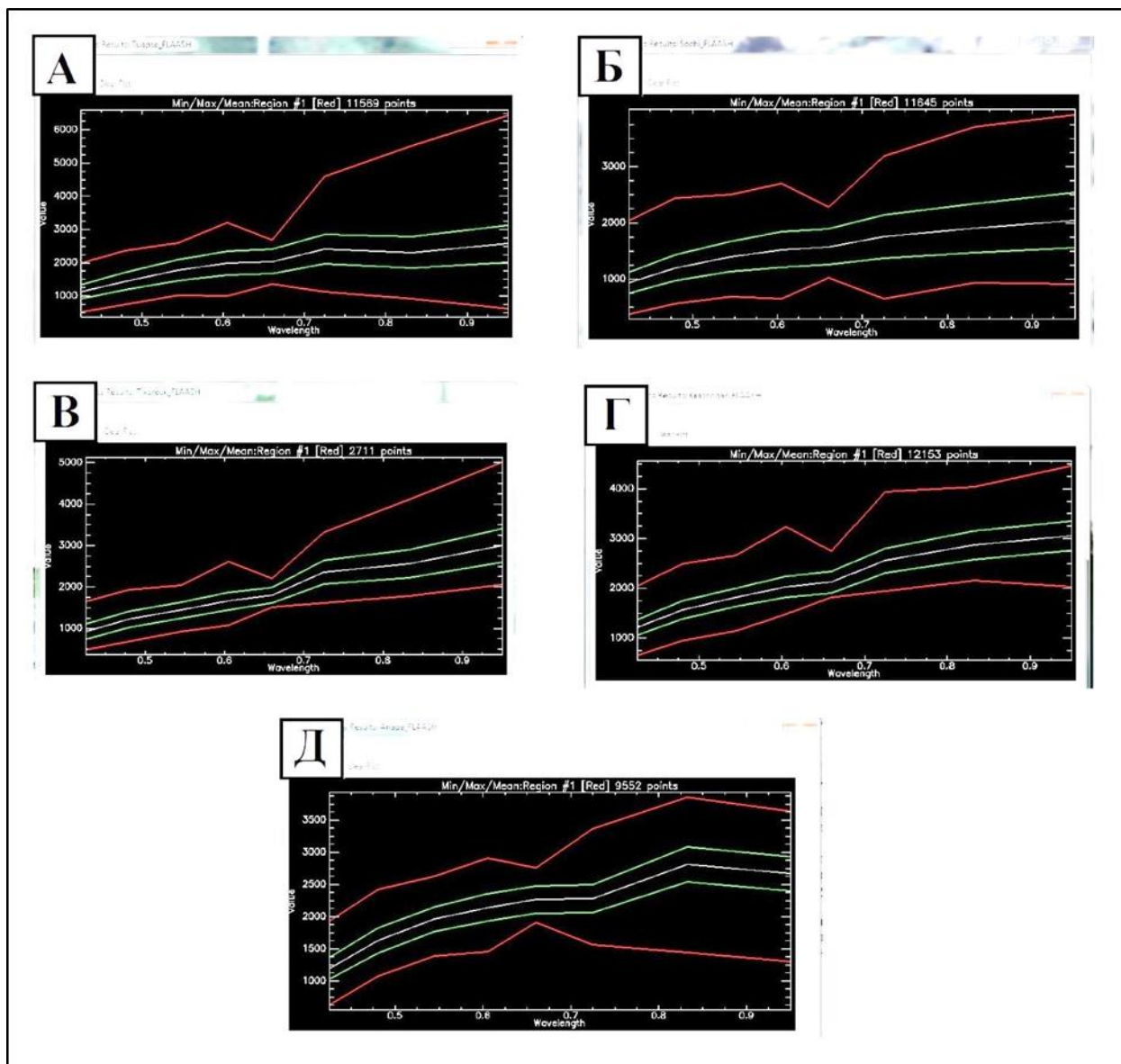


Рис. 2.13. Спектральные кривые поверхности ТБО на эталонных свалках:
А – Туапсе; Б – Лео; В – Тихорецк; Г – Краснодар; Д – Анапа

Экспериментально подтвержденная схожесть спектральных кривых служит обоснованием выбранных спектральных эталонов. Анализ спектральных кривых показал наличие некоторых особенностей, характерных для твердых бытовых отходов:

1. Для всех спектральных кривых поверхностей ТБО характерно плавное, почти монотонное увеличение средних значений спектра во всех восьми каналах, начиная с фиолетового (берегового) и заканчивая ближним инфракрасным каналом (БИК-2). Обращают на себя внимание минимальные диапазоны значений спектра в первом (фиолетовом) канале и максимальные в восьмом (БИК-2). Исключение составил канал 8 снимка свалки в окрестностях Анапы, что, возможно, вызвано метеорологическими условиями в момент съемки (относительная влажность 94%) [<http://meteo.infospace.ru>].

2. Резкое уменьшение амплитуды максимально / минимально возможных значений в пятом (красном) канале спектра.

3. Значительный рост максимальных значений спектра в шестом (крайнем красном) канале.

С использованием результатов анализа составлена модель классификации территории по спектральным признакам для наиболее вероятного нахождения скоплений твердых бытовых отходов с учетом выявленных свойств спектральных кривых. При построении модели средствами ПО ENVI разработан алгоритм «Дерево решений», в котором каждый новый класс может быть разделен на следующие два класса, и так до получения желаемого результата. Схема созданной модели классификации представлена на рис. 2.14. Аббревиатурами на схеме обозначены: b1 – фиолетовый канал; b2 – синий канал; b3 – зеленый канал; b4 – желтый канал; b6 – красный канал; b7 – ближний инфракрасный канал (NIR-1).

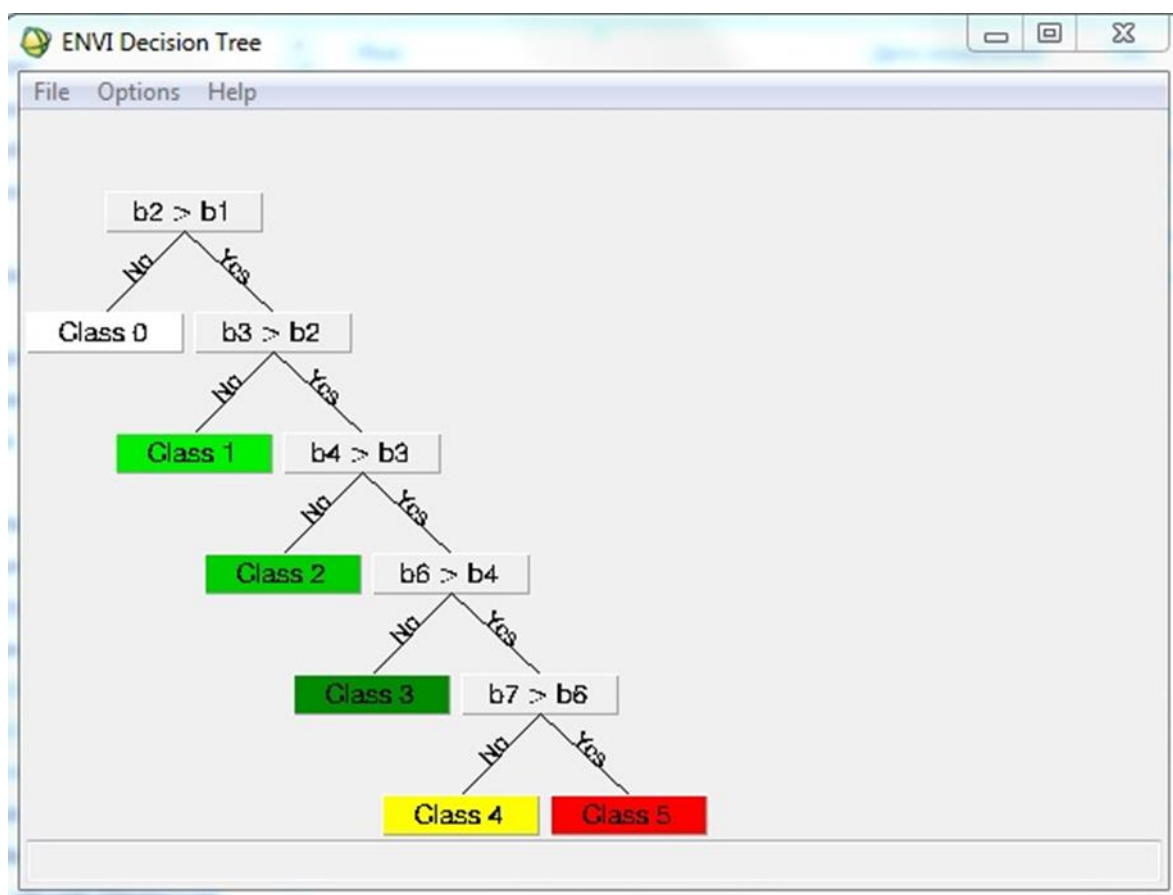


Рис. 2.14. Схема классификации по спектральным признакам методом «Дерево решений» в интерфейсе программного комплекса ENVI

Инфраструктурно-визуальная обработка. Следующий этап, названный нами инфраструктурно-визуальной фильтрацией, учитывает прежде всего наличие инфраструктурных объектов в местах размещения отходов. Такие объекты, характерные для санкционированных свалок и полигонов, служат необходимым условием их эксплуатации.

Полигон для твердых бытовых отходов согласно нормативным документам желательно размещать на ровной поверхности, исключающей возможность смыва атмосферными осадками части отходов и загрязнения ими прилегающих земельных площадей и открытых водоемов, вблизи населенных пунктов. В табл. 2.5 приведены основные условия эксплуатации полигонов ТБО [Липилин, 2012а], предусматривающие наличие объектов инфраструктуры (водоотводная канава, ограждение, контрольно-пропускной пункт и пр.).

Перечень основных условий эксплуатации полигонов ТБО
[Липилин, 2012а]

Условия	Характеристики
Размер санитарно-защитной зоны от жилой застройки до границ полигона	Не менее 500 м (но возможна корректировка в сторону увеличения)
Защита от стоков поверхностных вод	Для перехвата дождевых и паводковых вод по границе участка проектируется водоотводная канава
Ограждения	На расстоянии 1–2 м от водоотводной канавы вокруг полигона размещается ограждение. По периметру на полосе шириной 5–8 м проектируется посадка деревьев
Доступ на полигон	Через контрольно-пропускной пункт и шлагбаум

Полигонам / свалкам помимо прямых визуально-распознаваемых признаков (с отличающимися от фоновых цветовыми характеристиками подстилающей поверхности) присущи некоторые косвенные признаки. К таковым следует отнести обязательное наличие подъездных путей или грунтовой / гравийной дороги, так как мусоровозу для выгрузки мусора необходимо проехать к месту размещения ТБО [Аристов, 2009]. Кроме того, признаками свалки являются: наличие ограждения, канавы или обваловки по периметру свалки; контрольно-пропускной пункт на въезде; присутствие на полигоне тяжелой техники (чаще всего это бульдозер или экскаватор).

Поверхностям свалок по сравнению с фоновыми характеристиками подстилающей поверхности обычно присущи значительно более светлые и яркие тона (от темно-серого до ярко белых) и зернистая текстура. Подъездные пути (гравийные и грунтовые дороги) характеризуются вытянутой геометрией, плавным закруглением и светлыми тонами по сравнению с цветом окружающих участков почвы. Ограждение (забор) на снимке характеризуется тонкой (шириной 1, максимум 2 пикселя) прямой линией проходящей

обычно вокруг либо с одного края территории свалки ТБО. Косвенный признак ограждения – падающая от него тень.

Водоотводная канава обычно размещается до ограждения, для перехвата дождевых и фильтрационных вод, стекающих с территории свалки. Для дешифрирования водоотводной канавы рекомендуется использовать в синтезе ближний инфракрасный канал, так как водные объекты практически полностью поглощают излучение в ближнем инфракрасном диапазоне. На таком синтезированном снимке водные объекты имеют насыщенный черный цвет. Контрольно-пропускной пункт размещается на границе территории свалки и, как и другие строения на свалке, имеет правильную геометрическую форму.

Таким образом, при дешифрировании скоплений ТБО в ходе проведения инфраструктурно-визуальной фильтрации дополнительно исключается часть пикселей изображения, не имеющих указанных признаков.

Совокупность описанных этапов обработки изображения представляет предлагаемую нами методику дешифрирования свалок ТБО. Верификация методики выполнялась на свалках / полигонах ТБО с известными границами. На территориях 5 административных образований в качестве независимых эталонных участков выбраны как крупные санкционированные полигоны и свалки, так и стихийные свалки более скромных размеров – всего 48 объектов.

Приведем результаты верификации методики дешифрирования. Изменения количества объектов дешифрирования после каждого этапа фильтрации приведены в табл. 2.6. Как видим, последовательно после каждого этапа, представляющего соответствующую процедуру фильтрации, количество объектов дешифрирования существенно сокращалось, например, для территории Анапы с 1336 (после этапа объектно-пространственной фильтрации) до 45 объектов (после заключительного этапа инфраструктурно-визуальной фильтрации). Наиболее радикально действует фильтрация по спектрально-аналитическим признакам (табл. 2.6).

Таблица 2.6

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

Точность дешифрирования на эталонных участках 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 табл. 2.7.

Таблица 2.7

Результаты оценки точности дешифрирования свалок ТБО по эталонным объектам

Территория	Количество тестовых объектов (свалок ТБО)	Количество 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%. Считаем такую точность приемлемой, следовательно, предлагаемую методику дешифрирования свалок ТБО на восьмиканальных спутниковых снимках сверхвысокого разрешения вполне эффективной.

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, прежде всего на земли как природный ресурс. Прямое воздействие заключается в изъятии и преобразовании земель хозяйственного назначения. Таким образом, структура земель региона интересует нас 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.

3.1. Программы мониторинга земель

Для эффективного управления земельными ресурсами необходима точная, актуализируемая информация о землепользовании на исследуемой территории. Получение такой информации в крупных регионах возможно путем реализации специальных программ по долговременному контролю и мониторингу использования земель.

Как показывает опыт ряда развитых стран, для решения этой задачи необходима организация спутниковой системы мониторинга. Среди известных и долговременных подобных систем следует выделить американскую

программу «Earth Resources Observation Satellite» – EROS и европейскую Программу «Programme to coordinate information on the environment» – CORINE – Coordination of Information on the Environment (European Environment Agency – EEA).

Американская программа EROS была открыта в начале 1970-х гг. в штате Южная Дакота небольшой группой сотрудников, имевшей мощный мэйнфрейм [<http://eros.usgs.gov/>]. В 1979 г. президентской директивой управление программой было передано из Национального управления по воздухоплаванию и исследованию космического пространства (NASA) в Национальное управление океанических и атмосферных исследований (NOAA) с дальнейшей передачей программы в частный сектор [<http://www.gisa.ru/>]. В настоящее время управляет программой Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, а полевыми исследованиями, изменениями климата и динамикой землепользования – Центр геологической службы США (United States Geological Survey's – USGS) [<http://eros.usgs.gov/>].

Европейская программа CORINE Land Cover берет своё начало в середине 1980-х гг. В программу вошли государства–члены Европейского Союза. Программа нацелена на получение согласованной информации о почвенно-растительном покрове, а также о его изменении в течение последующих десятилетий. Основным источником пространственных данных для программы CORINE – материалы дешифрирования спутниковых снимков с космических аппаратов SPOT и Landsat, которые первоначально использовались в виде распечатанных спутниковых фотографий [Bossard et al., 2000]. В качестве дополнительных источников данных использовались геодезические измерения, аэрофотоснимки. Собранная к началу 1990-х гг. информация о землях, систематизированная в соответствии с номенклатурой CORINE Land Cover Classification System (представлена в табл. 3.1 [www.eea.europa.eu/data_and_maps]), вошла в базу данных CLS1990. В период 2000–2005 гг. по инициативе European Environment Agency выполнены работы по коррекции и обновлению базы данных CLS1990, что позволило перейти

ти к оценкам изменений природной среды. Обновленная база данных получила наименование CLS2000 [www.eea.europa.eu/data_and_maps], в ее составлении приняли участие 32 страны.

Программа CORINE опирается на трехуровневый классификатор категорий земель, имеющий универсальный характер. Для оценки структуры землепользования Краснодарского края считаем целесообразным прибегнуть к номенклатуре землепользования CORINE по ряду ее свойств, прежде всего ввиду универсальности, относительной простоты, применимости к задачам ландшафтоведения и, что немаловажно, возможности распознавания тех или иных категорий земель по данным дистанционного зондирования [The thematic..., 2006; Гурьянова, 2008; Бродский и др., 2009]. В России эта классификация уже успешно применялась при создании региональных карт «landcover» (классификация земных поверхностей) [<http://penza.rgo.ru>] и анализа биоразнообразия [Касимов, 2002].

В рамках программы CORINE в рабочем масштабе 1:100 000 составляются карты структуры земель; наиболее обобщенный первый уровень включает 5 групп земель, второй уровень – 15 категорий, третий (наиболее детальный) – 44 категории земель. Основные категории земель первого уровня отражают глобальную схему землепользования; второй уровень предназначен для идентификации земель в масштабах 1:1 000 000 и 1:500 000; третий уровень соответствует проектам в исходном масштабе 1:100 000. В табл. 3.1 представлен сокращенный вариант номенклатуры земель, адаптированный к землям и ландшафтам Краснодарского края.

Таблица 3.1

Классификация земель по номенклатуре программы CORINE Land Cover [www.eea.europa.eu/data_and_maps]

1-й уровень		2-й уровень		3-й уровень	
1	Антропогенные (искусственные) территории	1.1	Земли под жилой застройкой	1.1.1	Плотная жилая застройка
				1.1.2	Прерывистая жилая застройка
		1.2	Земли промышленных, коммерческих и транспортных объектов	1.2.1	Промышленные или коммерческие объекты
				1.2.2	Земли автотранспортных и железнодорожных сетей
				1.2.3	Порты
				1.2.4	Аэропорты
		1.3	Земли рудников, свалок и строительных объектов	1.3.1	Карьеры
				1.3.2	Свалки
				1.3.3	Строительные площадки
		1.4	Искусственные несельскохозяйственные земли	1.4.1	Зеленые зоны в населенных пунктах
				1.4.2	Спортивные площадки и площадки для отдыха

Продолжение табл. 3.1

2	Сельскохозяйственные земли	2.1	Пахотные земли	2.1.1	Неорошаемые пахотные земли
				2.1.2	Орошаемые пахотные земли
				2.1.3	Рисовые поля
		2.2	Земли под многолетние культуры	2.2.1	Виноградники
				2.2.2	Фруктовые и ягодные плантации
		2.3	Пастбища	2.3.1	Пастбища
		2.4	Неоднородные сельскохозяйственные земли	2.4.1	Пашни и земли под многолетними культурами
				2.4.2	Сельскохозяйственные земли разнородного использования (пашня, пастбища, сады, плантации)
				2.4.3	Сельскохозяйственные земли со значительными площадями естественной растительности
				2.4.4	Лесопитомники

Продолжение табл. 3.1

3	Леса	3.1	Леса	3.1.1	Широколиственные леса
				3.1.2	Хвойные леса
				3.1.3	Смешанные леса
		3.2	Кустарники и/или травянистая растительность	3.2.1	Естественные луга
				3.2.2	Растительные ассоциации из кустарников и трав
				3.2.3	Жестколистная растительность (средиземноморского типа)
				3.2.4	Переходная древесно-кустарниковая растительность
		3.3	Земли с редкой растительностью или без растительного покрова	3.3.1	Пляжи, дюны, песчаные равнины
				3.3.2	Скальные обнажения
				3.3.3	Области разреженной растительности
				3.3.4	Гари
				3.3.5	Ледники и многолетние снежники

Окончание табл. 3.1

4	Водно-болотные угодья	4.1	Внутренние заболоченные территории	4.1.1	Ежегодно затопляемые земли, поймы
				4.1.2	Болота
		4.2	Прибрежные болота	4.2.1	Прибрежные плавни
				4.2.2	Солончаки
				4.2.3	Приливные равнины
		5	Водные объекты	5.1	Воды суши
5.1.2	Озера, водохранилища				
5.2	Моря			5.2.1	Лиманы, имеющие сезонную связь с морем
				5.2.2	Устья
				5.2.3	Моря и океаны

3.2. Структура земель Краснодарского края по модели CORINE Land Cover

Согласно статистическим данным Росреестра площадь земельного фонда Краснодарского края по состоянию на 1 января 2012 г. равна 7547,3 тыс. га [Доклад..., 2012]. Распределение категорий земель, принятых в Росреестре, представлено в табл. 3.2. На земли сельскохозяйственного назначения в Краснодарском крае приходится 62,9% площади всех земельных ресурсов, что лишний раз подчеркивает аграрную специализацию региона.

Таблица 3.2

Распределение различных категорий земель на территории Краснодарского края по данным Росреестра на 01.01.2012 [Доклад..., 2012]

Категория земель	Площадь	
	тыс. га	% от общей площади
Земли сельскохозяйственного назначения	4749,6	62,9
Земли населенных пунктов	593,4	7,9
Земли промышленности	144,8	1,9
Земли ООПТ	379,3	5,0
Земли лесного фонда	1265,8	16,7
Земли водного фонда	324,9	4,3
Земли запаса	144,4	1,9
<i>Итого</i>	<i>7547,3</i>	<i>100</i>

Принятые в России кадастровые описания не совпадают с классификатором CORINE и не ориентированы на оценку текущего и динамического состояния земель. Поэтому распознавание соответствующих классов земель по

материалам спутниковых съемок является самостоятельной задачей с целым рядом возможных фундаментальных и практических приложений.

Ввиду экспериментального характера дешифрирования на территории Краснодарского края на спутниковых снимках распознавались земли только первого и второго уровней классификации (табл. 3.1). При этом выбор категорий земель обоснован представительностью соответствующих типов землепользования в регионе.

Исходными данными, как и в программе CORINE, выступили мультиспектральные снимки спутника Landsat 5 с сенсором TM. Для верификации полученных результатов использовались сведения о кадастровых участках в виде базы геоданных с атрибутивной информацией о категории земель и о разрешенном типе использования участков. Кадастровые данные использованы нами в качестве эталонов.

Дешифрирование выбранных категорий земель производилось в программном комплексе ENVI методом автоматизированной классификации IsoData. Данный метод применяют для пошаговой обработки снимков, что требует минимального количества входных параметров для проведения классификации. В нашем случае оптимальными приняты следующие параметры: максимальное и минимальное количество кластеров – 10, максимальное количество итераций – 2, порог сходимости всех пикселей – 97%. Количество кластеров задано исходя из наличия у некоторых категорий земель существенно различающихся характеристик спектральных яркостей поверхности. Например, на сельскохозяйственных землях спектральная яркость поверхности зависит от произрастающих культур; кроме того, даже у одной культуры в неодинаковые вегетационные фазы показатели спектральных яркостей будут различны.

В процессе уточнения границ полигонов согласно классификатору CORINE рекомендуется использовать максимальное количество дополнительных источников информации [Гурьянова, 2008; Бродский и др., 2009]. Уточнение границ и разделение объектов антропогенных поверхностей на

«землях под жилой застройкой» и «землях промышленных, коммерческих и транспортных объектов» осуществлялось нами с использованием топографических карт масштаба 1:100 000. Результаты дешифрирования показаны на рис. 3.1 и 3.2.

Для составления карты землепользования CORINE первого уровня классификации в качестве тестовых нами выбраны территории Тихорецкого и Туапсинского административных районов Краснодарского края [Погорелов, Липилин, 2013б]. Выбор районов обусловлен различающимися географическими характеристиками, одновременно типичными для землепользования края в целом. Тихорецкий район отражает равнинные ландшафты края с обрабатываемыми землями сельскохозяйственного назначения (пашни), Туапсинский район представляет приморские горно-предгорные территории с преобладающими лесными и прибрежными ландшафтами.

По данным дешифрирования в Тихорецком районе сельскохозяйственные земли занимают около 1650 км², земли под жилой застройкой – около 100 км², воды суши – 30 км²; земли промышленных, коммерческих и транспортных объектов – 20 км². В Туапсинском районе площадь лесов составила около 2230 км², земли под жилой застройкой – 58 км², земли промышленных, коммерческих и транспортных объектов – 44 км², сельскохозяйственные земли занимают 20 км².

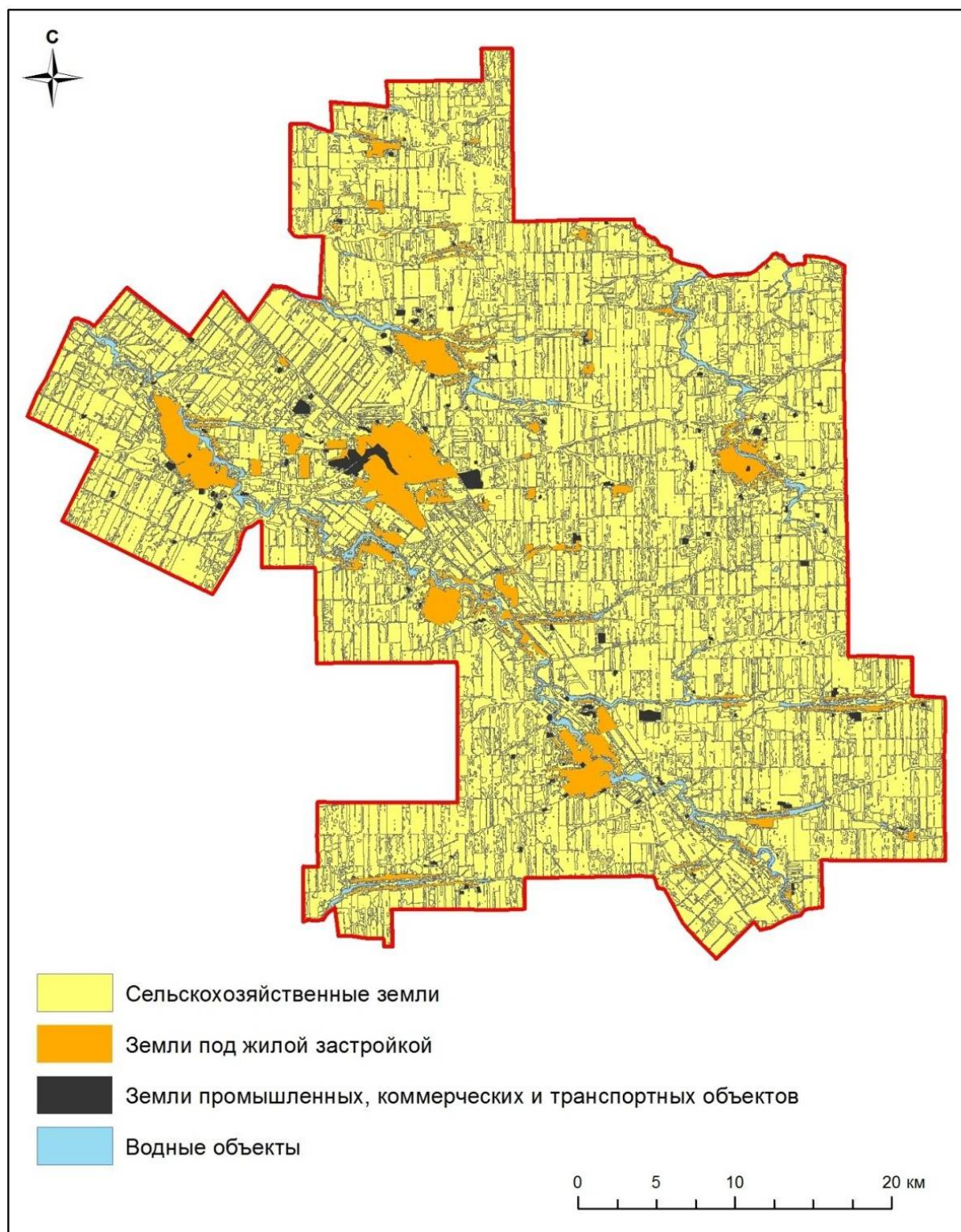


Рис. 3.1. Результаты дешифрирования категорий земель в Тихорецком районе по данным спутниковых снимков Landsat 5 TM

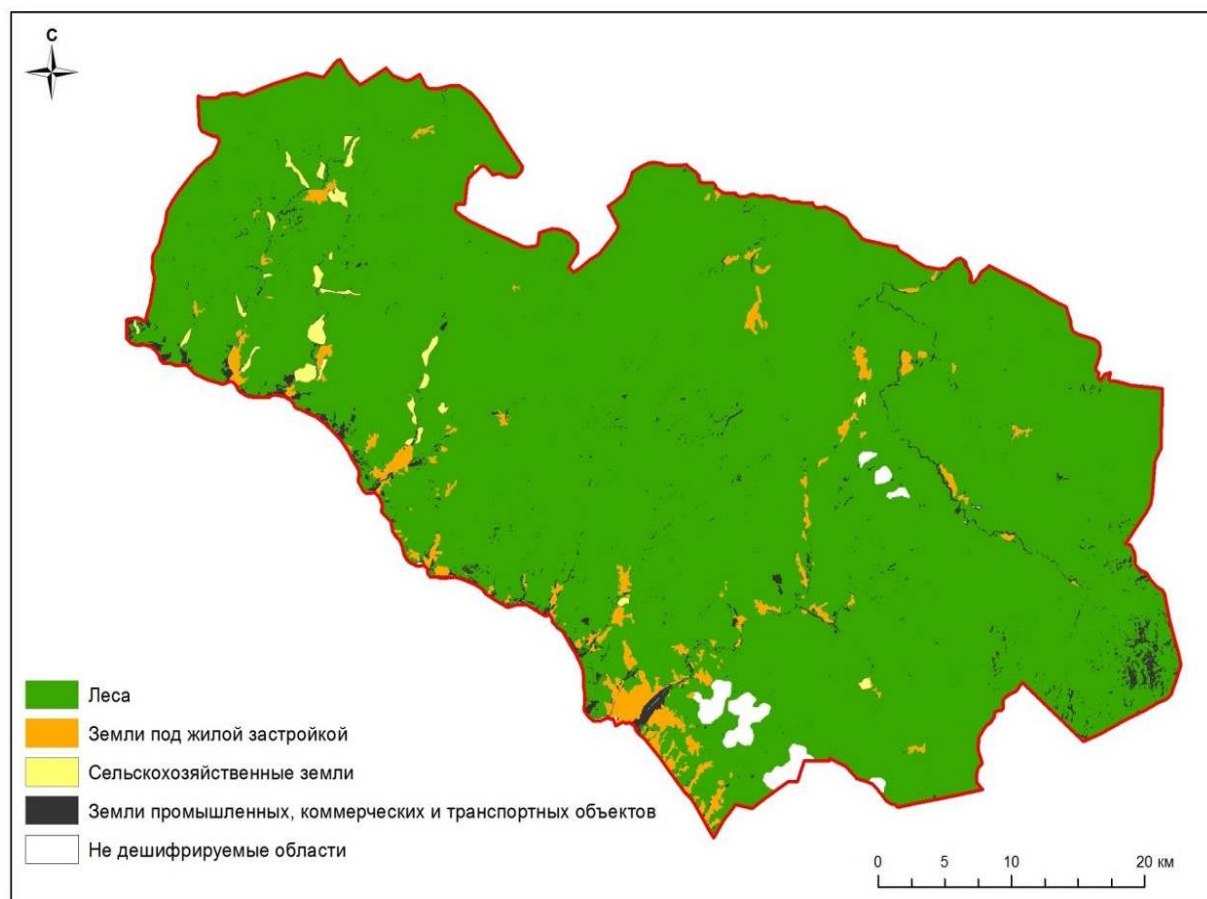


Рис. 3.2. Результаты дешифрирования категорий земель в Туапсинском районе по данным спутниковых снимков Landsat 5 TM

Верификация продуктов дешифрирования проводилась в несколько этапов и выполнялась с помощью базы данных кадастровых участков, содержащей в качестве атрибутов сведения о категории и разрешенном использовании земель. Подразумевается, что данные о кадастровых участках выступают в качестве эталонов, а оценка точности дешифрирования может быть получена на основе расчетов площадного совпадения эталонных и идентифицированных земель.

На первом этапе для исследуемых районов построены карты по категории «разрешенное использование земли» с предварительным исключением снятых с кадастрового учета участков, а также участков с атрибутом «категория не установлена» (рис. 3.3, 3.4). На следующем этапе векторный слой кадастровых данных преобразован в растровый с пространственным разреше-

нием 30 м, что соответствует разрешению исходных данных спутниковых снимков.

На последнем этапе была выполнена операция наложения (оверлей) имеющихся растровых слоев, посредством которой определены площади пространственного совпадения / несовпадения эталонных и идентифицированных участков. Точность дешифрирования, определяемая как соотношение площади совпадения сравниваемых земель с площадью кадастровых эталонов, в целом может быть признана удовлетворительной. Так, в Туапсинском районе площадь совпадения земель под промышленными или коммерческими объектами составила 80%, лесов – 96%; в Тихорецком районе площадь совпадения сельскохозяйственных земель оказалась равной 98% [Погорелов, Липилин, 2013б].

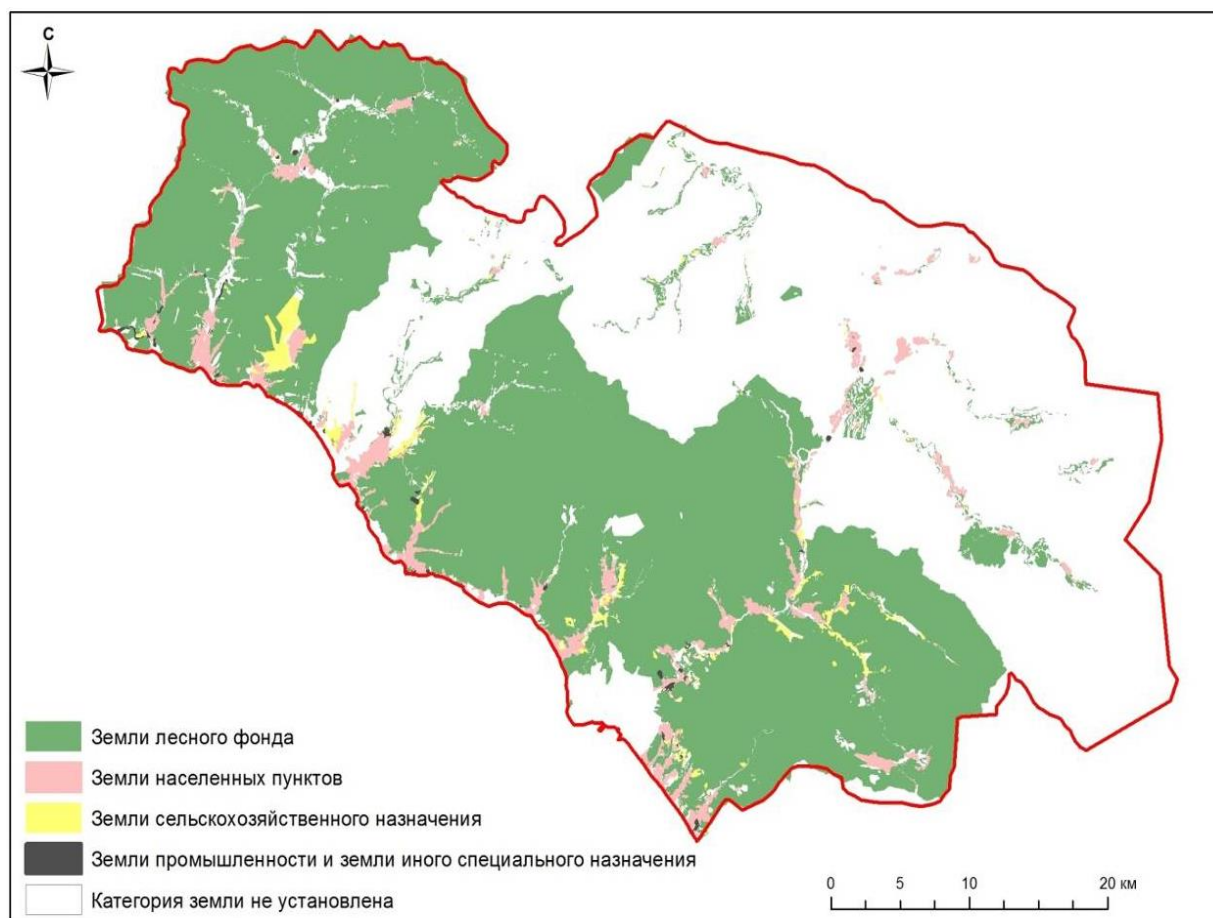


Рис. 3.3. Кадастровая основа территории Туапсинского района по категории использования земель

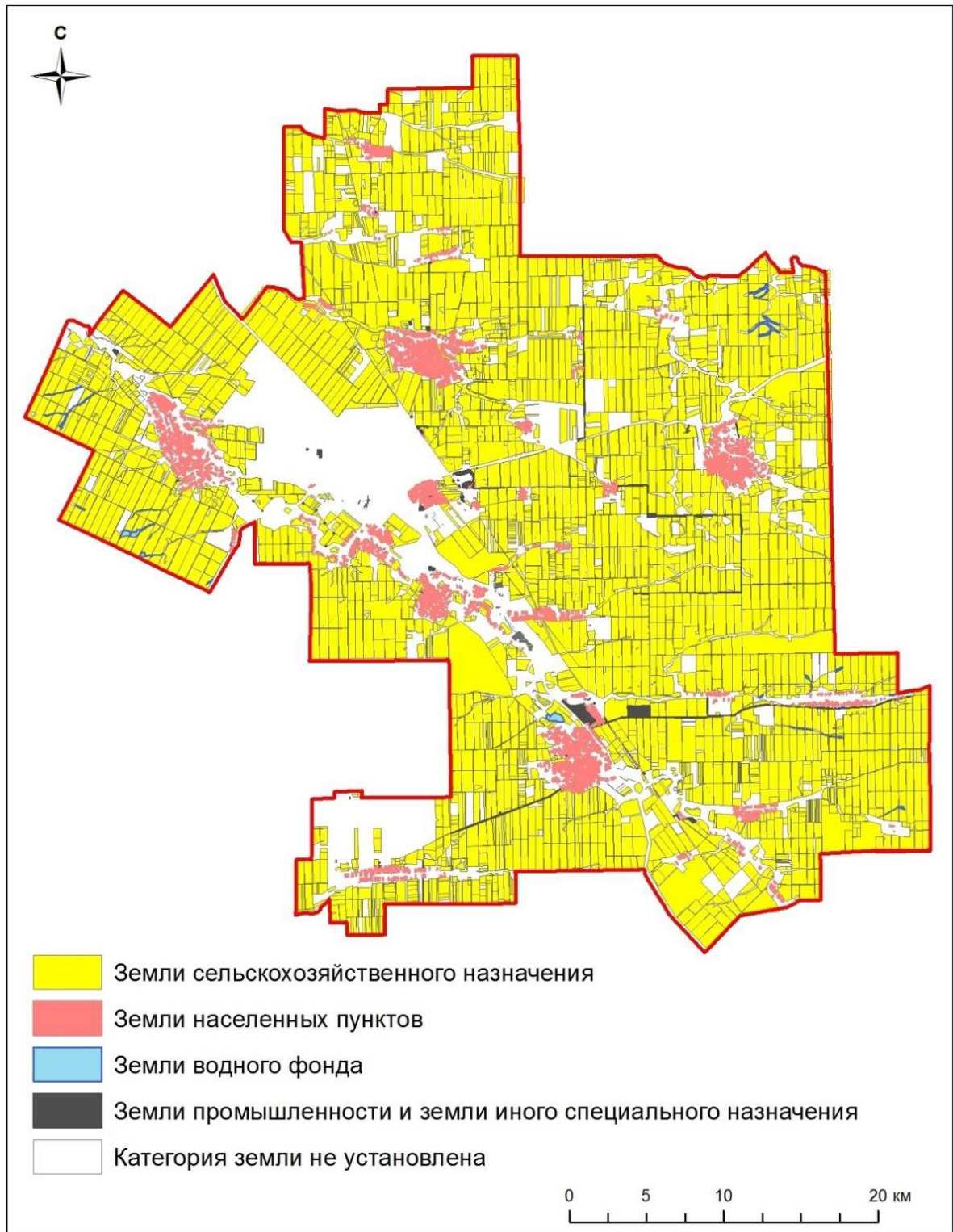


Рис. 3.4. Кадастровая основа территории Тихорецкого района по категории использования земель

Несколько хуже по ряду причин оказалась точность дешифрирования земель под жилой застройкой, водных поверхностей (реки, каналы, водоемы) на суше, а в некоторых случаях сельскохозяйственных земель. Примеры ти-

пичных ошибок дешифрирования приведены на рис. 3.5. Не вдаваясь в подробный анализ конкретных ошибок, отметим, что их источники, как правило, понятны и технически устранимы. В дальнейшем для минимизации ошибок необходимо использовать мультиспектральные снимки более высокого разрешения.

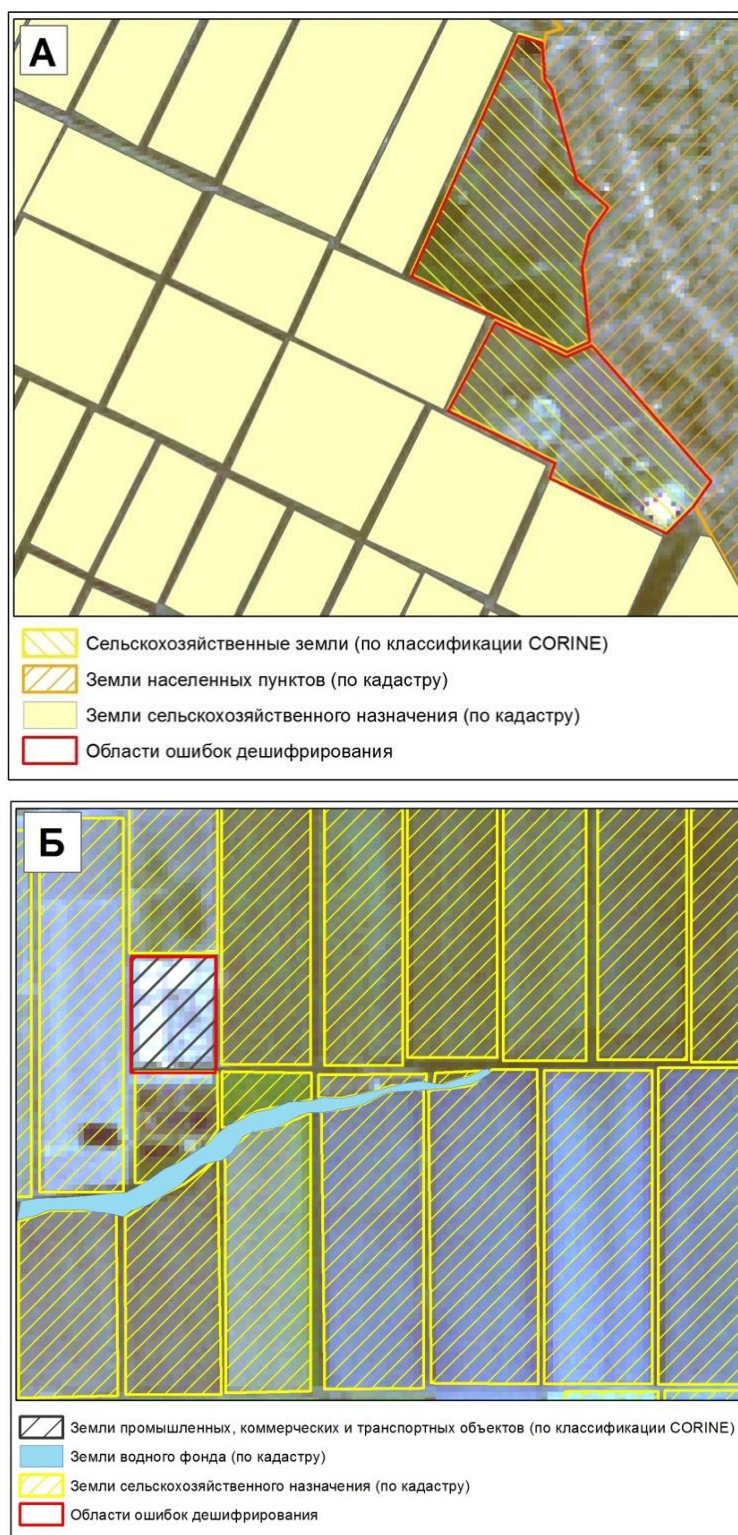




Рис. 3.5. Примеры типичных ошибок дешифрирования жилой застройки (А), промышленных, коммерческих и транспортных объектов (Б), вод суши (В)

Представленная методика реализована при построении карты, охватывающей всю территорию Краснодарского края, для категорий земель второго уровня согласно классификации землепользования CORINE (рис. 3.6) [Погорелов, Липилин, 2014].

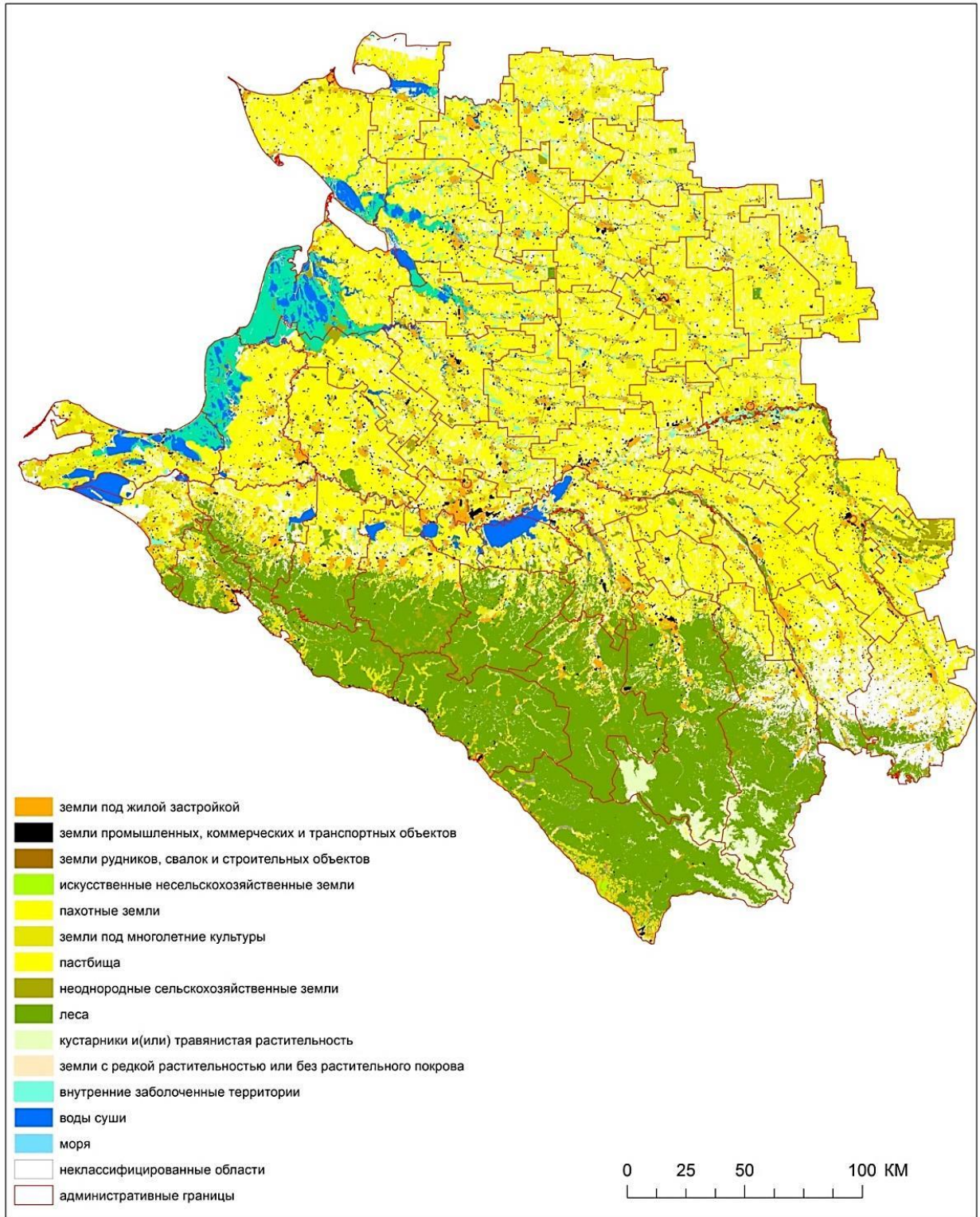


Рис. 3.6. Карта землепользования Краснодарского края согласно классификации земель по номенклатуре CORINE [Погорелов, Липилин, 2014]

Обобщенные сведения о структуре землепользования Краснодарского края, полученные по построенной карте (рис. 3.6), представлены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Структура землепользования Краснодарского края согласно классификации земель по номенклатуре программы CORINE

№ по классификации CORINE	Категория землепользования по классификации CORINE	Площадь, тыс. га	Доля от общей площади, %
1.1	Земли под жилой застройкой	375,1	4,97
1.2	Земли промышленных, коммерческих и транспортных объектов	54,4	0,72
1.3	Земли рудников, свалок и строительных объектов	11,9	0,16
1.4	Искусственные несельскохозяйственные земли	1,7	0,02
2.1	Пахотные земли	3 349,3	44,38
2.2	Земли под многолетние культуры	327,0	4,33
2.3	Пастбища	686,8	9,10
2.4	Неоднородные сельскохозяйственные земли	79,1	1,05
3.1	Леса	1 878,8	24,89
3.2	Кустарники и/или травянистая растительность	208,1	2,76
3.3	Земли с редкой растительностью или без растительного покрова	9,5	0,13
4.1	Внутренние заболоченные территории	8,3	0,11
4.2	Прибрежные болота	138,9	1,84
5.1	Воды суши	305,7	4,05
5.2	Моря	1 710,2	—
—	Неклассифицированные области	112,7	1,49
По всем типам (за исключением п. «5.2 Моря»)		7 547,3	100

По данным табл. 3.3 на территории Краснодарского края наибольшие площади по результатам дешифрирования 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). Полученные площади земель сельскохозяйственного назначения на территории Краснодарского края близки к данным Росреестра [Доклад..., 2012] (4749,6 тыс. га) и сведениям [Недилько, Мещанинова, 2013] (4244,1 тыс. га). На втором месте по занимаемой площади по данным дешифрирования находятся лесные территории (24,89%) против 16,7% по данным Росреестра. Различия в площади лесопокрытых земель связаны с наличием особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в лесной зоне (Горяче-Ключевской, Туапсинский, Агрыйский и Псебайский заказники, Кавказский государственный биосферный заповедник и др.) [<http://oopt.info/>]. Известно, что в составе земель ООПТ весьма велика доля лесопокрытых территорий.

Различия в площади земель, занятых промышленными объектами по данным дешифрирования (табл. 3.2) и сведениям Росреестра (табл. 3.3), вызваны юридическими особенностями отнесения земель реестра к категории «земли промышленности».

4. ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВАЛОК

На территории Краснодарского края с применением спутниковых снимков и разработанной нами методики обнаружено более 300 объектов размещения твердых бытовых отходов. Полученные о них сведения, включающие месторасположение и картометрические характеристики, представлены в прил. 1. Поскольку анализ оперирует количественными показателями, необходимо пояснить следующее. В некоторых определениях свалок приводятся их количественные критерии. Так, по определению Рябова [2012], несанкционированная свалка должна иметь объем более 10 м^3 или площадь более 200 м^2 . По нормативным документам [Об утверждении..., 1999] несанкционированная свалка имеет площадь свыше 50 м^2 и объем свыше 30 м^3 . Понятно, что в зависимости от конкретных обстоятельств размеры свалок устанавливаются в соответствии с административными либо другими требованиями.

В нашем исследовании, где объекты размещения бытовых отходов распознаются дистанционно, минимальные пределы размеров дешифрируемых объектов зависят от пространственного разрешения спутниковых снимков, т.е. задаются техническими возможностями анализа. Минимальная площадь свалки, которую нам удалось дешифрировать, составила $0,09 \text{ га}$ (900 м^2), и это является нижним пределом, определяющим как количество выявленных объектов, так и их площадные показатели.

Распределение площадей дешифрированных свалок представлено на рис. 4.1, из которого следует, что ему (распределению) свойственна правосторонняя асимметрия. Наибольшее количество свалок (123 шт.) приходится на площадной интервал 1–3 га, а также на свалки площадью менее 1 га (76 шт.). Минимальное количество свалок (всего 3) находится в интервале значений площади более 20 га.

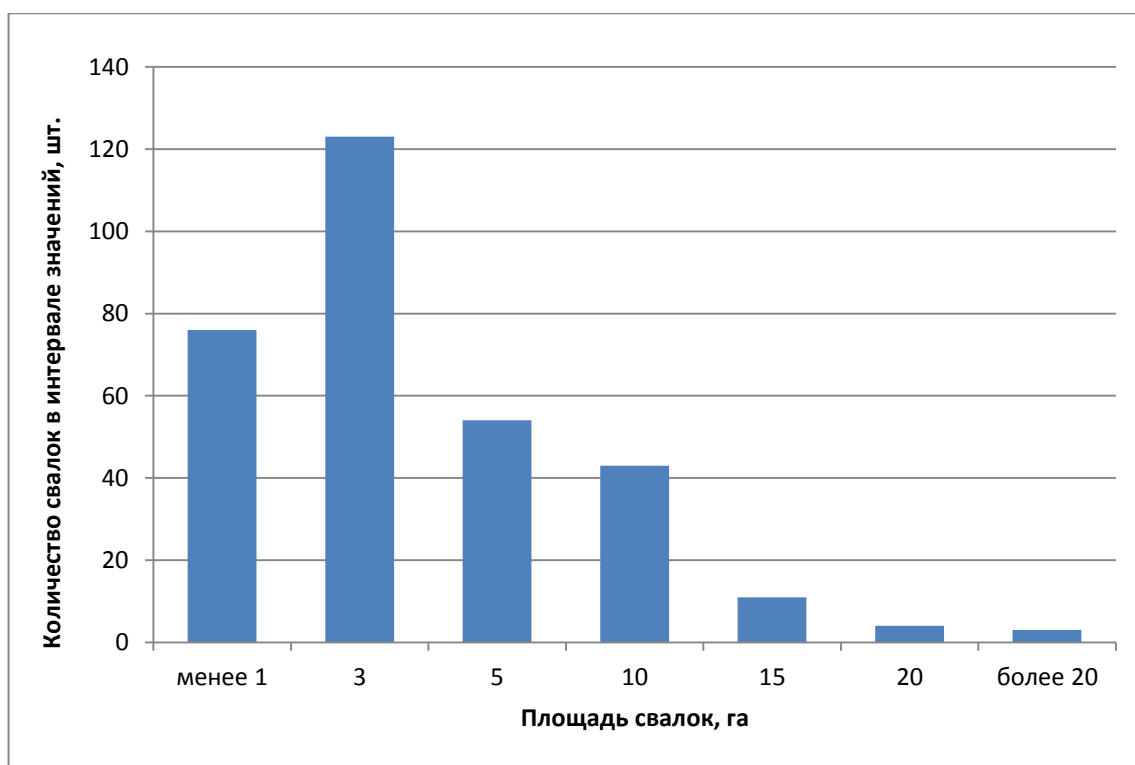


Рис. 4.1. Гистограмма распределения площадей выявленных свалок

Оценивать особенности пространственного распределения свалок на территории региона целесообразно в двух аспектах: ландшафтно-географическом и административно-территориальном.

4.1. Свалки в составе земель Краснодарского края

Как известно, свалки представляют собой территорию размещения отходов, использование (в том числе утилизация) которых в обозримом будущем не предполагается. 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 будет уделено складированию отходов ТБО на землях разного назначения. Понятно, что

землепользование тесным образом увязано с ландшафтным обликом территории, следовательно, оценки изъятых под объекты размещения отходов земель имеют выраженный ландшафтоведческий аспект.

Как видим (рис. 4.2), 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.

Отмечено [Систер и др., 2001], что свалки ТБО как вид антропогенного ландшафта характеризуются высокой скоростью вещественных преобразований. В условиях Краснодарского края на динамику свалок влияет сезонность образования ТБО с заметным увеличением отходов жизнедеятельности человека в летне-осенний период. Это в полной мере применимо к свалкам на исследуемой территории. Согласно [Егоров, Козин, 2006], городские свалки бытовых отходов, свалки твердых промышленных отходов относятся к *утилизационным ландшафтам*, образовавшимся в результате создания и функционирования открытых (находящихся на поверхности) мест утилизации и хранения твердых промышленных и бытовых отходов.

Для расчета фактически изъятых земель под объекты размещения ТБО на территории Краснодарского края на построенную карту землепользования (рис. 3.6) наложен полигональный слой, отражающий местоположение свалок (рис. 4.2). Информация о категориях изъятых земель представлена в таблице 4.1.

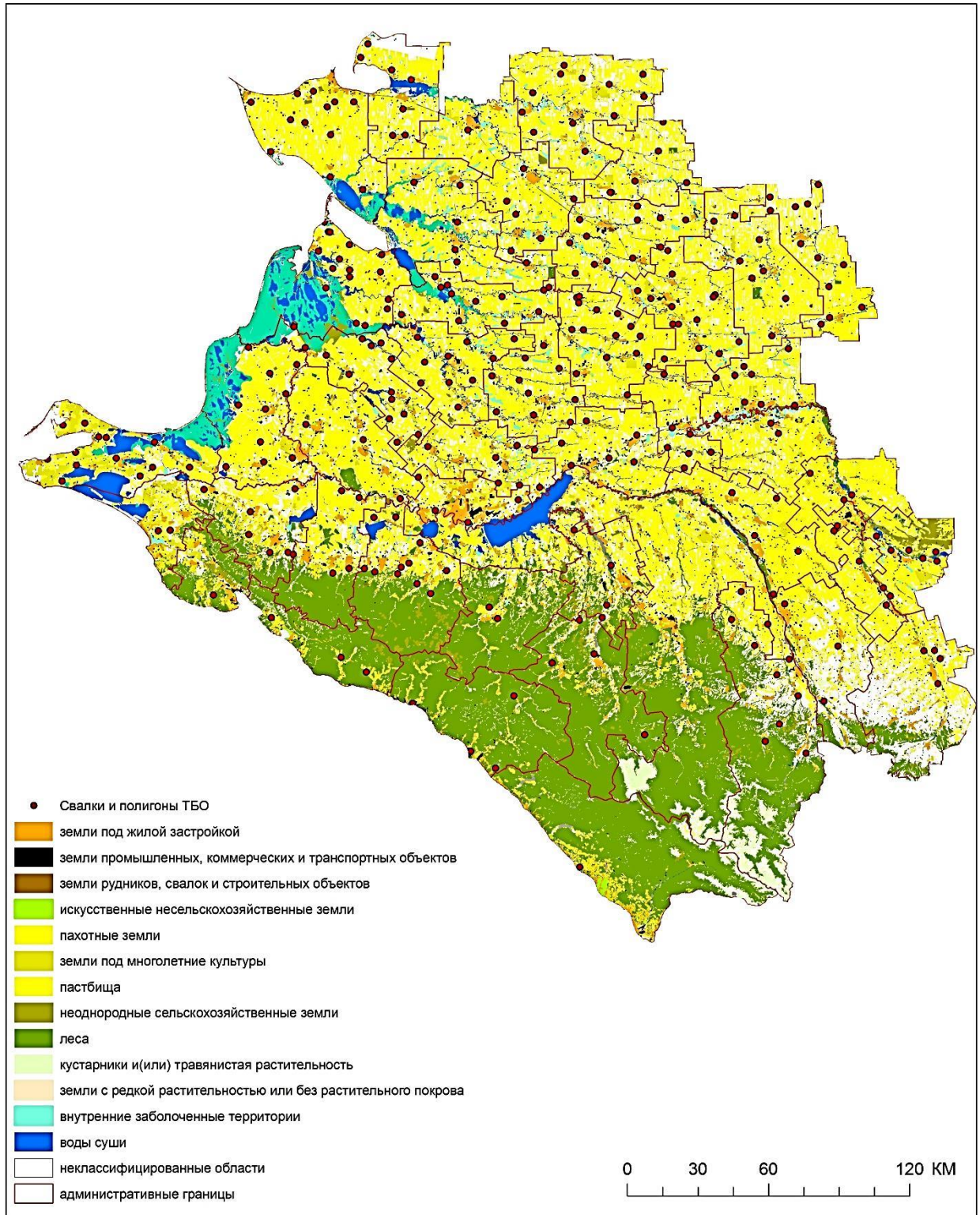


Рис. 4.2. Расположение обнаруженных объектов размещения ТБО в составе земель (по номенклатуре CORINE) на территории Краснодарского края

Таблица 4.1

Изъятые под объекты размещения ТБО земли разного назначения по классификации CORINE на территории Краснодарского края

№ по классификации CORINE	Категория землепользования по классификации CORINE	Количество объектов	Площадь изъятной территории, га
1.1	Земли под жилой застройкой	18	15,63
1.2	Земли промышленных, коммерческих и транспортных объектов	47	39,92
1.3	Земли рудников, свалок и строительных объектов	25	46,18
2.1	Пахотные земли	85	572,91
2.2	Земли под многолетние культуры	22	31,46
2.3	Пастбища	30	229,42
2.4	Неоднородные сельскохозяйственные земли	13	26,18
3.1	Леса	47	95,57
3.2	Кустарники и/или травянистая растительность	9	21,38
4.2	Прибрежные болота	3	0,69
–	Неклассифицированные области	15	30,01
По всем типам		314	1109,35

Всего по данным спутниковых снимков на исследуемой территории выявлено 314 свалок, занимающих площадь 1109,35 га (табл. 4.1). Наиболь-

шее 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 на пахотных землях. 30 свалок общей площадью 229,42 га расположены на пастбищах. Всего на землях сельскохозяйственного назначения по нашим расчетам расположено 150 свалок суммарной площадью 860 га, что составляет 77,5% от площади всех выявленных на территории края свалок.

Значительная часть изъятых под свалки земель приходится на леса (95,57 га), а наименьшая часть – на прибрежные болота или плавни (0,69 га). Считаем, что описанная структура изъятых земель в присущих Краснодарскому краю ландшафтных условиях вполне закономерна.

4.2. Административно-территориальный аспект распределения свалок

При обобщении пространственных характеристик свалок очевидно следует принимать во внимание объективные факторы их распределения. Набор этих факторов интуитивно понятен и определяется в первую очередь расположением источников твердых бытовых отходов и географическими условиями их складирования. Однако вклад возможных факторов индивидуален в каждом конкретном случае.

По мнению Рябова [2012], основными факторами для формализованного прогнозирования мест возникновения свалок являются: расстояние до основных автомагистралей; расстояние до грунтовых дорог; расстояние до ближайшего карьера; расстояние до ближайшего здания. Вспомогательными факторами для прогнозирования мест возникновения свалок являются: местоположение лесов; местоположение водных объектов; плотность расположения зданий. Действительно, указанные факторы следует разделить на три группы по признакам локализации 1) источников отходов, 2) удобных (мест-

ный рельеф и ландшафт) мест складирования, 3) путей транспортировки ТБО от источников до мест складирования. На этом уровне рассмотрения закономерности распределения свалок определяются масштабами расположения в пространстве этой триады.

При анализе распределения свалок мы в данном параграфе ограничились административно-территориальным аспектом распределения (табл. 4.2). Такой подход вполне объясним с позиции административного контроля и принятия действенных управленческих решений в отношении контроля свалок ТБО.

По нашим расчетам (табл. 4.2) наибольшее количество свалок приходится на Приморско-Ахтарский район (16); значительное их количество выявлено на территории Тихорецкого (15), Выселковского (15) и Калининского (14) районов. Это почти в два раза превышает среднекраевой показатель для района / городского округа, равный 7 свалкам. Наименьшее количество обнаруженных свалок находится на территориях города-курорта Сочи (1), города-курорта Анапа (2), города Горячий Ключ (2), города-курорта Геленджик (3), а также Староминского (1), Гулькевичского (2), Красноармейского (3), Лабинского районов (3), а также городах Новороссийск (1) и Армавир (1).

Распределение объектов размещения отходов ТБО в районах / городских округах Краснодарского края

Муниципальное образование	Площадь образования, кв ²	Количество свалок, шт.	Площадь свалок	
			абсолютная, га	относительная, ‰
Абинский район	1624	5	10,9	0,067
Апшеронский район	2433	4	8,33	0,034
Белоглинский район	1493	12	22,25	0,149
Белореченский район	1342	4	13,27	0,099
Брюховецкий район	1365	12	26,71	0,196
Выселковский район	1720	15	50,72	0,295
Гулькевичский район	1443	2	3,71	0,026
Динской район	1338	6	19,22	0,144
Ейский район	2123	12	52,92	0,249
Кавказский район	1199	9	54,01	0,450
Калининский район	1445	14	28,71	0,199
Каневский район	2479	6	24,57	0,099

Кореновский район	1440	10	40,27	0,280
Красноармейский район	1887	3	9,68	0,051
Крыловский район	1358	6	16,56	0,122
Крымский район	1610	6	13,54	0,084
Курганинский район	1543	5	9,94	0,064
Кущевский район	2387	12	31,61	0,132
Лабинский район	1876	3	28,10	0,150
Ленинградский район	1420	6	21,14	0,149
МО Город-курорт Анапа	964	2	17,99	0,187
МО Город-курорт Геленджик	1256	3	9,95	0,079
МО Город-курорт Сочи	3487	1	4,84	0,014
МО город Армавир	196	1	2,57	0,131
МО город Горячий Ключ	1793	2	8,21	0,046
МО город Краснодар	837	4	45,01	0,538

МО город Новороссийск	826	1	15,44	0,187
Мостовской район	3729	10	14,91	0,040
Новокубанский район	1901	6	35,58	0,187
Новопокровский район	2172	8	19,42	0,089
Отраденский район	2440	4	31,75	0,130
Павловский район	1800	11	69,28	0,385
Приморско-Ахтарский район	2235	16	50,40	0,226
Северский район	2130	11	33,02	0,155
Славянский район	2225	10	33,19	0,149
Староминский район	1063	1	14,68	0,138
Тбилисский район	967	7	16,99	0,176
Темрюкский район	1949	13	37,98	0,195
Тимашевский район	1561	10	34,46	0,221
Тихорецкий район	1823	15	53,45	0,293

Туапсинский район	2372	4	12,55	0,053
Успенский район	1127	8	15,08	0,134
Усть-Лабинский район	1506	7	27,33	0,181
Щербиновский район	1398	7	19,11	0,137
Всего	75282	314	1109,35	0,162

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), Приморско-Ахтарском (50,40 га) районах и городе Краснодаре (45,01 га). При этом средний показатель для района / городского округа края равен 25,2 га. Наименьшие площади свалок зафиксированы в городе Армави-ре (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 для муниципального образования.

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. Нормы образования ТБО на одного человека, принятые в России, для городских жителей составляют в среднем 1,2 кг/чел/сут, для сельских – 0,52 кг/чел/сут [Григораш и др., 2013]. Меньшие нормы для сельских жителей объясняются естественной утилизацией ТБО, включая пищевые отходы, в условиях сельского образа жизни (домашнее хозяйство).

По расчетным данным (табл. 4.2) и сведениям о численности населения в муниципальных образованиях Краснодарского края [<http://www.gks.ru/>] составлена карта, характеризующая основные показатели ТБО в разрезе административных единиц региона (рис. 4.3). В трех крупнейших городских округах Краснодарского края – Краснодаре, Новороссийске и Сочи – фиксируются наибольшие годовые объемы ТБО, составляющие 21, 7, 10 % соответственно, от годового объема образования ТБО всего Краснодарского края. Тем не менее в муниципальных образованиях город Новороссийск и город-курорт Сочи по полученным нами данным отмечается относительно низкая площадь свалок. Анализируя соотношение объема образования ТБО и площадей свалок ТБО, нельзя не заметить, что на 15 муниципальных образований (показаны на карте зеленым цветом), расположенных в северной части Краснодарского края, приходится менее 20 тыс. т образующихся ТБО в год. Это составляет менее 10% от годового объема образования ТБО всего края.

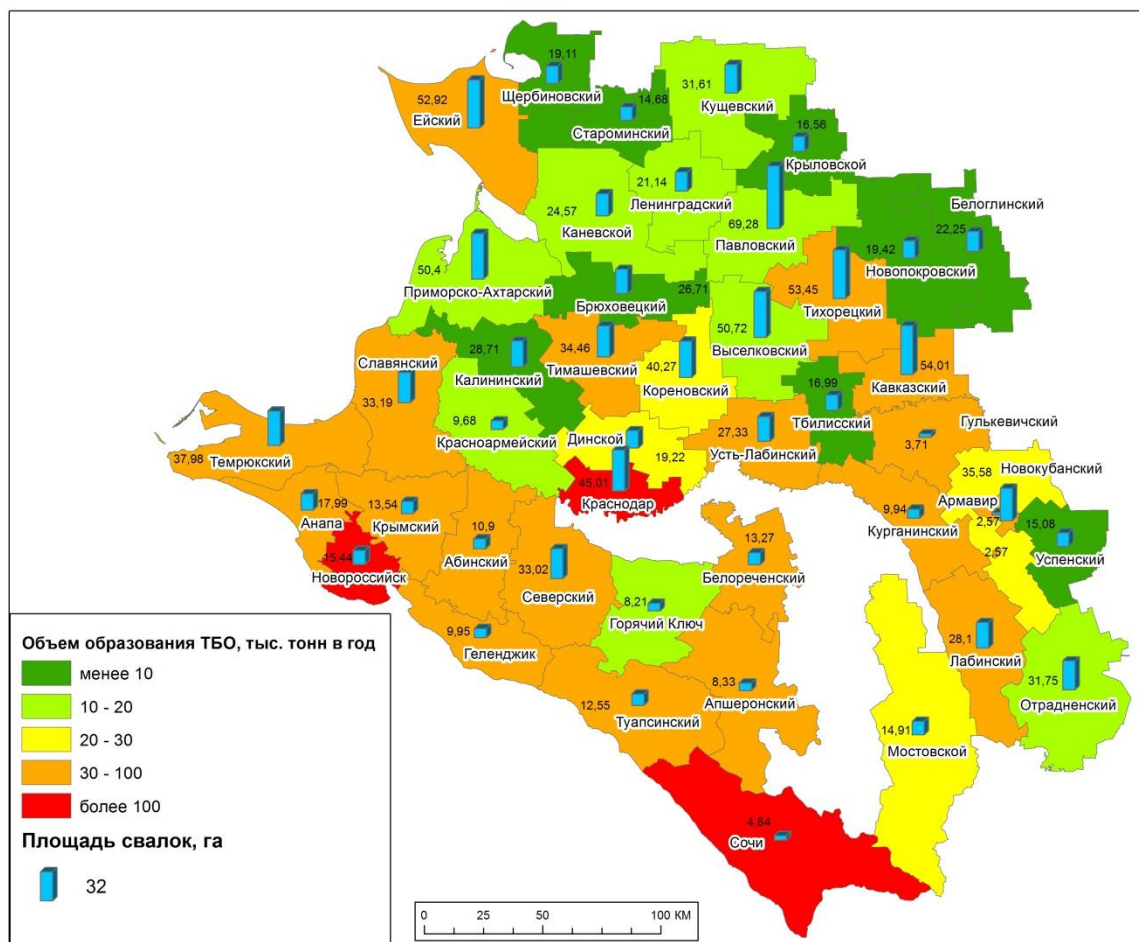


Рис. 4.3. Площади свалок и ежегодные объемы образования ТБО на территориях муниципальных образований Краснодарского края

Представляет интерес относительная площадь объектов размещения ТБО, рассчитываемая как отношение суммарной площади свалок к площади соответствующего муниципального образования. Расчеты представлены на карте (рис. 4.4). Городскому округу Краснодар принадлежит несомненное первенство по показателям относительной площади свалок (более 0,5%), что вызвано значительным количеством компактно проживающего населения (около 20% от краевого). Высокие 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.

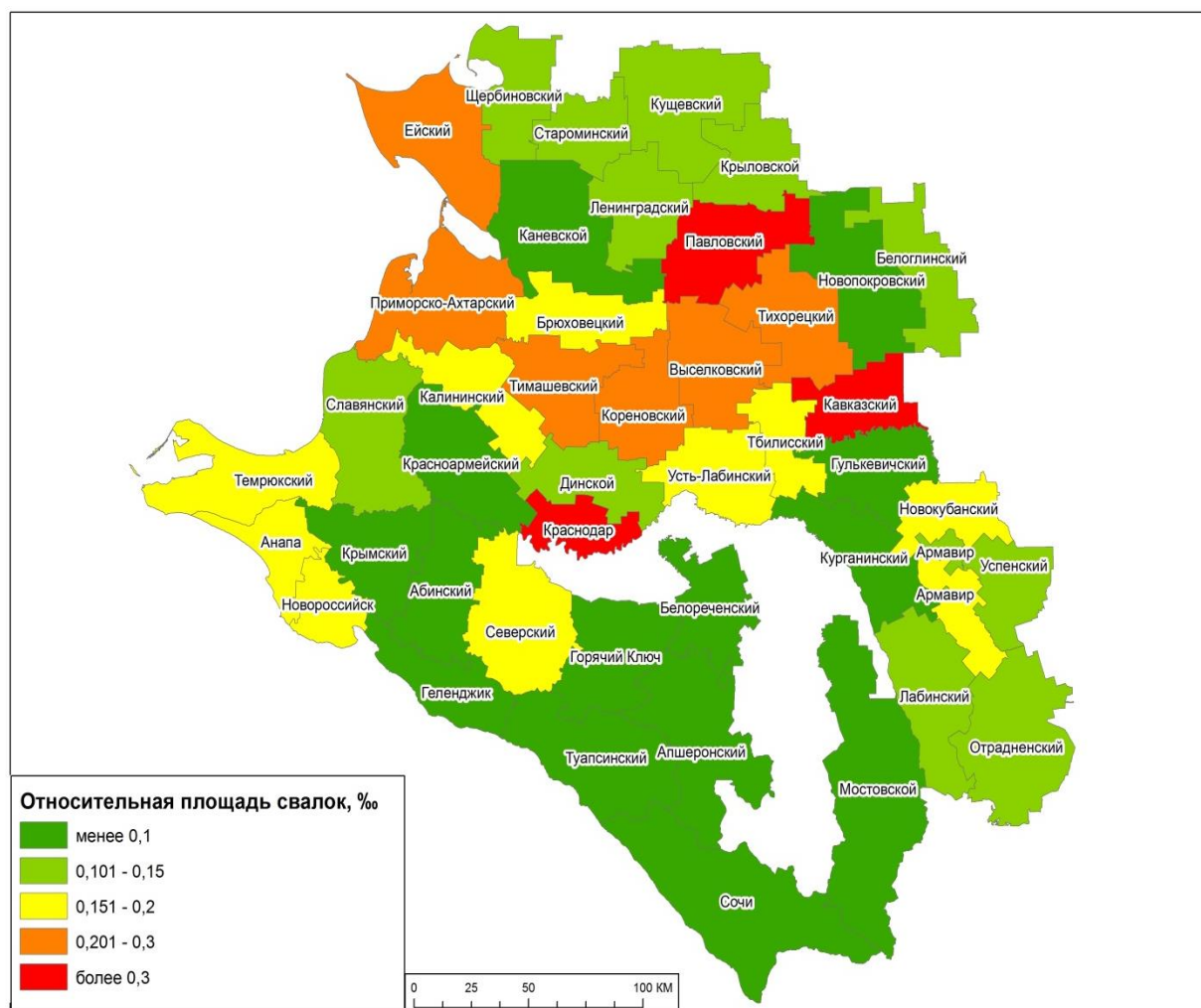


Рис. 4.4. Относительная площадь свалок на территориях муниципальных образований Краснодарского края

5. ДИНАМИКА СВАЛОК

5.1. Методические подходы к анализу

В данной главе 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 [Абросимов и др., 2013; Погорелов и др., 2013] с созданием мультिवременных композитов.

Мультивременной композит – изображение, сформированное из двух разновременных космических снимков на одну и ту же территорию. Такое изображение получается путем синтеза трех спектральных каналов. При выборе каналов для синтеза придерживаются следующего правила: каналы позднего (нового) снимка занимают первую (Red) и третью (Blue) компоненты, канал раннего (старого) снимка занимает вторую (Green) компоненту [Ялдыгина, 2011]. На результирующих изображениях весьма контрастно выделяются именно изменившиеся в площадном отношении объекты (например, вырубки, свалки, карьеры, русла рек и т.д.), что гарантирует тотальный безошибочный и малозатратный мониторинг [Бахтинова и др., 2012; Абросимов и др., 2013]. Применительно к свалкам это позволяет оценить не только изменения на полигоне ТБО, но и установить трансформацию растительного покрова.

Сопоставление снимков одной и той же территории требует относительной схожести природных и технических условий съемки: погодных, сезонных и в идеале суточных. Так, для исключения сезонных различий рекомендуется сравнивать снимки, полученные в пределах одной фенологической фазы эдификаторов растительного покрова. При этом, однако, следует учи-

тивать разногодичные флуктуации сухих и влажных, теплых и холодных лет [Виноградов, 1984]. Сопоставимость технических условий съемки определяется в первую очередь пространственным разрешением. Допустимо приблизительно трехкратное различие в пространственном разрешении и соответственно в условном масштабе сопоставляемых снимков.

Для построения мультивременных композитов нами использовались снимки сопоставимого пространственного разрешения (от 0,6 до 2 м), во временном отношении близкие к одной фенологической фазе (разброс 1–2 декады).

Объектом анализа в аспекте мониторинга свалок, как и в главе 2, выбраны репрезентативные свалки и полигоны ТБО, отражающие наиболее характерные географические условия региона (рис. 2.6). Наблюдения за происходящими изменениями охватили период 2003–2013 гг., обеспеченный спутниковыми снимками. Дополнительно в анализ включены свалки, имеющие разнонаправленную динамику по показателям занимаемой территории. Среди показателей, отражающих динамику объектов, наиболее информативными служат простые, но одновременно информативные, картометрические характеристики – площадь и периметр (общая длина границы) свалки. Изменения площади рассчитывались по отношению к данным предыдущей съемки.

5.2. Многолетняя изменчивость свалок

Свалка Абинского городского поселения. На снимке 2003 г. видно, что на расчищенной территории начинают размещать бытовой мусор, покрывающий площадь 1,17 га (рис. 5.1). К 2010 г. разросшаяся более чем в два раза по площади свалка приобретает обустроенный вид: появляются ангар для тяжелой техники и ограждение, обеспечивающее пропускной режим на объект. Наличие капитальных строений, вероятнее всего, свидетельствует о санкционированном характере данной свалки. Пространственные показатели свалки Абинского городского поселения представлены в табл. 5.1.



Рис. 5.1. Свалка Абинского городского поселения

Таблица 5.1

Пространственные показатели свалки Абинского городского поселения

Дата	Площадь, га	Изменение площади, %	Периметр, км
30.08.2003	1,17	—	0,77
27.05.2010	2,58	221	0,79

Свалка Адлерского городского поселения представляет собой редкий случай восстановления нарушенных земель. Судя по снимкам (рис. 5.2), в период с 2005 г. по 2007 г. на свалке происходит сокращение площади, занятой мусором с 4,19 га до 1,97 га, однако к 2010 г. площадь свалки увеличилась до 8,1 га (табл. 5.2).

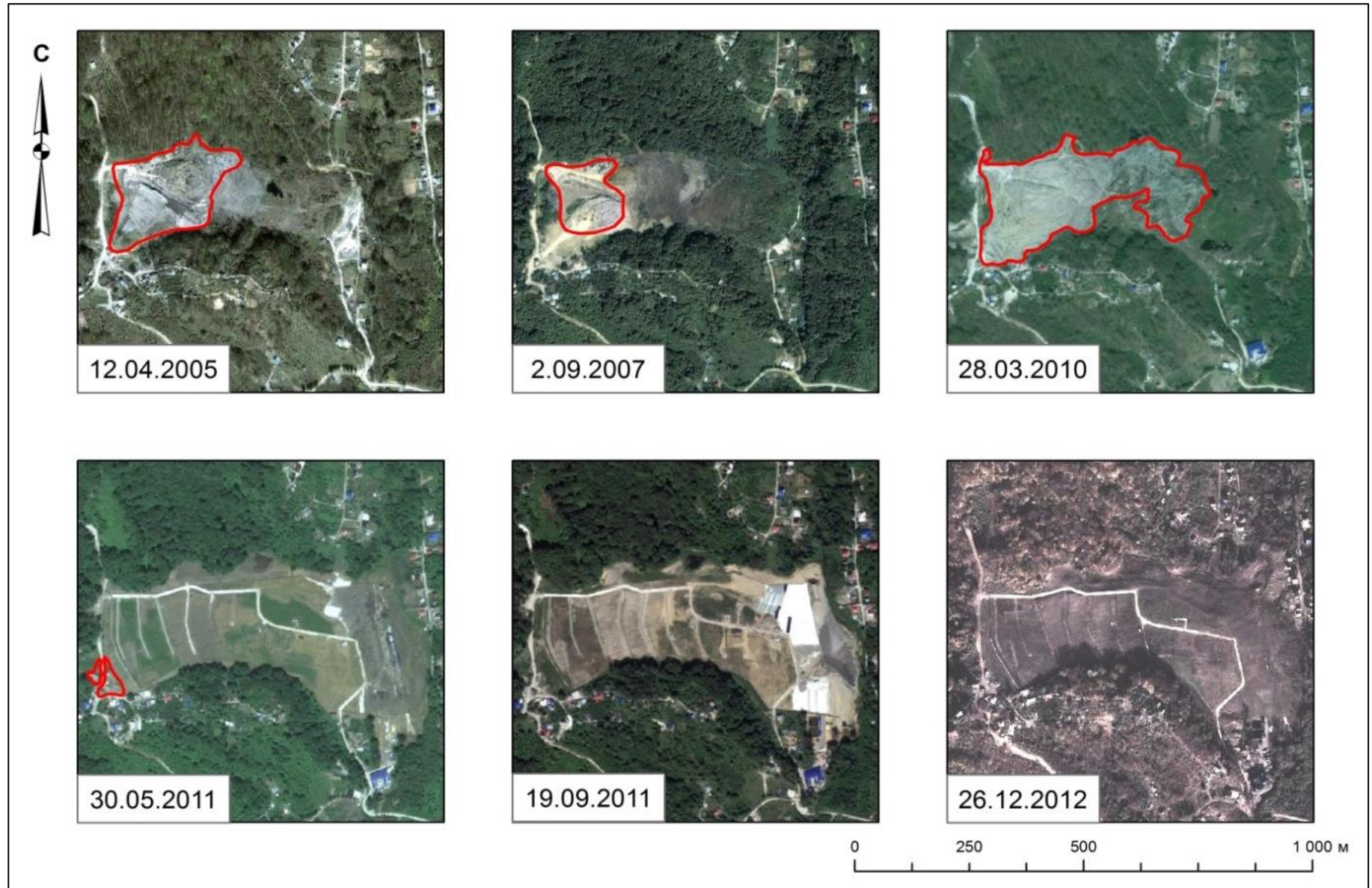


Рис. 5.2. Свалка Адлерского городского поселения

В середине 2011 г. мусор был локализован на двух относительно небольших участках общей площадью 0,32 га; к сентябрю 2011 г. эти участки были полностью расчищены. При этом площадь рекультивированных земель оказалась равной 7,78 га.

Таблица 5.2

Пространственные показатели свалки Адлерского городского поселения

Дата	Площадь, га	Изменение площади, %	Периметр, км	Площадь рекультивированной земли, га
12.04.2005	4,19	–	0,92	–
02.09.2007	1,97	47	0,60	–
28.03.2010	8,10	411	1,79	–
30.05.2011	0,32	4	0,38	–
19.09.2011	0	–	–	7,78

Свалка Анапского городского поселения расположена в районе хутора Красный. Динамика постепенно растущей свалки, находящейся в курортной зоне, представлена на спутниковых снимках (рис. 5.3). За 10 лет общая площадь свалки увеличилась почти в 3 раза – с 9 га до 26 га (табл. 5.3). Очень наглядно увидеть увеличение можно на мультитременном композите (рис. 5.4) за 2003–2013 гг. Места, где произошли значительные изменения, показаны ярко-розовым цветом, а стабильные территории изображены темно- и ярко-зелеными оттенками. Таким образом, наглядный анализ данного изображения позволяет установить, что в период с 2003 г. по 2013 г. наиболее заметные изменения конфигурации свалки произошли в северо-западном, северном и юго-восточном направлении. Наименьшие изменения наблюдаются с южного и восточного края свалки вследствие наличия обвалования с юга и административных строений с восточного края свалки.

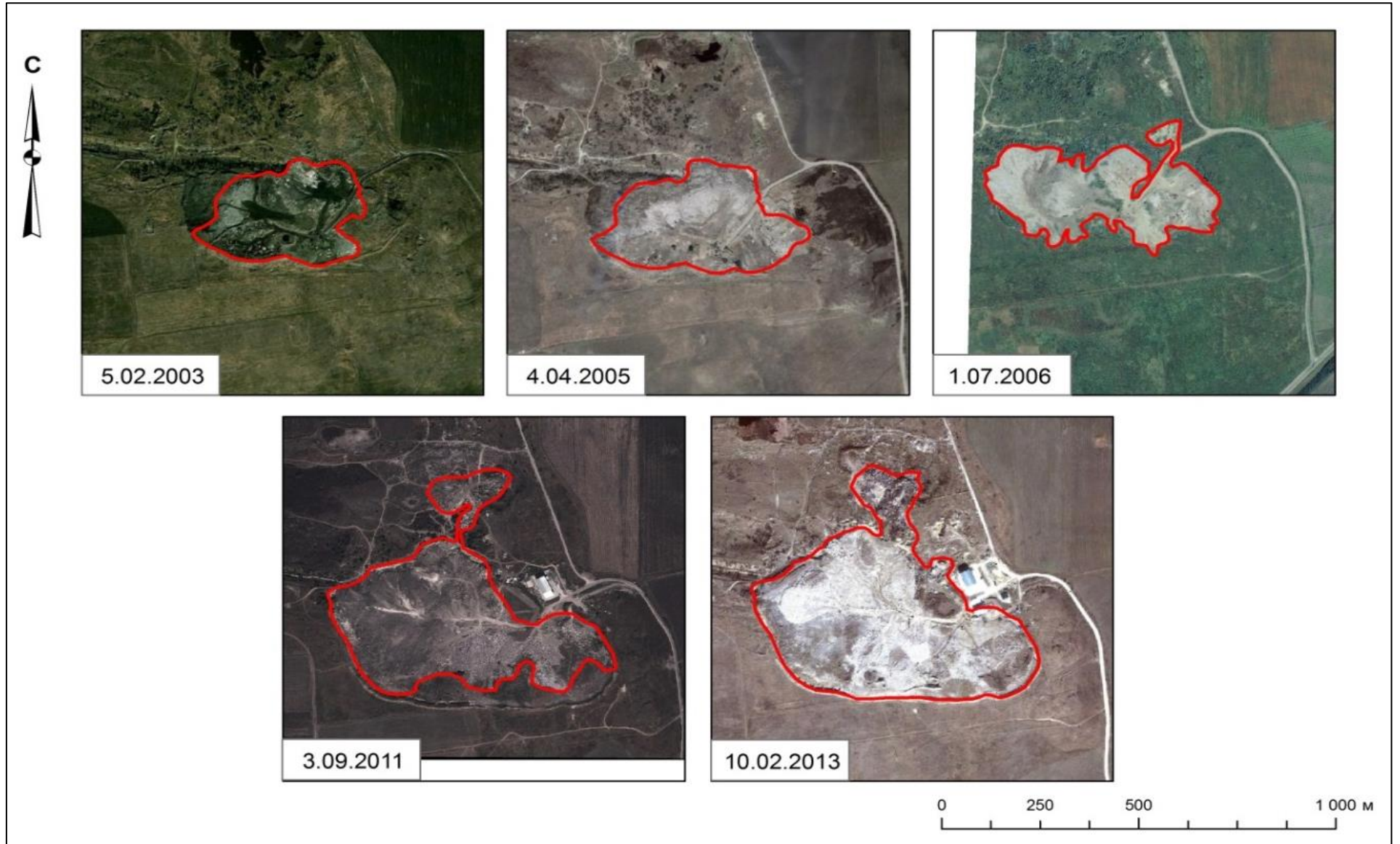


Рис. 5.3. Свалка Анапского городского поселения

Пространственные показатели свалки Анапского городского поселения

Дата	Площадь, га	Изменение площади, %	Периметр, км
05.02.2003	9,03	-	1,32
04.04.2005	11,02	122	1,48
01.07.2006	11,77	107	2,61
03.09.2011	20,20	172	2,88
10.02.2013	25,98	129	2,56

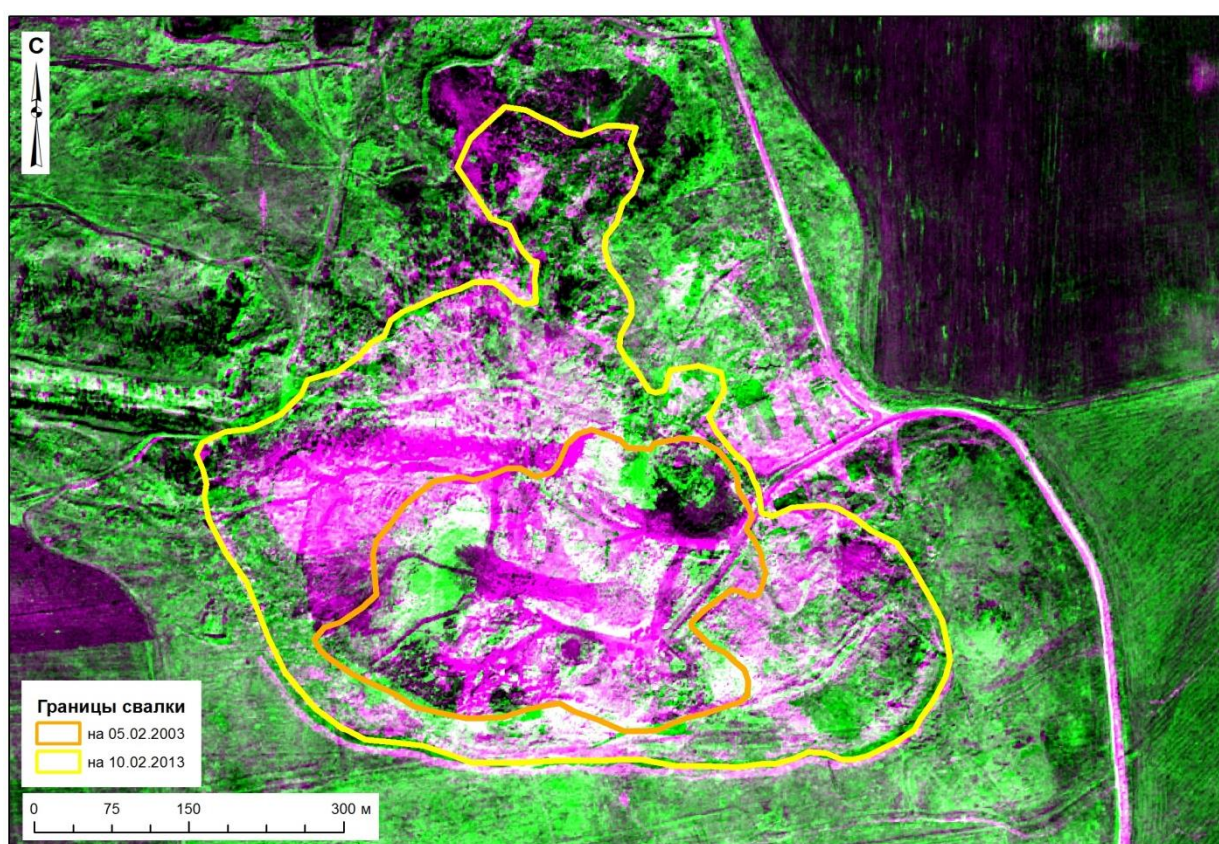


Рис. 5.4. Мультивременной композит территории свалки Анапского городского поселения за период 2003–2013 гг.

Наиболее значительное, скачкообразное увеличение площади свалки произошло в период с 2006 г. по 2011 г. Участки, занятые мусором, имеют сложную конфигурацию, поэтому периметр свалки изменялся в последние годы от 2,61 до 2,88 км. На снимках 2011 и 2013 гг. отчетливо видно появление капитальных сооружений – ангара и контрольно-пропускного пункта, что, вероятно, свидетельствует о санкционированном статусе объекта.

Свалка вблизи хут. Копанской представляет особый интерес, относясь к муниципальному образованию город Краснодар. Снимки этой крупной свалки в муниципальном образовании город Краснодар в окрестностях хут. Копанской отражают общую динамику роста ее площади в 2003–2011 гг. с 15,8 до 27,2 га (рис. 5.5, табл. 5.4).

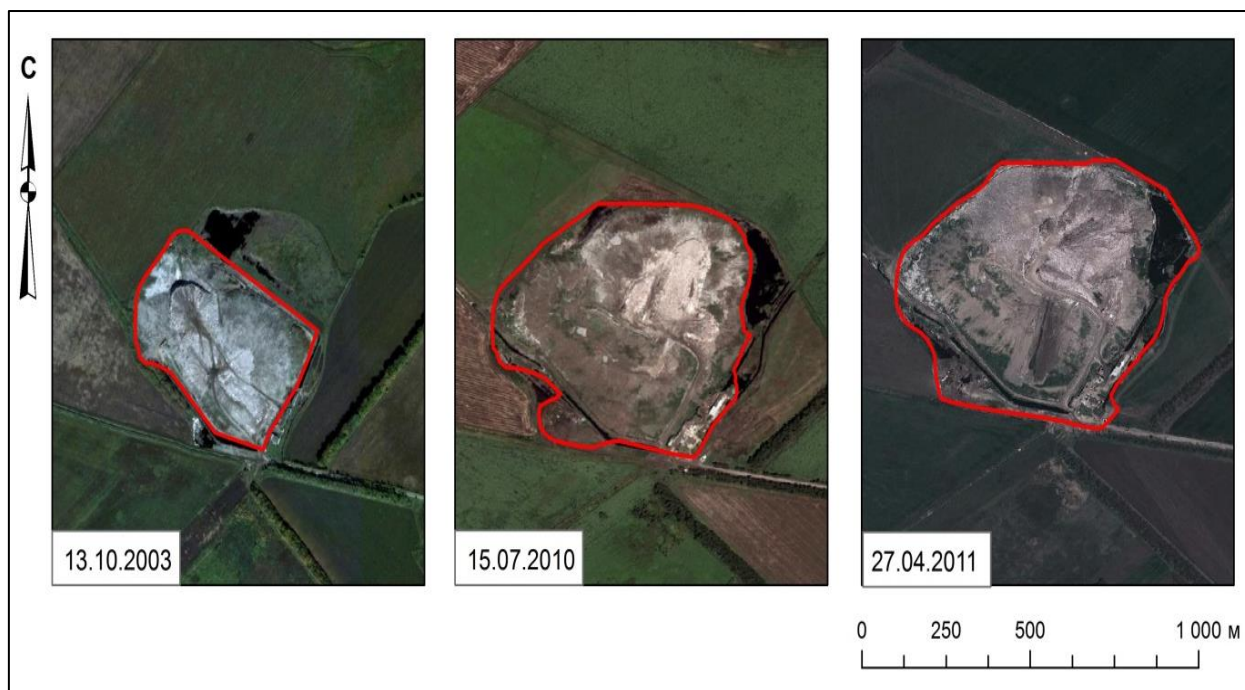


Рис. 5.5. Свалка вблизи хут. Копанской

Таблица 5.4

Пространственные показатели свалки вблизи хут. Копанской

Дата	Замусоренная площадь, га	Изменение площади к предыдущему году, %	Периметр, км
13.10.2003	15,83	–	1,57
15.07.2010	23,91	151	1,95
27.04.2011	27,24	114	2,04

Свалка в центральном округе г. Краснодар. На снимках данной свалки отражена разнонаправленная динамика изменения её площади. Так, начиная с 2002 г. и до 2011 г. площадь свалки увеличивалась, причем иногда весьма значительно – до 61% в год (в период 2006–2007 гг.). С 2011 г. наблюдается резкое и значительное (на 80%) уменьшение замусоренной площади (рис. 5.6, табл. 5.5).

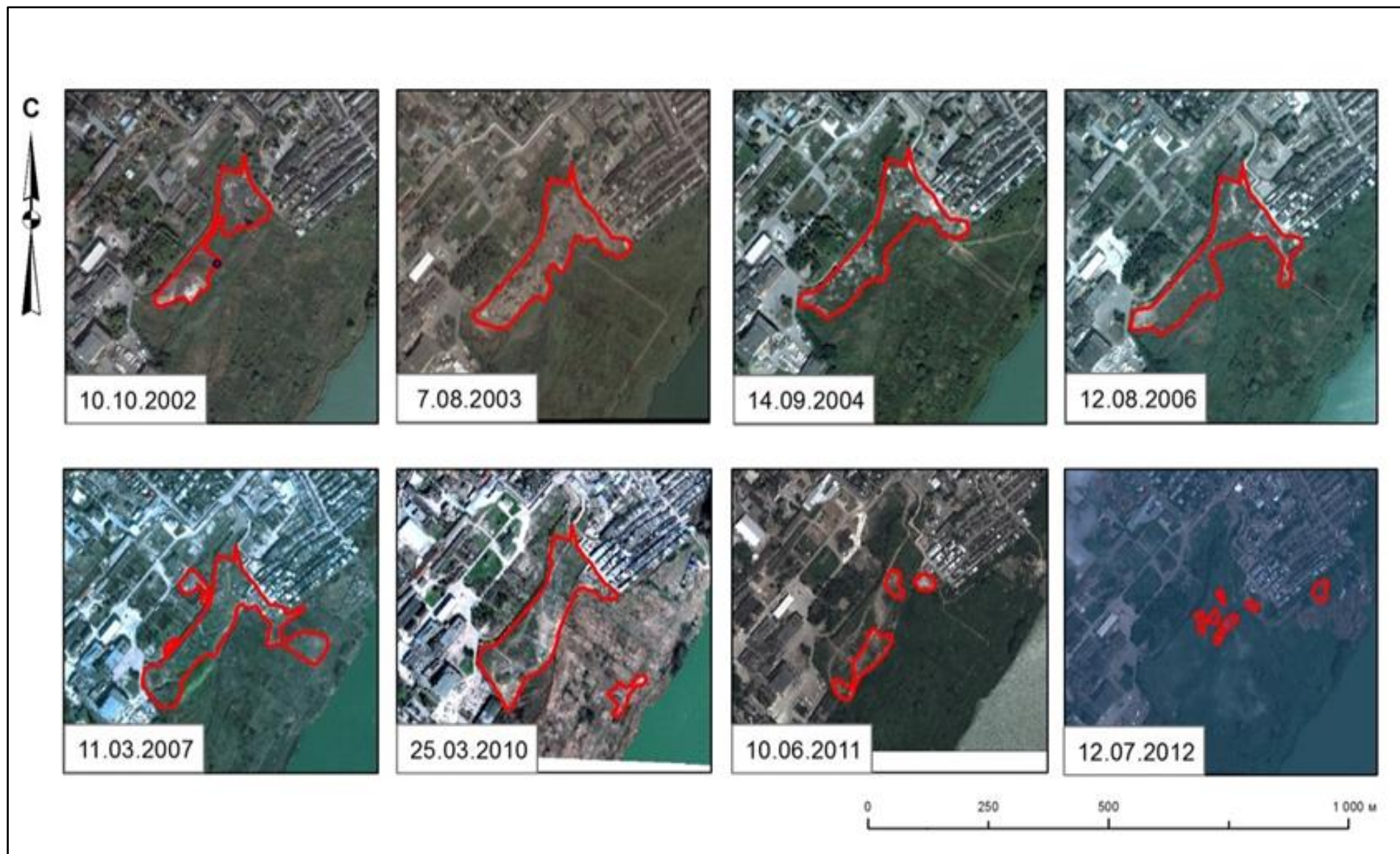


Рис. 5.6. Свалка в Центральном округе города Краснодара

Пространственные показатели свалки в Центральном округе города
Краснодара

Дата	Замусоренная площадь, га	Изменение площади к предыдущему году, %	Периметр, км
10.10.2002	1,80	–	0,99
07.08.2003	2,81	156	1,14
14.09.2004	2,86	102	1,18
12.08.2006	2,88	101	1,34
11.03.2007	4,62	161	2,12
25.03.2010	4,71	102	1,60
10.06.2011	1,05	22	0,85
12.07.2012	0,44	42	0,71

Свалка Крымского городского поселения. Анализ снимков свидетельствует о значительном увеличении площади свалки с 1,8 га до 4,6 га в период 2002–2012 гг. (рис. 5.7, табл. 5.6). Это особенно наглядно подтверждается мультитременным композитом, где ярко-розовый цвет соответствует произошедшим значительным изменением на поверхности (рис. 5.8). За период 2003–2012 гг. территория свалки значительно увеличилась в юго-западном, южном и юго-восточном направлениях. Так, наиболее значительный рост площади (увеличение площади на 56%), занятой мусором за год, произошел в 2009–2010 гг.

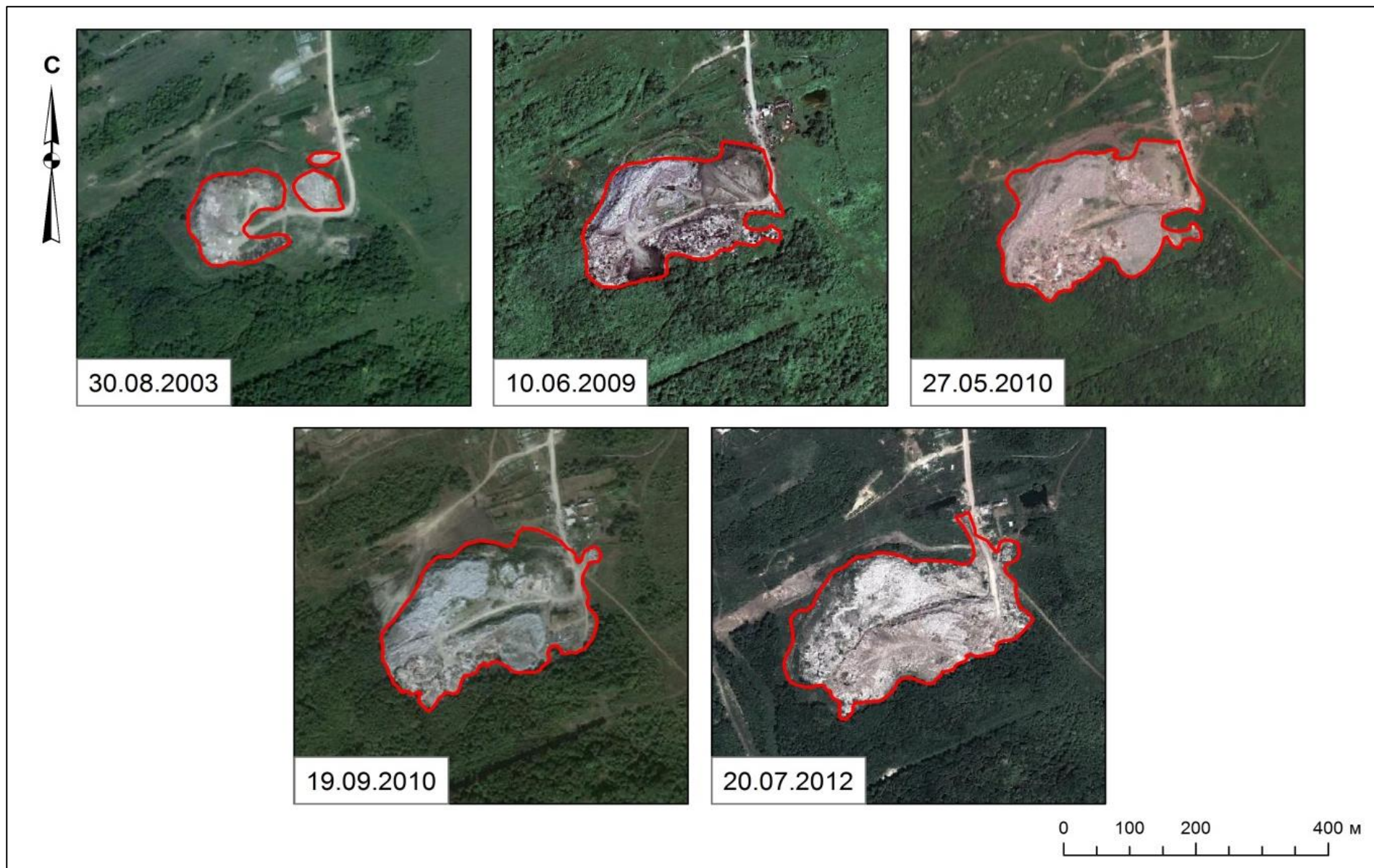


Рис. 5.7. Свалка в окрестностях Крымского городского поселения

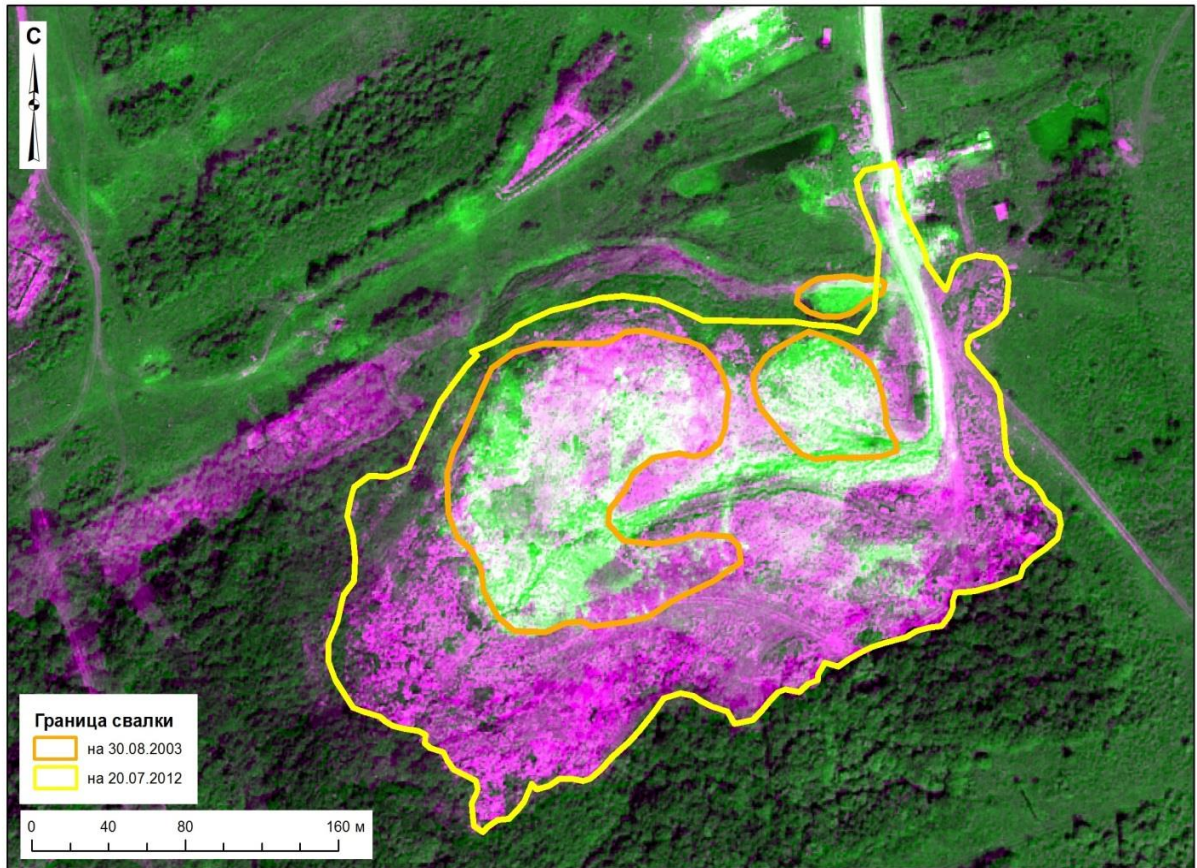


Рис. 5.8. Мультивременной композит территории свалки Крымского городского поселения за период 2002-2012 гг.

Таблица 5.6

Пространственные показатели свалки в окрестностях Крымского городского поселения

Дата	Замусоренная площадь, га	Изменение площади к предыдущему году, %	Периметр, км
30.08.2002	1,80	–	1,15
10.06.2009	2,81	156	0,84
27.05.2010	3,79	135	0,98
19.09.2010	4,24	112	0,92
20.07.2012	4,62	109	1,31

Свалка Верхнелооского сельского округа. При анализе ретроспективных данных на территорию свалки в Верхнелооском сельском округе

установлено, что в период с середины 2002 г. по конец 2010 г. площадь свалки выросла в 2,7 раза, при этом наиболее активно она росла с 2009 г. по 2010 г. (рис. 5.9). Последнее объясняется гравитационным сползанием мусора. Пространственные характеристики свалки Верхнелооского сельского округа представлены в табл. 5.7.



Рис. 5.9. Свалка Верхнелооского сельского округа

Таблица 5.7

Характеристика свалки Верхнелооского сельского округа

Дата	Замусоренная площадь, га	Изменение площади к предыдущему году, %	Периметр, км
11.06.2002	2,77	—	0,69
27.09.2005	3,69	133	0,87
27.09.2009	5,01	136	0,92
25.10.2010	7,51	150	1,31

При анализе спутниковых снимков **свалки Туапсинского городского поселения** (рис. 5.10) установлен двукратный рост ее площади в период с 2007 г. по 2013 г., что также визуально хорошо заметно на мультivременном композите (рис. 5.11). Анализ мультivременного композита показывает, что наиболее значительный рост свалки в исследуемый период наблюдается в северо-западном и юго-западном направлениях. Это обусловлено ограничением территории свалки на востоке автодорогой, а на западе – особенностями рельефа. Наиболее значительное увеличение площади отмечено с 2009 г. по 2011 г. (площадь свалки увеличилась на 50%). В дальнейшем в 2011–2013 гг. площадь свалки увеличивалась ежегодно примерно на 10% (табл. 5.8).

Таблица 5.8

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

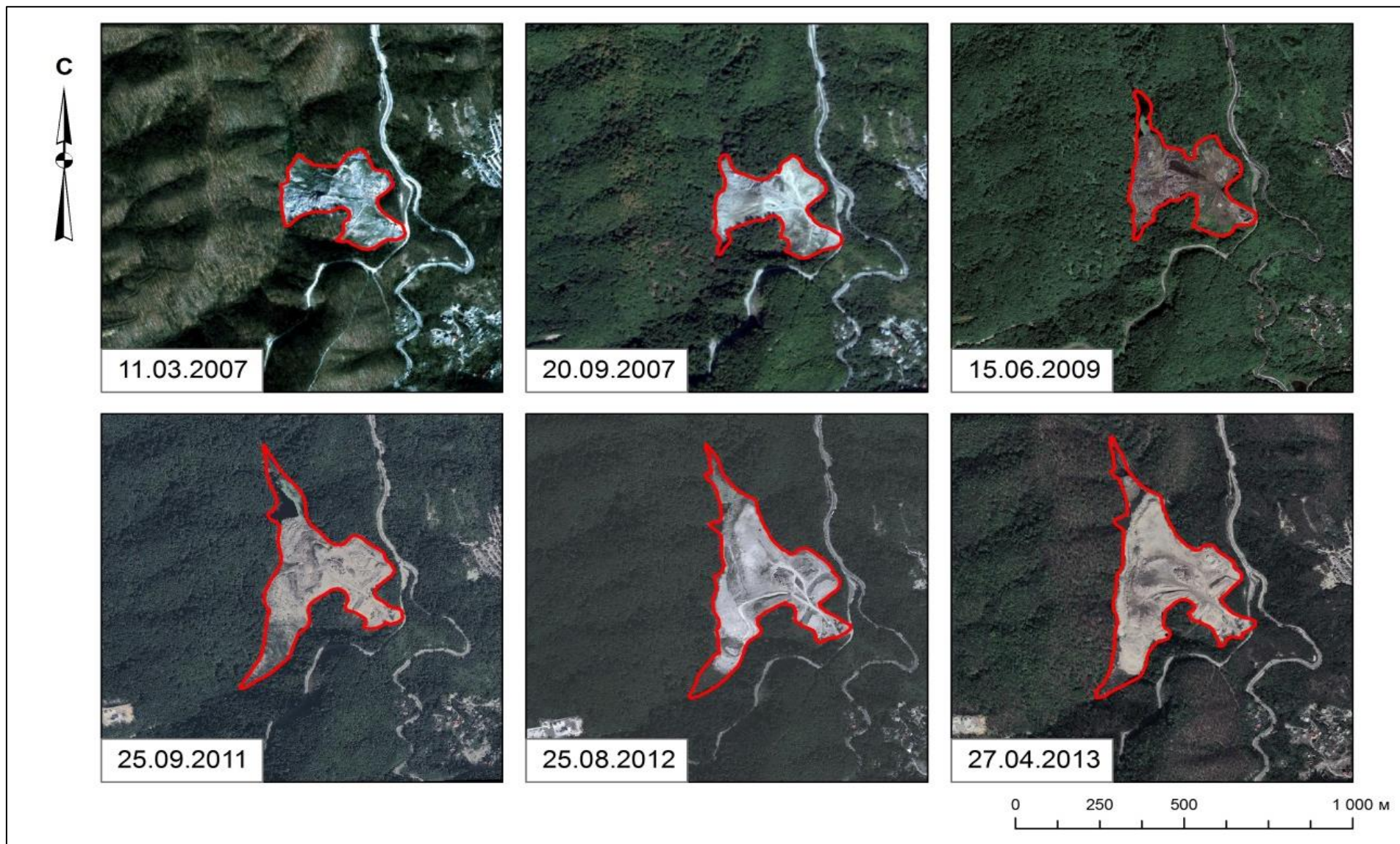


Рис. 5.10. Свалка Туапсинского городского поселения

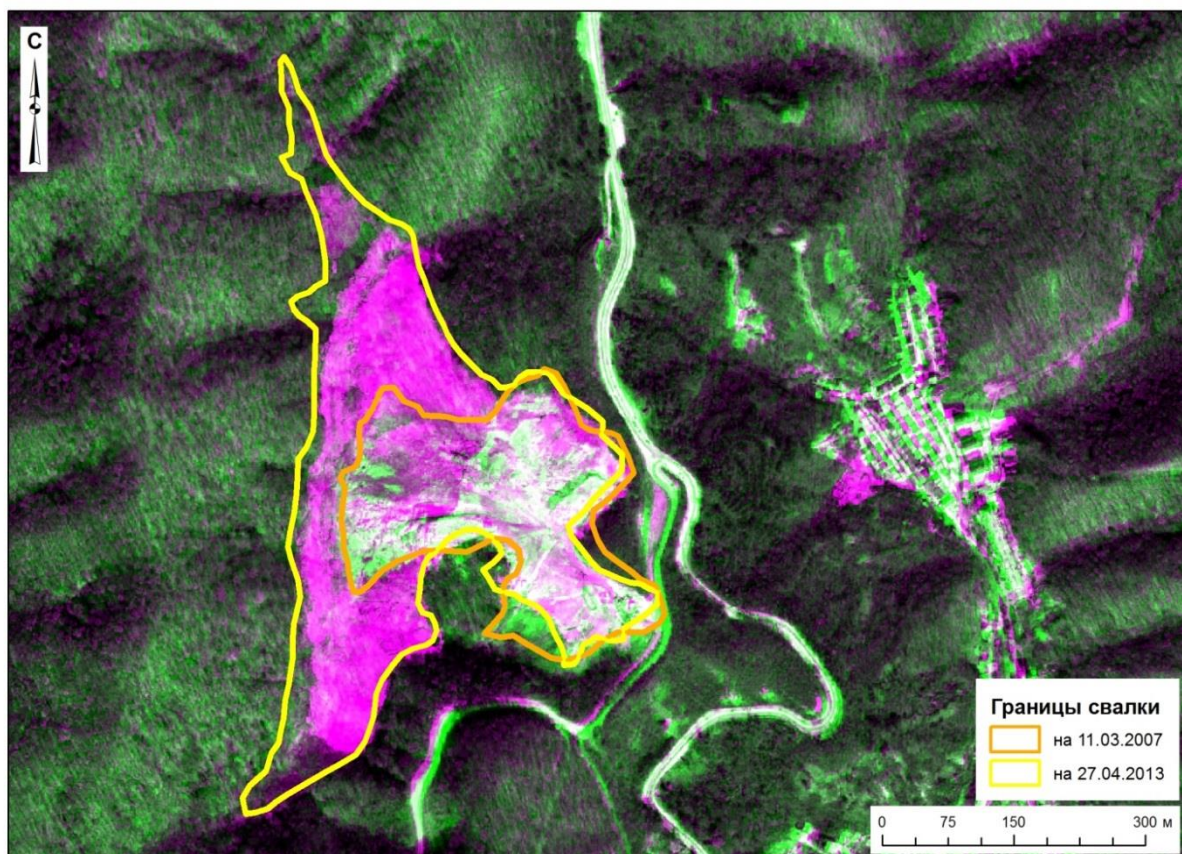


Рис. 5.11. Мультивременной композит территории свалки Туапсинского городского поселения за период 2007–2013 гг.

Таким образом, 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.), сокращения площади (Центральный округ г. Краснодара), рекультивации земель полигона (Адлерское г.п.).

Космические снимки сверхвысокого пространственного разрешения, обладая указанными достоинствами, позволяют надежно идентифицировать полигоны и свалки ТБО и оценивать их многолетнюю динамику в регионе. Целесообразно использовать такого рода измерения вкупе с наземным наблюдением, всесторонне развивая средства и эффективность мониторинга.

Очевидны перспективы дальнейшей работы: инвентаризация мест складирования ТБО с установлением дополнительных параметров свалок (вплоть до расчета объемов тела свалки), а также оценка воздействия свалок на компоненты местного ландшафта.

6. О ВЛИЯНИИ СВАЛОК НА ЛАНДШАФТНУЮ СФЕРУ

В главе, кроме рассмотрения собственно влияния свалок ТБО на компоненты ландшафтной сферы и вопросов классификации свалок по воздействию на окружающую среду, определенное внимание уделено методическим аспектам оценок рассматриваемого влияния.

6.1. Влияние на компоненты ландшафтной сферы

Ландшафтная сфера, понятие о которой сложилось в научной литературе благодаря Ю.К. Ефремову [Ефремов, 1959], – сложная пространственно-временная динамическая система элементов неорганической и органической природы. Образовалась в результате взаимопроникновения, взаимообусловленности и взаимодействия различных геосфер: лито-, атмо- и гидросферы (кора выветривания, почва, живое вещество, приземные слои воздуха). Ландшафтная сфера характеризуется наиболее активным обменом веществ и энергии между контактируемыми геосферами. В пределах ландшафтной сферы, как известно, находится и антропосфера. Активность обменных процессов и предопределяет опасность влияния свалок на компоненты ландшафтной сферы. В настоящей главе рассмотрим такого рода влияние по данным исследуемых свалок на территории Краснодарского края.

Геоэкологический аспект изучения несанкционированных и санкционированных свалок твердых бытовых отходов заключается в их комплексном (почвы, грунтовые воды, наземные водные объекты, растительность, атмосфера, ландшафты в целом) воздействии на компоненты окружающей природной среды [Колтунов, 1998]. Наличие в свалках опасных отходов способно нарушить сложившиеся процессы метаболизма в прилегающих к свалкам участках ландшафтной сферы.

Постоянное увеличение количества образующихся отходов влечет за собой стремительный рост площадей уже имеющихся свалок, изъятие земель для складирования или строительства новых мест размещения отходов и, как следствие, увеличение воздействия складированных отходов на естественные ландшафты [Колтунов, 1998].

Воздействие на ландшафты по цепочке вертикальных связей передаётся на другие компоненты окружающей среды, а по горизонтальным связям – на смежные геосистемы. Воздействия прямо или косвенно способны изменить многие природные процессы: биологического и геохимического круговорота, влагооборота, теплового баланса, вещественно-энергетического обмена вообще. Ландшафт выполняет прежде всего средообразующую, ресурсо-содержащую и ресурсо-воспроизводящую функции, а его природно-ресурсный потенциал служит мерой возможного выполнения этих функций [Марцинкевич и др., 1986; Солнцев, 2001].

Благоприятный климат вкупе с земельными и рекреационными ресурсами формирует уникальные географические условия Краснодарского края. В этих условиях негативное воздействие складированных отходов на ландшафты края придает проблеме свалок действительно острый характер.

Нельзя не согласиться с мнением многочисленных экспертов о необходимости особенно тщательно подходить к процессу выбора места расположения полигона твердых бытовых отходов или санкционированной свалки [Biottoa et al., 2009; Wang et al., 2009; Kabite et al., 2012]. Однако зачастую ошибки при выборе местоположения, недоучет всех факторов, а также стихийный характер большинства свалок приводят к плачевным последствиям для окружающей среды. Рассмотрим влияние свалок на компоненты ландшафтной сферы Краснодарского края на конкретных примерах.

Изменение литогенной основы ландшафта и поверхностного стока. Свалки бытовых отходов способны приводить к изменениям литогенной основы ландшафта. Как известно [Мильков, 1990], при крупномасштабной ландшафтной съемке (что отвечает масштабам нашего анализа) под литоген-

ной основой ландшафта обычно понимают сочетание элементарных форм рельефа с особенностями состава и строения приповерхностных горных пород.

Появление крупных свалок часто провоцирует формирование осыпей, размывов, проседаний, обвалов и сползание пород. Образовавшиеся элементарные формы рельефа приводят к формированию новых природных комплексов; перемещение пород нарушает естественный режим поверхностных, почвенных, грунтовых вод, не говоря уже об их загрязнении. На наклонных поверхностях горного рельефа на некоторых свалках отчетливо фиксируются процессы сползания мусора, вовлекающего в движение и верхний слой литогенной основы. В качестве примера приведем свалки в районе Туапсинского городского поселения (рис. 6.1) и Лермонтовского сельского поселения (рис. 6.2).

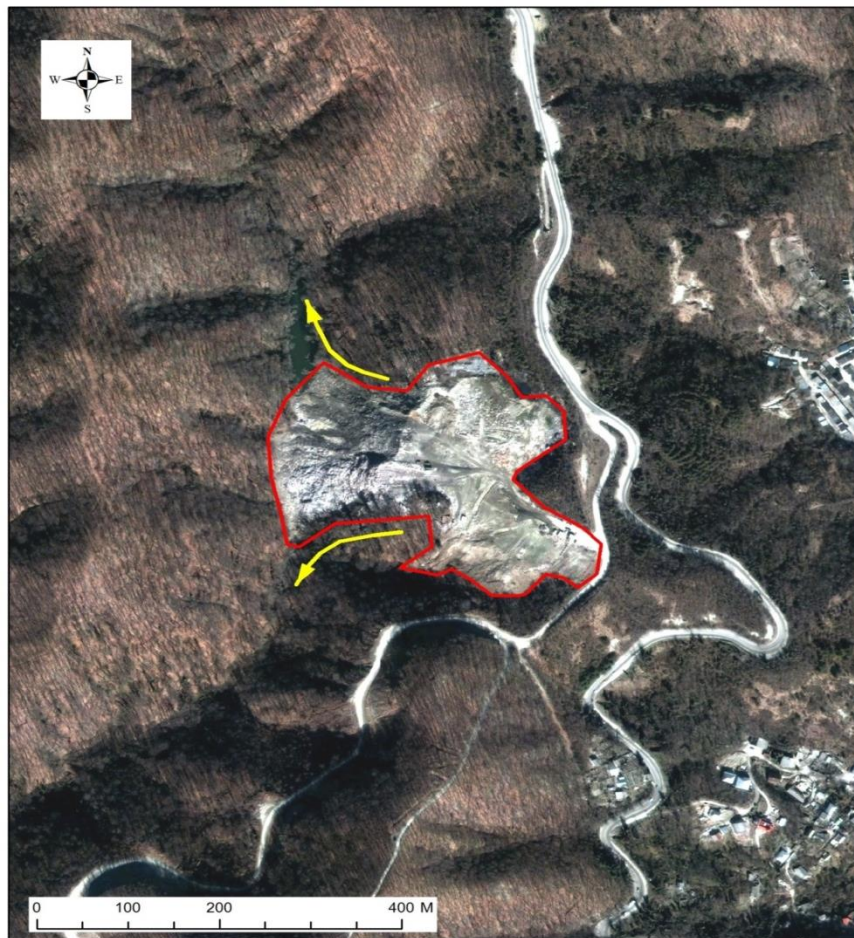


Рис. 6.1. Сползание свалки по склону. Свалка Туапсинского городского поселения. Стрелками показано направление сползания

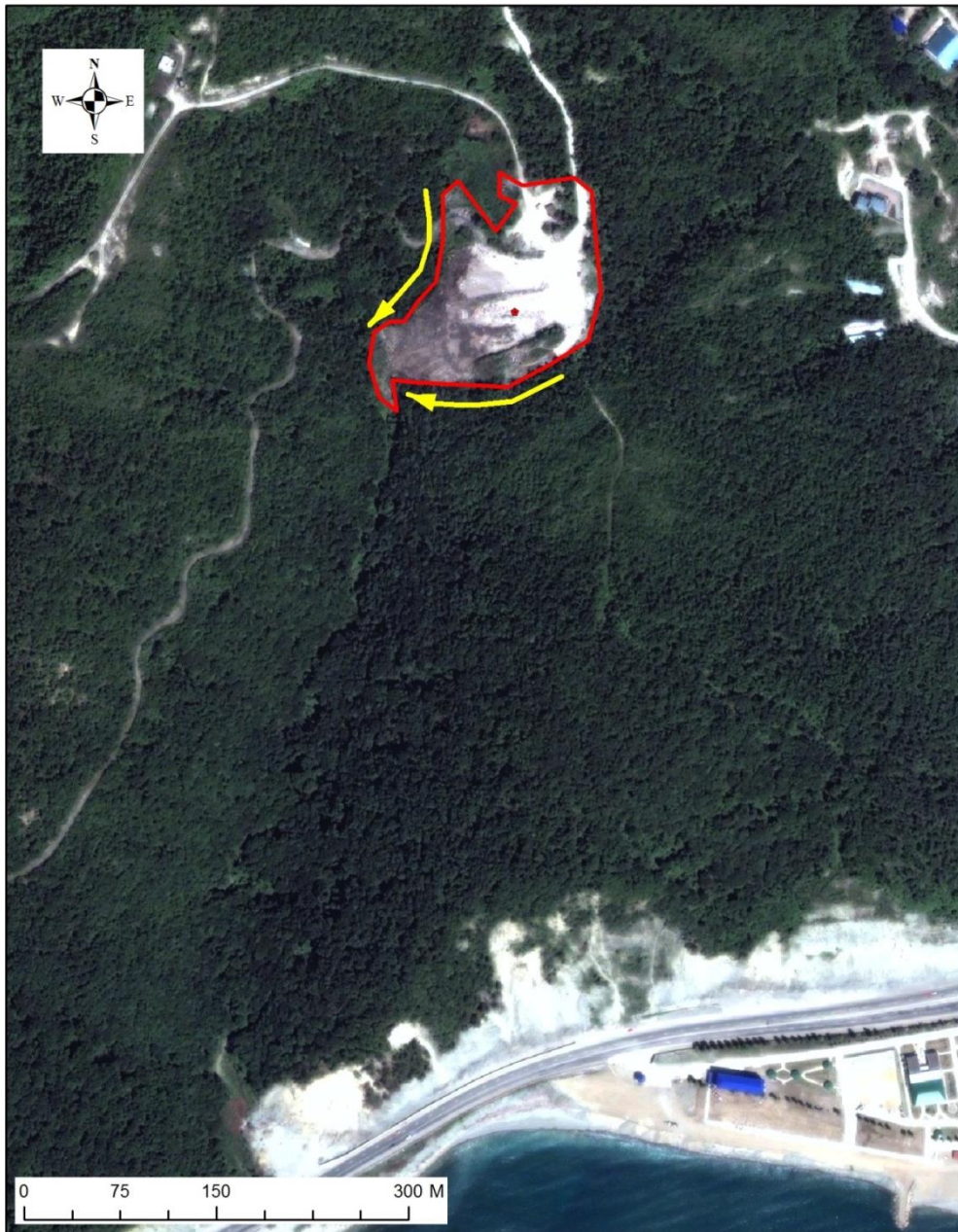


Рис. 6.2. Сползание свалки по склону. Свалка Лермонтовского сельского поселения Туапсинского района. Стрелками показано направление сползания

Стоки фильтрата способствуют образованию мелких поверхностных водоемов с вероятной последующей их эвтрофикацией. Подобные свалки показаны на рис. 6.3, 6.4; при этом площадь обнаруженных водоемов варьирует от 200 м^2 для свалки Коржевского сельского поселения (по состоянию на 2003 г.) (рис. 6.4) и до почти 2000 м^2 для свалки Нововеличковского сельского поселения (2010 г.) (рис. 6.3). На Коржевской свалке образовалось несколько подобных водоёмов суммарной площадью около 1500 м^2 .



Рис. 6.3. Образование фильтрационными стоками поверхностного водоёма. Свалка Нововеличковского сельского поселения, Динской район. Стрелками показано направление фильтрационных стоков



Рис. 6.4. Образование фильтрационными стоками поверхностных водоёмов. Свалка Коржевского сельского поселения, Славянский район. Стрелками показано направление фильтрационных стоков

По мнению [www.masters.donntu.edu.ua], фильтрационные стоки – это один из пяти основных источников загрязнения окружающей среды. Свалочный фильтрат – это дождевая, талая или выделившаяся из отходов вода, прошедшая сквозь толщу мусора и на своем пути собравшая болезнетворные микроорганизмы и токсичные вещества. Концентрация загрязнителей в

фильтрате может в тысячи раз превышать допустимую норму [www.ecotalk.ru].

Нарушение естественного растительного покрова. При изъятии земель под полигоны ТБО происходит нарушение / сведение естественного растительного покрова либо замещение его сорными видами растительности. Так, под свалки вырубаются участки лесных массивов, как, например, в районе курорта Геленджик (рис. 6.5) или городского поселения Афипский в Северском районе (рис. 6.6).



Рис. 6.5. Свалка в лесном массиве в районе села Текос, муниципальное образование город-курорт Геленджик



Рис. 6.6. Свалка в лесном массиве в районе городского поселения Афипский, Северский район

Для оценки состояния растительного покрова, находящегося в непосредственной близости от мест складирования ТБО, нами предложено применить методику оценки состояния растительности путем расчета вегетационного индекса NDVI – Normalized Difference Vegetation Index. NDVI – простой безразмерный количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы. Одновременно это один из самых распространенных

и применяемых индексов для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова [<http://gis-lab.info>]. Индекс вычисляется по данным спутниковых снимков по формуле

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED},$$

где *NIR* – отражение в ближней инфракрасной области спектра; *RED* – отражение в красной области спектра. При этом величина индекса варьирует в диапазоне от – 1 (минимальная фотосинтетическая активность) до 1 (максимальная фотосинтетическая активность).

Расчет NDVI базируется на контрасте значений двух каналов спектральной кривой: красной области спектра (0,6–0,7 мкм), где находится область максимальных значений поглощения солнечной энергии хлорофиллом растений и инфракрасной области (0,7–1,0 мкм), где находится область минимальных значений поглощения клеточными структурами листа (рис. 6.7). Таким образом, высокая фотосинтетическая активность, маркируемая, как правило, плотной и густой растительностью, ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной [<http://gis-lab.info>].

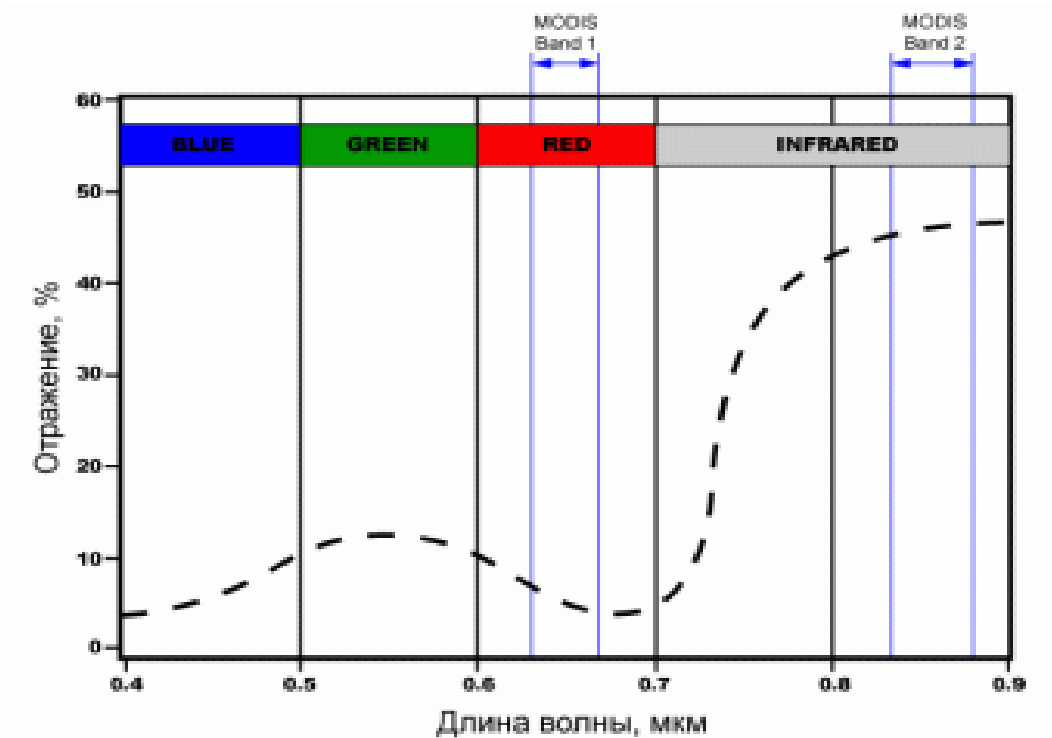


Рис. 6.7. Характерная кривая отражения растительности, используемая для расчета NDVI. Данные сенсора MODIS [<http://gis-lab.info>]

Зеленая (т.е. здоровая) растительность обычно характеризуется лучшей отражательной способностью в ближнем диапазоне инфракрасных длин волн, чем в видимом диапазоне. Если растительность имеет признаки повреждения, увядания, угнетения, она приобретает желтый оттенок и отражает значительно меньше солнечной энергии в ближнем инфракрасном диапазоне.

Расчеты вегетационных индексов успешно используют в сельском хозяйстве (оценка состояния культур, прогнозирование урожайности и т.д.) [Куссуль и др., 2008; Антонов, Сладких, 2009; Погорелов и др., 2012; и др.]. Применительно к свалкам мы считаем, что изменения биомассы растительного покрова, примыкающего к полигонам ТБО, могут рассматриваться как некий результат воздействия свалок на растительность.

Для расчета индекса NDVI использовались красный и ближний инфракрасный каналы снимков спутника WorldView-2. Расчеты выполнены в программном комплексе ENVI со встроенным калькулятором вегетационных индексов ENVI, который способен рассчитать 27 подобных индексов (для оценок состояния растительности, содержания пигментов, азота, углерода, воды и т.п.).

Приведем наши оценки воздействия свалок ТБО на лесную растительность по материалам двух полигонов, расположенных в окрестностях поселка Лоо (Верхнелооский сельский округ) и Туапсинского городского поселения. Выбор полигонов обусловлен наличием вблизи этих свалок естественной (фоновой) растительности, свойственной причерноморским низкогорным ландшафтам.

На снимках (рис. 6.8 и 6.9) места складирования мусора хорошо маркируются значениями NDVI около -1 . При этом вокруг обеих свалок отчетливо виден «ареол» с пониженными величинами вегетационного индекса. Ширина этого ареола варьирует от 5 до 70 м на свалке в поселке Лоо и от 20 до 110 м на свалке в окрестностях города Туапсе. Как видим, внутри ареола значения NDVI колеблются от 0,03 до 0,19 (свалка пос. Лоо) и от 0,04 до 0,13 (Туапсинская свалка). По мере удаления от свалок, за пределами ее влияния

вегетационный индекс приобретает фоновые значения NDVI, что соответствует темно-зеленым оттенкам на снимках.

Примечательно, что угнетающее воздействие свалок на растительный покров распространяется и вдоль имеющих здесь эрозионных ложбин. Механизм воздействия связан, скорее всего, с фильтрационным стоком, попадающим в тальвеги. Такие участки угнетенной растительности образовались соответственно к югу (рис. 6.8) и к северу (рис. 6.9) от тел свалок, где влияние свалочного фильтрата на состав почвенных и грунтовых вод наибольшее.

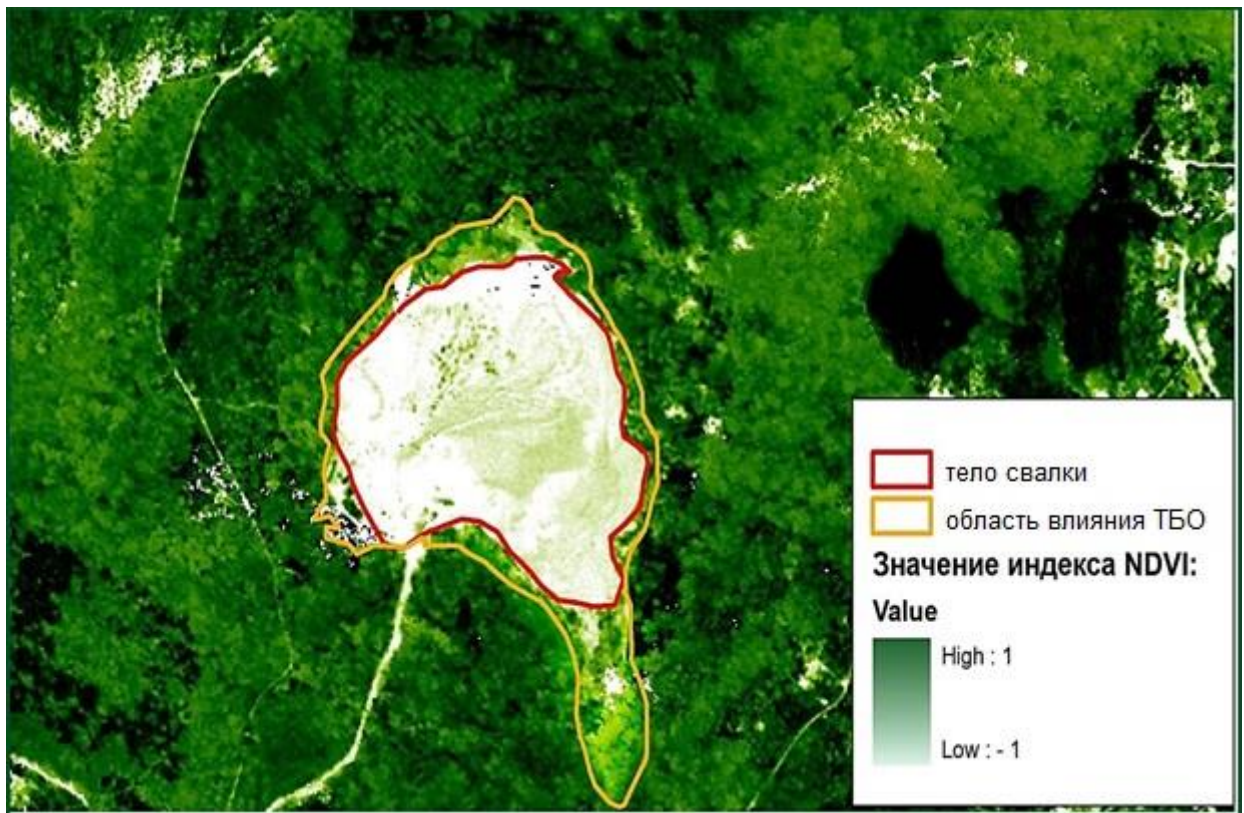


Рис. 6.8. Распределение индекса NDVI в районе свалки в окрестностях поселка Лоо (Большой Сочи). Дата съемки – 25.12.2010

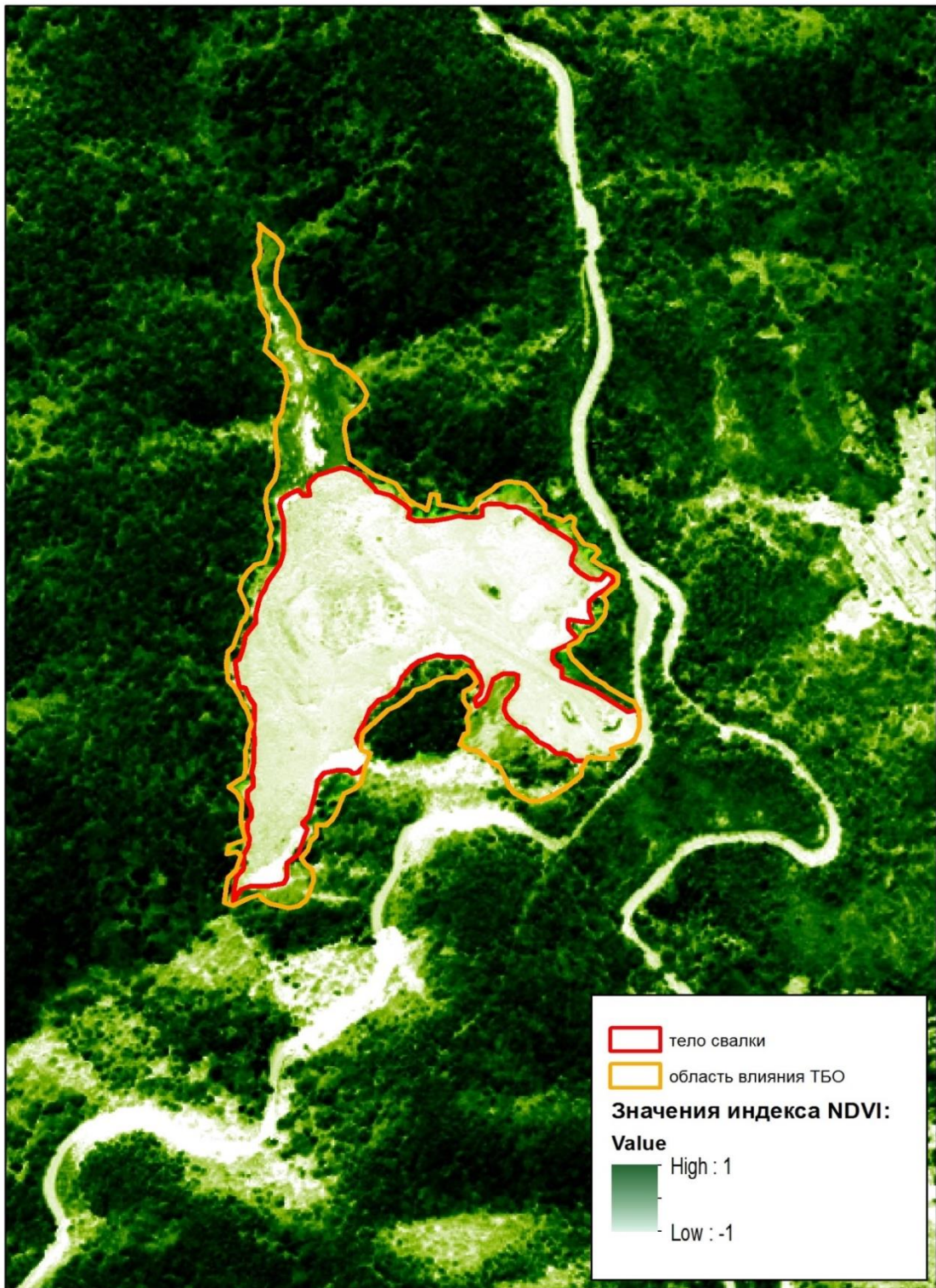


Рис. 6.9. Распределение индекса NDVI в районе свалки в окрестностях города Туапсе. Дата съемки – 02.11.2010

Площадь свалки Верхнелооского сельского округа равна 5 га; общую площадь воздействия свалки на растительный покров мы оцениваем в 1,65 га, что составляет 1/3 от размеров участка, покрытого ТБО (рис. 6.8). Площадь свалки в районе Туапсинского городского поселения составляет 8,1 га, а

площадь ее угнетающего воздействия на растительный покров – 3,21 га, т.е. почти 40% от размеров участка, покрытого ТБО (рис. 6.9).

Из приведенных примеров следует, что размеры участков угнетенной лесной растительности вокруг свалок площадью 5–10 га могут достигать 33–40% от площади, непосредственно занятой ТБО. По существующей классификации (см. параграф 6.2) свалки площадью 4–16 га относятся к категории средних с протяженностью влияния (зоной массопереноса) в 800–900 м.

Изыятие сельскохозяйственных земель. Еще одно характерное для исследуемой территории негативное явление – загрязнение сельскохозяйственных полей скоплением мусора. Последнее сопровождается соответствующим изъятием земель сельскохозяйственного назначения, что, в частности, фиксируется в Белоглинском (рис. 6.10) и Тбилисском районах (рис. 6.11).



Рис. 6.10. Свалка на поле в окрестностях Центрального сельского поселения, Белоглинский район



Рис. 6.11. Свалка на полях в окрестностях Алексе-Тенгинского сельского поселения, Тбилисский район

Нередки случаи складирования мусора в высохших речных руслах, степных балках. Подобные старые русла в степной зоне часто бывают распаханы, однако сохраняют свои морфологические особенности (линейную вогнутость), что делает их удобными для складирования отходов (рис. 6.12, 6.13). Тем не менее такие русла, как правило, сохраняют свои грунтово-

дренажные свойства. Засорение элементов водно-эрозионной сети, в том числе балок и высохших русел, способно нарушить их дренирующую способность. Кроме того, представляют опасность фильтрационные стоки, попадающие в естественные дрены.



Рис. 6.12. Свалка в высохшем речном русле в окрестностях Батуриного сельского поселения, Брюховецкий район

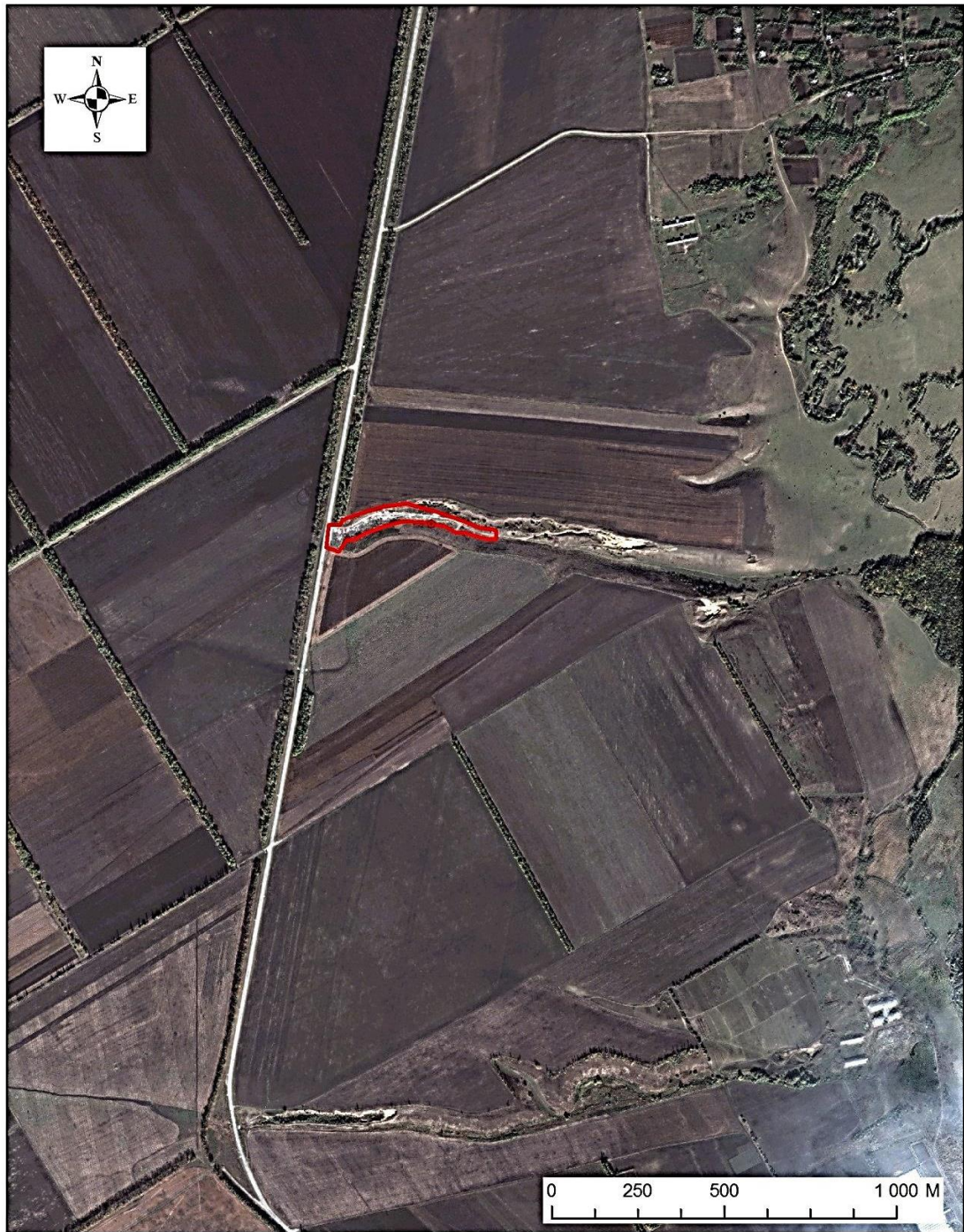


Рис. 6.13. Свалка в высохшем речном русле в окрестностях Вознесенского сельского поселения, Лабинский район

Ввиду рекреационной и сельскохозяйственной специализации Краснодарского края особую важность приобретает информация о категориях изъятых из хозяйственного оборота земель под свалки твердых бытовых отходов. На основании составленной карты землепользования Краснодарского края по классификации CORINE (рис. 3.4) нами рассчитаны данные об изъятых под свалки землях (табл. 4.1).

По данным спутниковых снимков в Краснодарском крае выявлено 314 свалок, занимающих площадь 1109,35 га [Погорелов, Липилин, 2014]. 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 на пахотных землях. 30 свалок общей площадью 229,42 га расположены на пастбищах.

Нарушение водоохранного режима рек и водоемов. Особое положение в мониторинге негативного воздействия ТБО на компоненты окружающей среды занимает воздействие на водные ресурсы и подземные воды [Yousef et al., 2010]. И если негативное воздействие на подземные воды дистанционными методами оценить проблематично, то оценка воздействия на поверхностные воды вполне возможна [Baodong et al., 2008].

Поверхностные воды зачастую являются единственными источниками питьевой воды для местного населения. Поэтому соблюдение норм размещения мест складирования отходов и недопущение стоков фильтрата и атмосферных осадков с территории свалки в водоёмы является чрезвычайно важной санитарной мерой.

Хозяйственная деятельность в пределах водоохраных зон (ВЗ) и прибрежных защитных полос (ПЗП) водоемов и рек регулируется в соответствии с Водным кодексом РФ [<http://www.consultant.ru/>]. Соблюдение водоохранного режима рек, включая обеспечение удаленности от водных объектов свалок ТБО, – важнейшее условие сохранения качества водных ресурсов. Водоохранная зона подразумевает территории, которые примыкают к береговой линии морей, рек, ручьев, каналов, озер и водохранилищ. На этих территориях устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира. Согласно гл. 6 ст. 65 п. 15 Водного кодекса РФ в границах водоохраных зон запрещается: размещение кладбищ, скотомогильни-

ков, мест захоронения отходов производства и потребления, химических, взрывчатых, токсичных, отравляющих и ядовитых веществ, пунктов захоронения радиоактивных отходов.

В Краснодарском крае ширина водоохранных зон и прибрежных защитных полос для рек и ручьев регулируется законодательными нормами [Об установлении..., 2009]. Для прибрежной защитной полосы ширина водоохранной зоны составляет 50 м. Для рек ширина водоохранной зоны устанавливается в зависимости от ее длины: при длине реки до 10 км – 50 м, при длине 10–50 км – 100 м, при длине свыше 50 км – 200 м.

Для оценки соблюдения водоохранного режима рек хорошие результаты даёт совместное использование ГИС-технологий и спутниковых снимков. Некоторые результаты расчета положения водоохранных зон для водных объектов Краснодарского края иллюстрируют рис. 6.14–6.17. Показанные объекты представляют интерес прежде всего ввиду обнаружения свалок внутри защитных полос и водоохранных зон. При построении границ водоохранных зон и прибрежных защитных полос относительно береговой линии использован инструмент Buffer программного комплекса ArcGIS [Липилин, 2012б; Липилин, 2012в]. Буферные зоны от уреза воды моделировались в соответствии с постановлением [Об установлении..., 2009] и составили: водоохранная зона для рек Расшеватка (рис. 6.14) и Челбас (рис. 6.15, 6.16) – 200 м, прибрежная защитная полоса – 50 м.

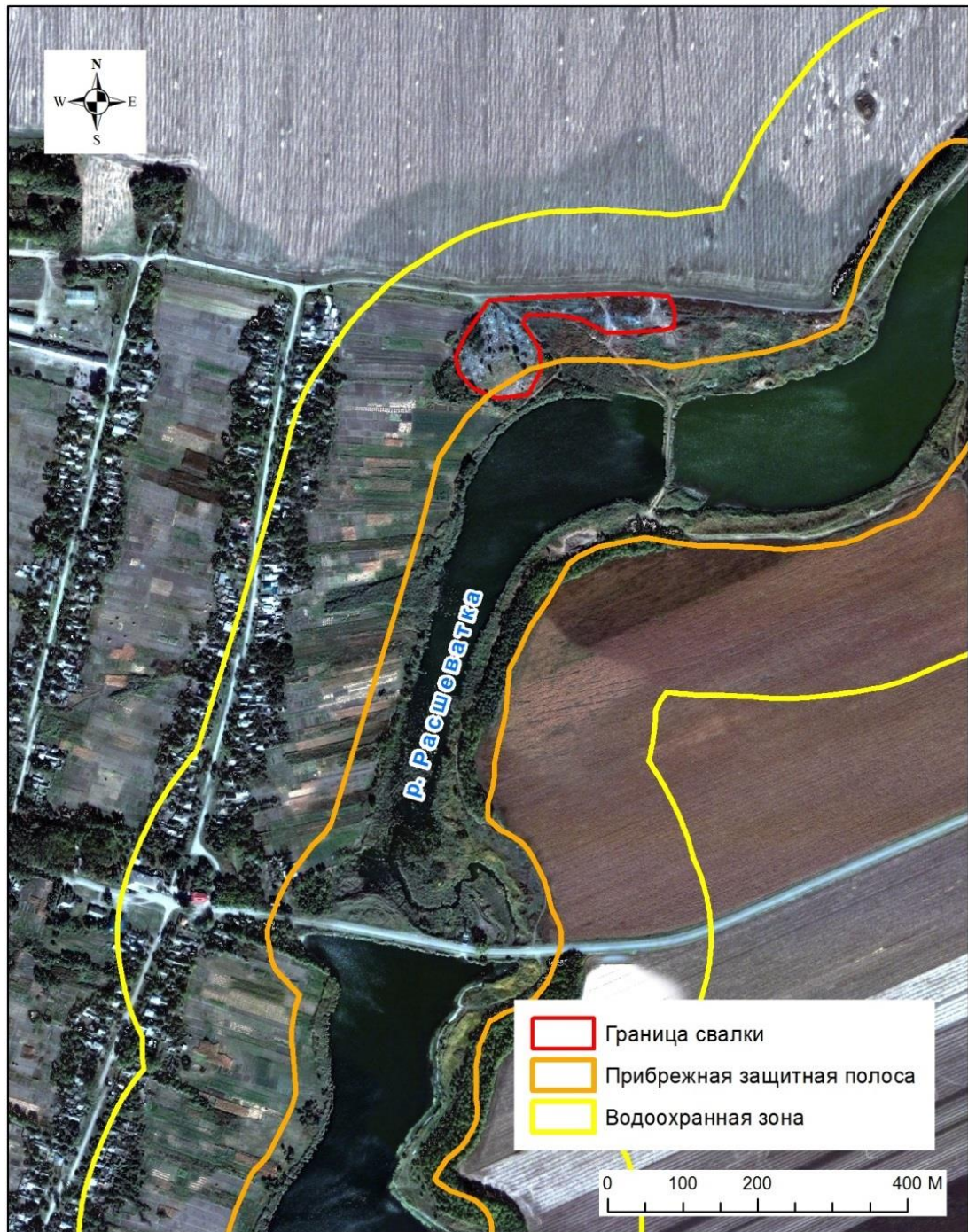


Рис. 6.14. Свалка в водоохранной зоне р. Расшеватка. Сельское поселение Успенское, Белоглинский район

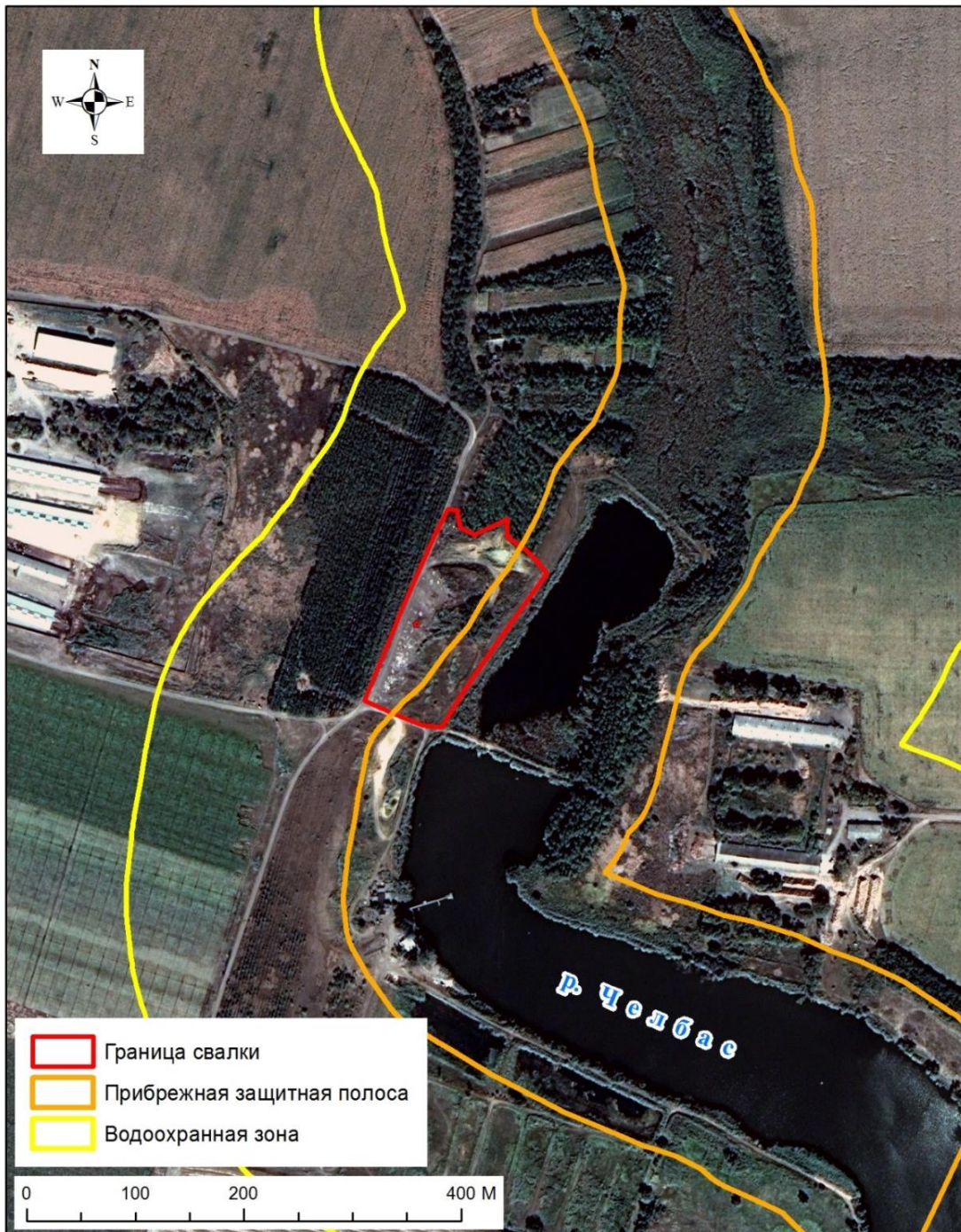


Рис. 6.15. Свалка в водоохранной зоне р.Челбас. Сельское поселение Коржовское, Ленинградский район

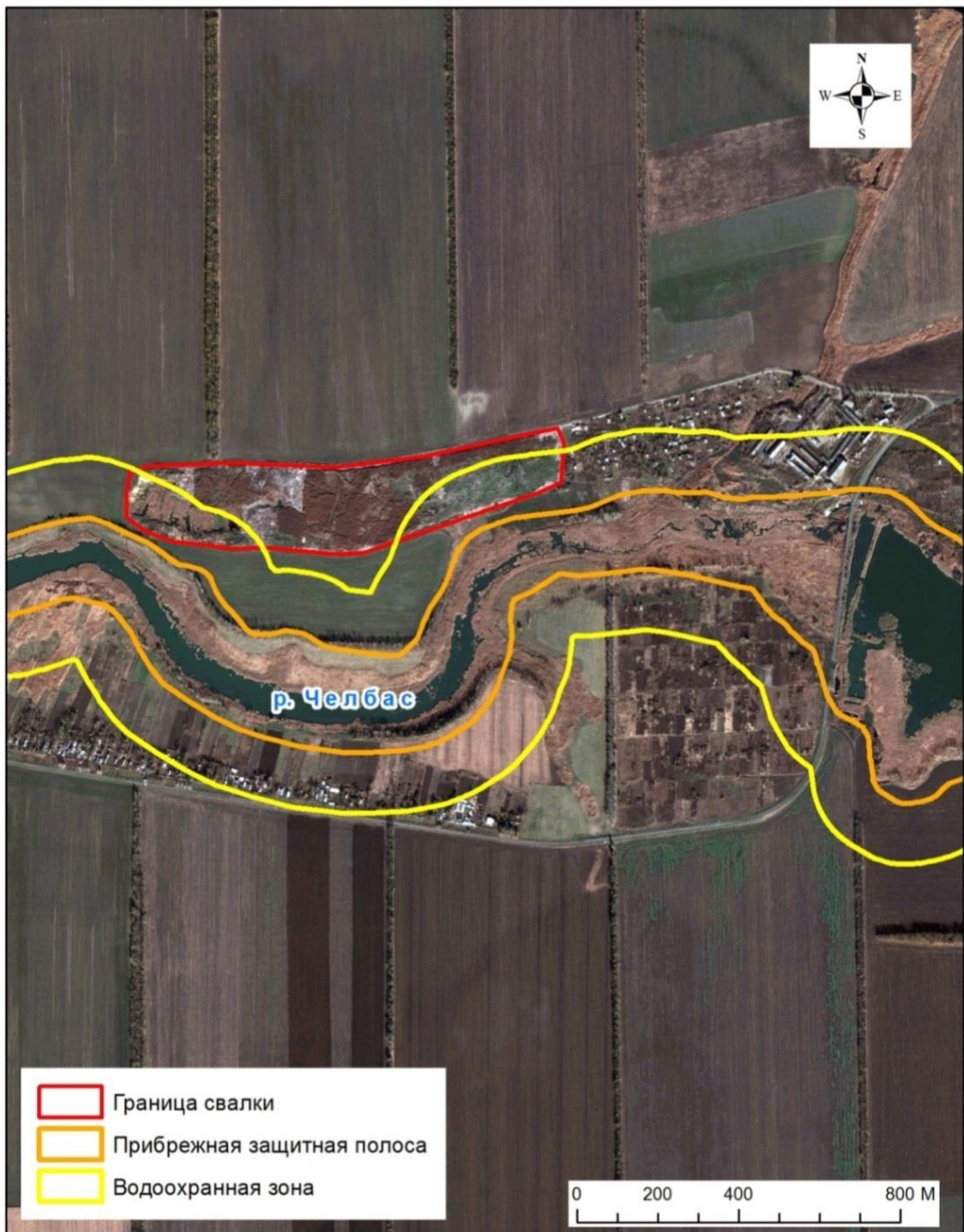


Рис. 6.16. Свалка в водоохранной зоне р.Челбас. Сельское поселение Павловское, Павловский район

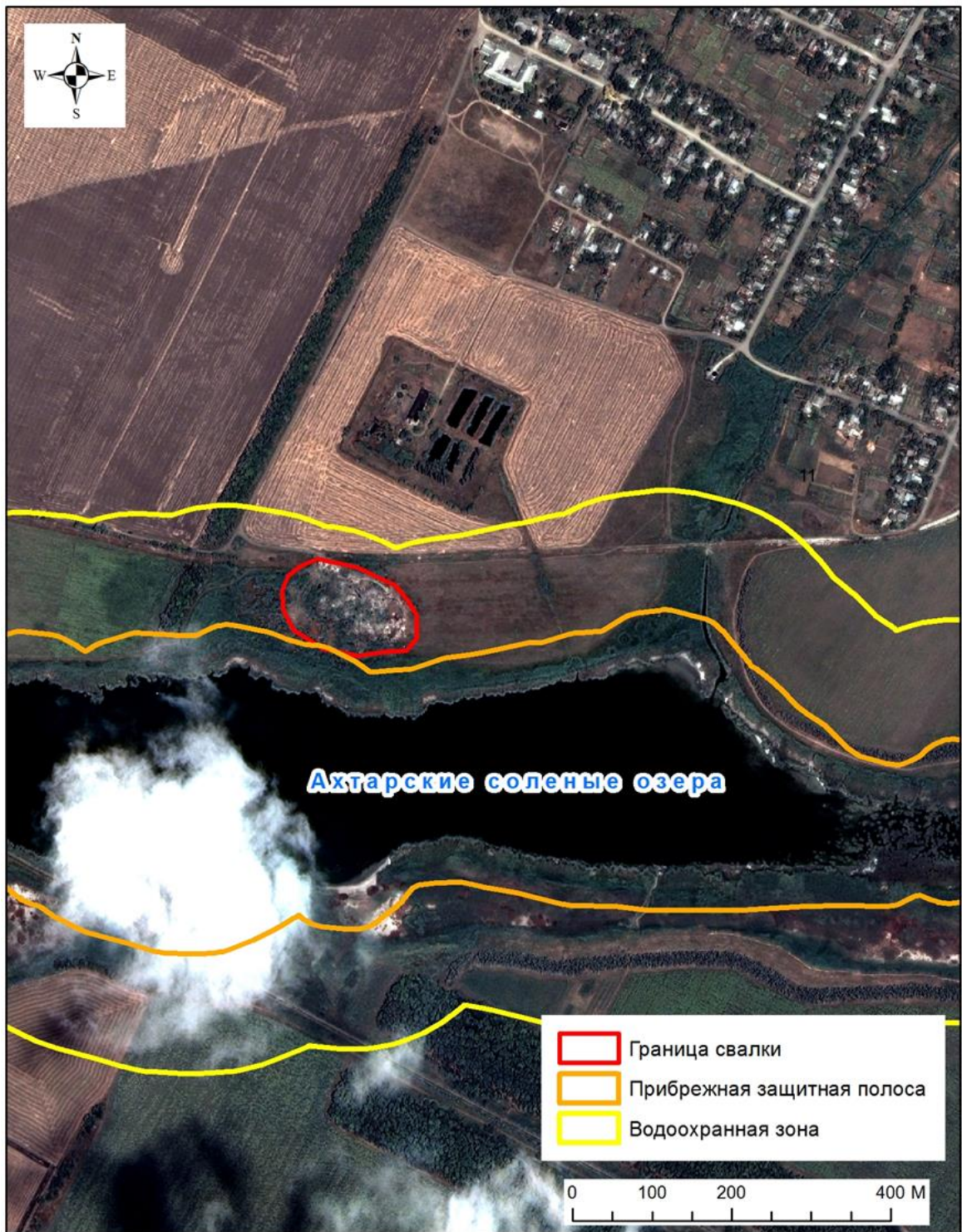


Рис. 6.17. Свалка в водоохранной зоне Ахтарских соленых озер. Сельское поселение Ахтарское, Приморско-Ахтарский район

Картометрические показатели обнаруженных свалок, нарушающих водоохраный режим, представлены в табл. 6.2.

Сведения о свалках в пределах водоохранных зон (ВЗ) и прибрежных защитных полос (ПЗП)

Населенный пункт	Водный объект	Площадь свалки, га	Площадь свалки в границах ВЗ, га	Площадь свалки в границах ПЗП, га
Ст-ца Успенская	Р. Расшеватка	1,88	1,73	0,15
Хут.. Коржи	Р.Челбас	1,72	1,07	0,65
Ст-ца. Павлов-ская	Р.Челбас	20,32	7,2	–
Пос. Ахтарский	Ахтарские соленые озера	1,53	1,53	–

Обнаруженные нарушения водоохранного режима на территории Краснодарского края ограничиваются несколькими примерами и в большей мере нацелены на демонстрацию возможностей предлагаемых приемов обнаружения подобных нарушений с использованием спутниковых снимков и средств ГИС.

Загрязнение атмосферного воздуха на свалках происходит в процессе выделения из тела свалки «свалочного газа» и дыма при возгорании отвалов ТБО. Свалочным газом называется смесь газов, образующаяся при разложении отходов в теле свалки. Этот газ образуется в анаэробных условиях в результате жизнедеятельности метаногенных бактерий [Балахчина, 2012]. По данным Красовской [2012], основными компонентами свалочного газа являются метан и двуокись углерода, которые относятся к числу газов, создающих «парниковый» эффект. Соотношение этих газов может значительно изменяться в зависимости от условий, типа отходов и степени их разложения на свалке. Например, содержание метана в выделяемом газе может изменяться от 20 до 75% [Bareithera et al., 2013; Ishii, Furuichi, 2013]. Одновременно в зависимости от состава ТБО в качестве малых примесей могут присутствовать и другие газы.

Состав выделяемых газов существенно изменяется в случае возгорания свалки. Особую опасность для атмосферного воздуха и окружающей среды представляют систематические и длительные возгорания тела свалки, что приводит к задымлению полигона и прилегающей к нему территории со всеми вытекающими последствиями. При этом во время горения в воздух выбрасываются сажа, диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода и прочие загрязнители атмосферы.

Если выделение на спутниковых снимках «свалочного газа» затруднено, то задача мониторинга пожарной обстановки дистанционными методами решена давно и достаточно просто [Романов и др., 2006; Пупышева, Морозов, 2010]. Примеры возгорания свалок твердых бытовых отходов в Кавказском районе и городе Геленджике представлены на рис. 6.18–6.20. На каждом из снимков отчетливо виден шлейф дыма, источником которого является тело свалки.



Рис. 6.18. Горящая свалка в окрестностях Лосевского сельского поселения, Кавказский район

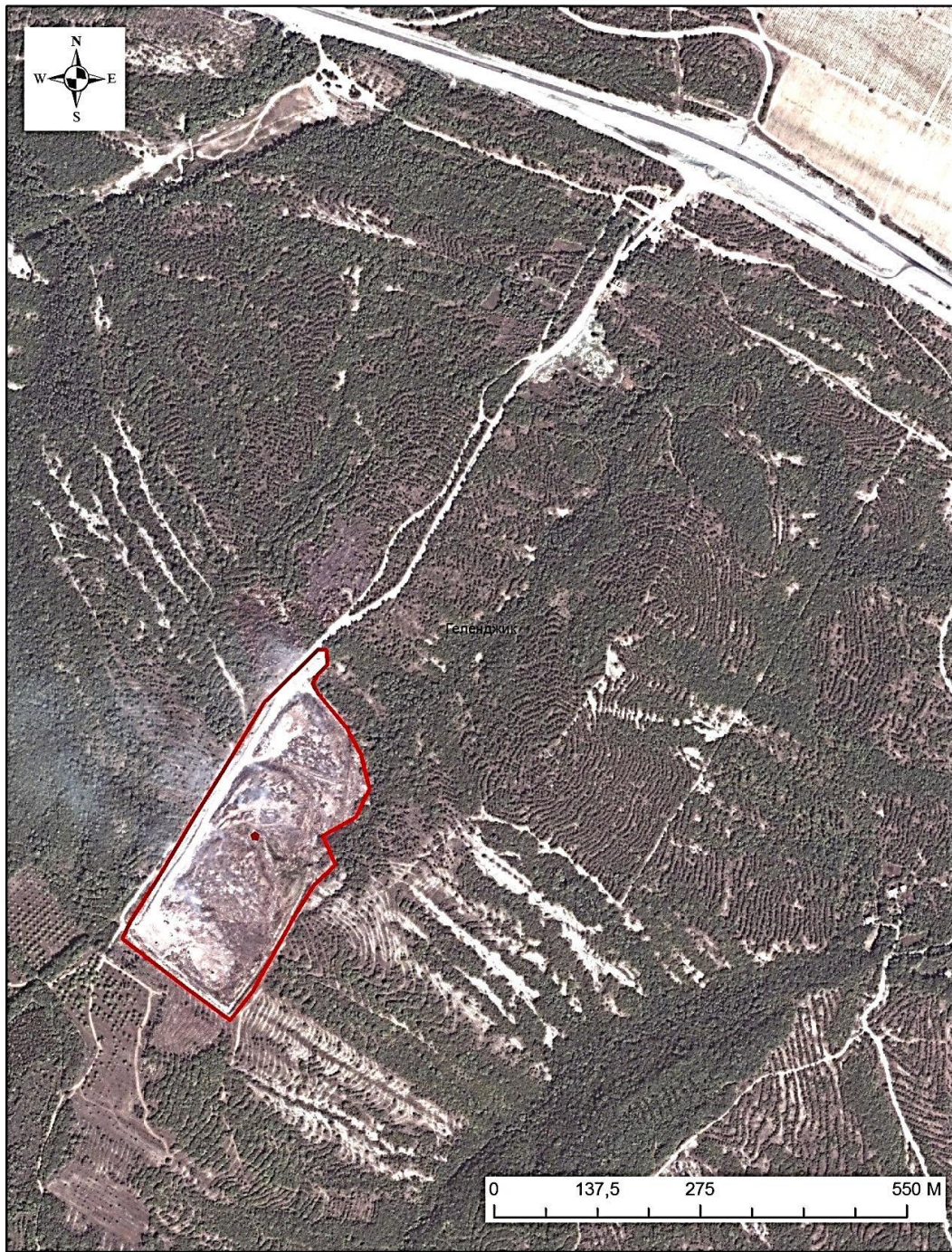


Рис. 6.19. Горящая свалка в окрестностях пос.Кабардинка, муниципальное образование город-курорт Геленджик

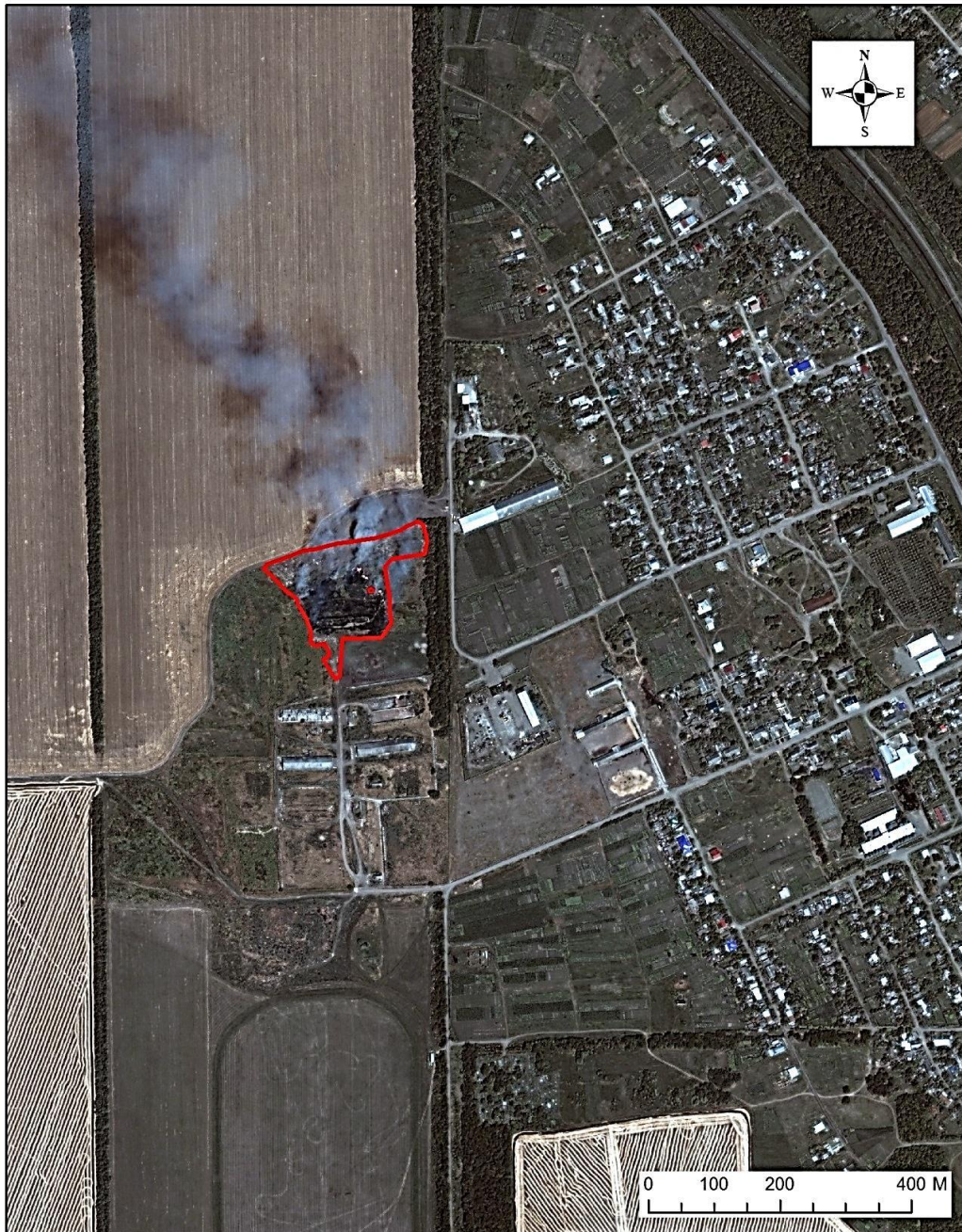


Рис. 6.20. Горящая свалка в окрестностях Мирского сельского поселения, Кавказский район

6.2. Классификация свалок по воздействию на окружающую среду

При разработке мероприятий по рекультивации свалок, благоустройству территории и других природоохранных мероприятий, а также для снижения негативного влияния свалок полезно классифицировать каждый полигон ТБО по понятным воспроизводимым показателям. В основе существую-

щих классификаций полигонов ТБО лежит множество критериев, в том числе климато-географические условия, возраст полигонов, объем, состав свалок, сроки действия эмиссий, локальные особенности местности и многие другие.

За рубежом, в странах, где проблема свалок стоит достаточно остро, в случаях их классификации в целях разработки мероприятий по защите окружающей среды очень часто прибегают к формализованным подходам, опирающимся на целый ряд строгих количественных критериев [Heitefuss, Turk, 1994; Landfill Waste..., 1996; Mahler, Lima, 2002; Schueler, Mahler, 2011]. Среди этих критериев не только площади полигонов и объемы складированных отходов, но и интенсивность их поступления, виды отходов (по происхождению, токсичности, химическому составу), характер утилизации, рекультивации площадок и пр.

Места складирования ТБО в России по существующим нормативным документам [СНиП 2.01.28-85, 1985; СанПиН 42-128-4690-88, 1988; Инструкция..., 1996; Об отходах..., 1998] принято делить на три основные категории:

1. Стихийные свалки, которые характеризуются отсутствием инженерно-экологических изысканий для территории, отведенной под размещение отходов, и минимальными экономическими затратами на этапах эксплуатации и закрытия объекта, при этом отходы размещены насыпью без уплотнения и изоляции, а само захоронение и зона его влияния в течение длительного времени не контролировались.

2. Санкционированные необорудованные захоронения ТБО. Введены в эксплуатацию с соблюдением нормативов размещения объекта по санитарным и геолого-гидрологическим критериям; при размещении отходов проводится послойное уплотнение, в некоторых случаях, без изоляции слоев, окончательная засыпка рабочей поверхности захоронения завершает эксплуатацию объекта; регулярные наблюдения за полигоном и в зоне его влияния не проводятся.

3. Санитарные полигоны, на которых предусматривается соблюдение технологии складирования, наличие инженерных сооружений и контроля влияния на объекты окружающей среды.

Ландшафтная среда, примыкающая к необорудованным и несанкционированным полигонам ТБО, как правило, испытывает их негативное влияние в результате массопереноса и загрязнения компонентов окружающей среды (почво-грунтов, грунтовых и поверхностных вод, атмосферного воздуха), а следовательно, возможного нарушения структурно-функциональной целостности ландшафтов. Механизмы переноса загрязнителей весьма разнообразны и в значительной мере определяются местными ландшафтными и геолого-гидрологическими особенностями. Необходимо принимать во внимание, что при складировании многокомпонентных отходов в определенных условиях в теле свалки возможно возникновение физико-химических и биохимических процессов, продуктами которых являются токсические химические соединения в твердом, жидком и газообразном состоянии. Эти соединения могут представлять собой дополнительную экологическую опасность для местной окружающей среды и сохранности ландшафтов.

При строгой оценке взаимодействия «полигон – окружающая среда» следует выделять два аспекта [<http://www.m2m-energy.ru>]: влияние и воздействие.

Если изменения в природной среде не превышают предельно допустимых концентраций и нагрузок, то процесс, их вызывающий, определяется как влияние. Оценка этих изменений производится путем сравнения количественных и качественных показателей состояния природных компонентов с фоновыми значениями. Если количественные и качественные изменения превышают предельно допустимые нагрузки для окружающей природной среды, то следует говорить о воздействии.

В России в настоящее время существует несколько классификаций мест размещения ТБО (стихийных или санкционированных), посредством

которых можно определить интенсивность и характер загрязнений окружающей среды.

По *характеру складироваемого мусора* полигоны делятся на промышленные, бытовые и смешанного типа.

Немаловажной характеристикой свалок являются их пространственные показатели. Пространственные показатели характеризуют размеры ареалов, в пределах которых проявляются техногенные нарушения природных комплексов. В связи с этим используется понятие «предельно допустимая площадь нарушения», т.е. тот предел, до которого еще возможна регенерация природной системы. В связи с этим критерием полигоны делятся на [<http://peresval.ru>]:

– *крупные* (площадь превышает 16 га). Подобные свалки, как правило, имеют промышленный или смешанный тип мусора и способны оказывать значительное техногенное воздействие на окружающую ландшафтную среду. Зона массопереноса достигает 1,5 км;

– *средние* (площадь составляет 4–16 га). Протяженность влияния подобной площадки оценивается в 800–900 м. Полигоны средних размеров представляют собой объект с не меньшим характером загрязнений, как и крупные полигоны. Основная разница состоит исключительно в размерах занимаемой площади;

– *мелкие* (площадь не превышает 4 га). Зона влияния данных свалок находится в пределах от 500 до 600 м.

Воспользуемся данными критериями для классификации свалок и полигонов Краснодарского края по пространственным показателям – площади. Результат классификации представлен на рис. 6.21; обобщение полученных результатов представлено в табл. 6.2. Как видим, 46% изъятой площади приходится на категорию средних свалок со средним размером 6,99 га; 17% площади – на крупные свалки (всего 7) со средним размером 26,52 га. В количественном отношении в Краснодарском крае преобладают мелкие

(до 4 га) свалки – всего 233, занимающие 37% от общей площади выявленных свалок.

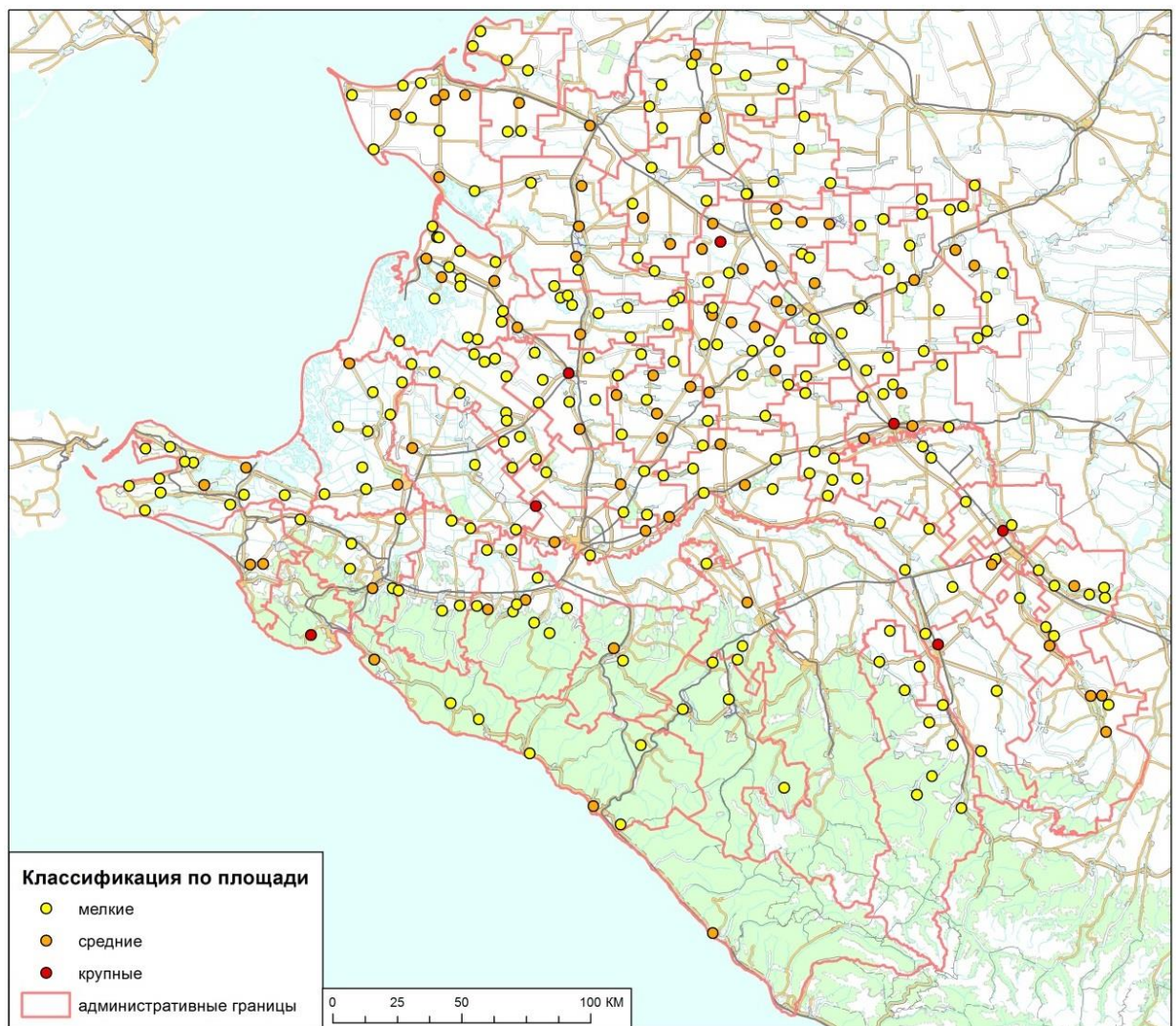


Рис. 6.21. Распределение свалок на территории Краснодарского края, дифференцируемых по критерию площади

Таблица 6.2

Сведения о свалках, различаемых по критерию площади, на территории Краснодарского края

Категория свалки	Количество свалок, шт.	Общая площадь, га	Средняя площадь одного объекта, га	% от общего количества	% от общей площади
Мелкая (менее 4 га)	233	406,73	1,75	74%	37%
Средняя (4–16 га)	74	516,95	6,99	24%	46%
Крупная (более 16 га)	7	185,67	26,52	2%	17%

Еще одно деление существующих полигонов ТБО относится к *способу складирования мусора*. По этому критерию выделяют насыпные полигоны, карьерные и карьерные с последующим образованием насыпи.

Все свалки целесообразно классифицировать *по степени опасности* воздействия на ландшафтную среду:

- потенциально опасные;
- средней опасности;
- относительно безопасные полигоны.

Потенциально опасные полигоны характеризуются следующим:

- протяженность зоны загрязнения составляет около 1,5 км;
- оказывают отрицательное влияние на природную среду и имеют смешанный состав отходов;
- расположены вблизи населенных пунктов, водоемов или лесных массивов, а также возможно близкое расположение к охраняемым природным территориям;
- плодородный грунт вокруг полигонов относится к умеренно опасной, опасной или чрезвычайно опасной категории;
- поверхностные водотоки имеют среднюю или сильную степень загрязнения;

– на загрязненных участках наблюдается загрязнение водоносных горизонтов.

Полигоны средней опасности:

– протяженность зоны загрязнения до 900 м;
– существует отрицательное влияние на окружающую среду;
– расположены в относительной близости от населенных пунктов и водоемов;

– грунт возле полигона имеет умеренно опасную или допустимую степень загрязнения;

– нижние питьевые водоносные горизонты имеют защиту в виде водоупоров.

Относительно безопасные полигоны ТБО имеют следующие признаки:

– протяженность зоны загрязнения до 600 м;
– в зоне расположения полигона отсутствуют природоохранные зоны и селитебные объекты;

– имеются благоприятные ландшафтные условия (карьеры, овраги и др.);

– водоносные горизонты имеют защиту в виде водоупорных грунтов.

В данном случае оценка состояния исходит из комплекса признаков и имеет выраженный интегральный характер. Предлагаемый способ классификации характеризует актуальное состояние полигонов отходов и позволяет по понятным признакам разделить их по степени опасности воздействия на окружающую среду. Воспользуемся им для оценки состояния свалок на исследуемой территории. Результаты классификации свалок по степени опасности воздействия на окружающую среду представлены на рис. 6.22, а обобщение – в табл. 6.3.

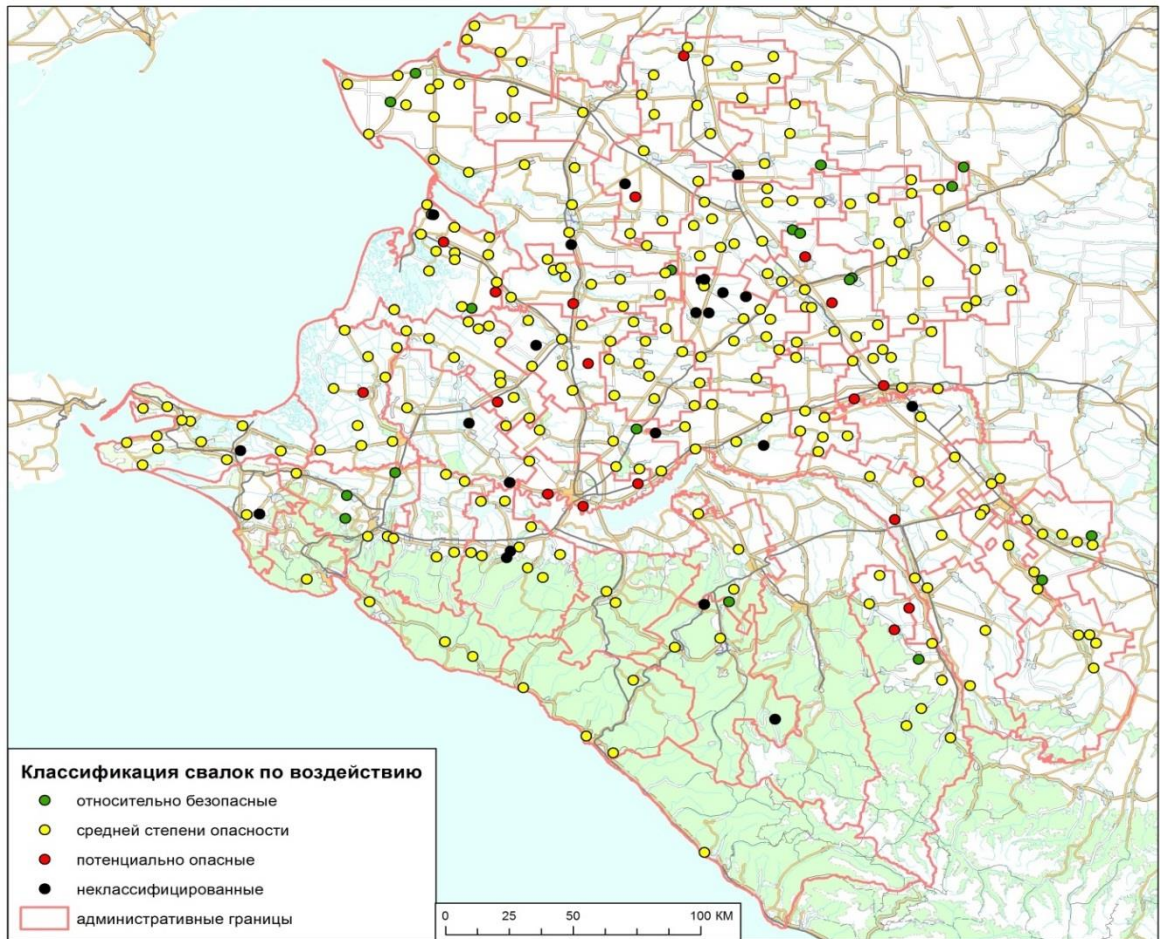


Рис. 6.22. Распределение свалок на территории Краснодарского края, дифференцируемых по степени опасности воздействия на ландшафтную среду

Таблица 6.3

Сведения о свалках, различаемых по степени опасности воздействия на ландшафтную среду, на территории Краснодарского края

Степень воздействия	Количество свалок, шт.	Общая площадь, га	Средняя площадь, га	% от общего количества	% от общей площади
Относительно безопасные	19	45,11	2,37	6%	4%
Средней степени опасности	255	926,8	3,63	81%	84%
Потенциально опасные	18	105,27	5,85	6%	9%
Неклассифицированные	22	32,17	1,46	7%	3%

Наибольшее количество (81% от общего числа свалок) с наибольшей суммарной площадью (84% от общей площади свалок) приходится на свалки средней степени опасности. По приведенным критериям опасности воздействия на ландшафтную среду на территории Краснодарского края выявлено 18 потенциально опасных свалок (рис. 6.22), занимающих суммарную площадь 105,27 га.

6.3. Организация мониторинга свалок

Усугубление проблемы размещения отходов, а также комплексное негативное воздействие свалок на компоненты окружающей природной среды требует установления непрерывного контроля за обращением твердых бытовых отходов и организации системы мониторинга мест размещений отходов [Yonezawa, 2009]. Разработанная нами схема организации мониторинга свалок в регионе представлена на рис. 6.23.

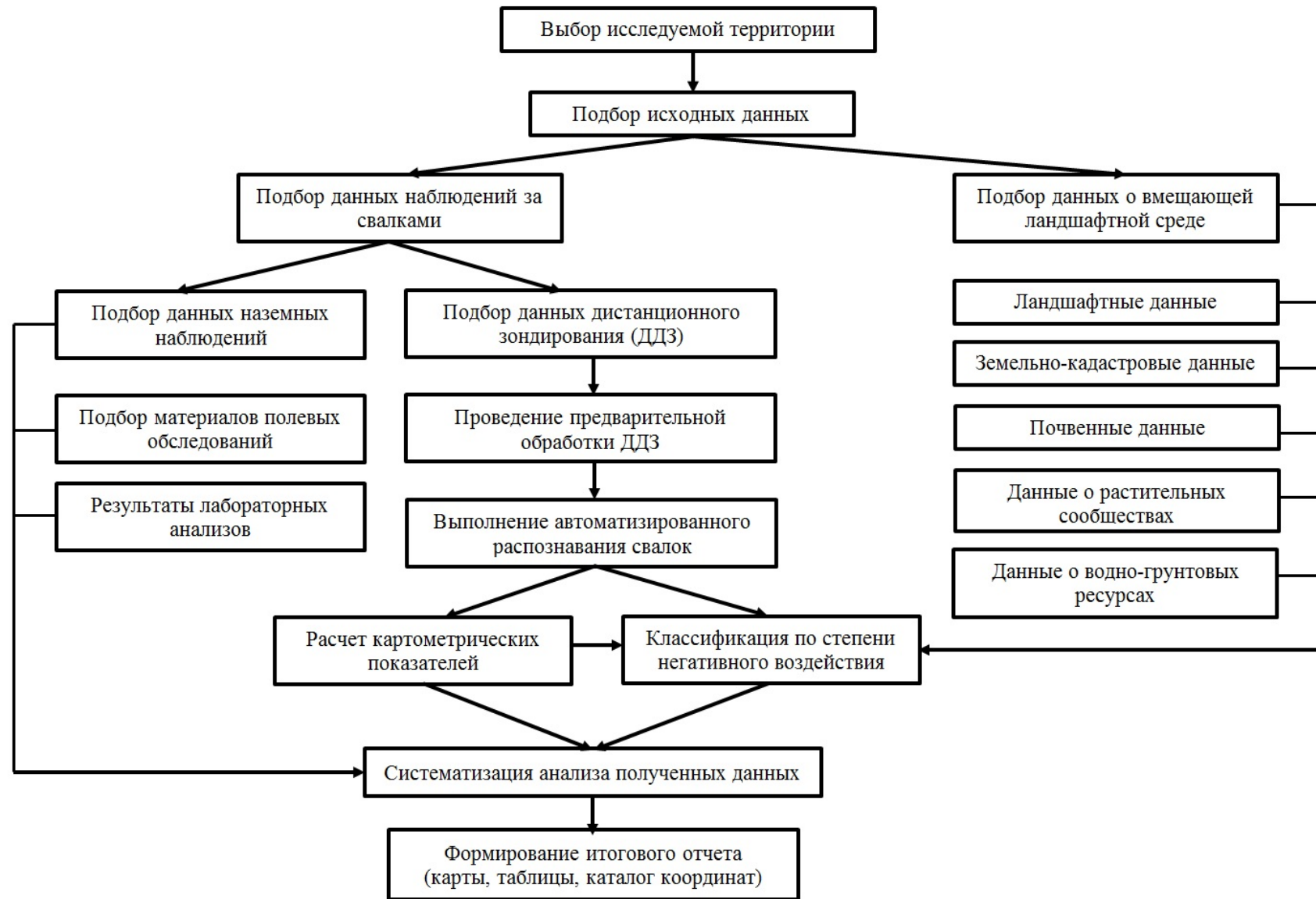


Рис. 6.23 Схема мониторинга свалок и полигонов ТБО

Представленная схема мониторинга в информационном отношении основывается на трёх составляющих (наземные наблюдения за свалками, дистанционные наблюдения за свалками, материалы о вмещающей ландшафтной среде). Методическая часть мониторинга, касающаяся, главным образом, всесторонней обработки спутниковых материалов, подробно изложена в гл. 2.

Данные о вмещающей ландшафтной среде представляют собой сведения об имеющихся исследованиях компонентов ландшафта анализируемой территории. Данные являются полезным источником для оценки степени деградации / стагнации ландшафтов и их компонентов в результате воздействия скоплений ТБО.

Данные наземных наблюдений мест размещения отходов представляют собой материалы полевых обследований и последующих лабораторных анализов, позволяющих судить о степени загрязнения компонентов ландшафтной сферы на основе количественных показателей (класс опасности отходов, уровень превышения предельно допустимых концентраций в почве, подземных водах, поверхностных водах и т.д.). Данный источник информации предполагает необходимость непосредственного обследования объектов; кроме того, стоимость таких обследований и лабораторных анализов достаточно высока.

Данные дистанционного зондирования (ДДЗ) включают аэрофото- и спутниковые снимки и результаты их дешифрирования. ДДЗ позволяют дешифрировать и локализовать ранее не известные места размещения отходов, а также уточнять картометрические и другие характеристики ранее выявленных свалок. Среди этих характеристик: степень повреждения растительного покрова, наличие жидких стоков с территории полигонов, засоренность прилегающих водных объектов, факты тления или горения свалки. По данным дистанционного зондирования высокого разрешения, кроме измерения картометрических показателей, возможно определение высоты и объема тела

свалки. Расчет объема складированного мусора выполняется по материалам съемки в стереоскопическом режиме [Филатов, 2014].

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 – формируется 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 информации из снимков обусловлены: 1) наличием определенных пространственных закономерностей скоплений мусора; 2) схожестью вида спектральных кривых свалок со спектральными кривыми других антропогенных объектов на земной поверхности; 3) характерной текстурой поверхности свалок; 4) наличием вблизи свалок некоторых объектов инфраструктуры. Существенные преимущества спутниковых снимков применительно к мониторингу свалок – достаточный пространственный охват и полимасштабность изображений, независимость данных, оперативность получения информации.

3. Решена задача распознавания свалок на многозональных спутниковых снимках сверхвысокого разрешения (WorldView-2) на основе многоуровневого дешифрирования с использованием на каждом уровне оригинальных алгоритмов классификации. Классификация представляет собой нахождение неких подмножеств пикселей на снимке путем последовательной фильтрации (объектно-ориентированная, спектрально-аналитическая, инфра-

структурно-визуальная). Наиболее радикально действует фильтрация по спектрально-аналитическим признакам.

4. Отработка методического и алгоритмического обеспечения дешифрирования многозональных изображений выполнена на эталонных полигонах ТБО. В процессе верификации разработанной методики дешифрирования установлено, что достоверность распознавания на пяти территориях (Анапа, Краснодар, Тихорецк, Туапсе, Лоо) с 48 тестовыми свалками составила 71–87%. Предлагаемая методика дешифрирования свалок ТБО на восьмиканальных спутниковых снимках сверхвысокого разрешения вполне эффективна.

5. По данным спутниковых снимков WorldView-2 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 на пахотных землях. 30 свалок общей площадью 229,42 га расположены на пастбищах.

6. Высокие величины относительных площадей свалок отмечены в Кавказском (0,41‰) и Павловском районах (0,36‰), однако наибольшая доля свалок в составе муниципальных земель принадлежит муниципальному образованию 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 наблюдается в городском курорте Сочи.

7. Эффективным способом оценки воздействия свалок на растительный покров является расчет индексов NDVI, позволяющий выявить ареол с пониженными величинами вегетационного индекса. Ширина такого ареола по данным свалок в окрестностях Туапсинского г.п. и Верхнелооского с.о. 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); нарушение водоохранного режима рек и водоемов (многочисленные факты); 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). Из-за отсутствия необходимого количества данных неклассифицированными остались 7% объектов.

10. 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.), сокращения площади (Центральный округ г. Краснодара), рекультивации 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативные акты

1. **Водный кодекс Российской Федерации:** [федер. закон: принят Гос. Думой 12 апр. 2006 г.: по состоянию на 28 дек. 2013 г.] / Консультант Плюс. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>
2. **ГОСТ 30772-2001** Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 20 с.
3. **Инструктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды:** [утв. Минприроды Рос. Федерации 26 января 1993 г., ред. от 15.02.2000 г., с изм. от 13.11.2007 г.]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_25895/
4. **Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов твердых бытовых отходов:** [утв. Мин. строй Рос. Федерации 5 ноября 1996 г., согл. Письмом Гос. ком. сан.-эпид. контроля Рос. Федерации 10 июня 1996 г. № 01-8/17-11] / М., 1998. – Режим доступа: <http://nordoc.ru/doc/8-8525>.
5. **Концепция обращения с твердыми бытовыми отходами в Краснодарском крае на 2008–2012 годы** [Электронный ресурс] / Министерство природных ресурсов Краснодарского края. – Режим доступа: <http://www.dprgek.ru/upload/iblock/334/334998fa5f8642e1ed3be88d41fba908.pdf>
6. **Об отходах производства и потребления:** [федер. закон: принят Гос. Думой 22 мая 1988 г.: по состоянию на 29 июня 2012 г.] // Российская газета. 2012. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/1998/06/30/utilizaciya-dok.html>
7. **Об установлении ширины водоохранных зон и ширины прибрежных защитных полос рек и ручьев, расположенных на территории Краснодарского края:** [постановление Законодательного собрания Краснодарского края: принято Зак. собранием Краснодарского края 15 июля 2009 г.]. – Режим доступа: <http://www.kubzsk.ru/lawdevelop/GIMLoader.html?idFile=83A651C110D94273E040A8C0070154E4>
8. **Об утверждении Правил санитарного содержания территорий, организации уборки и обеспечения чистоты и порядка в г. Москве:** [утв. пост. Правительства Москвы 9 ноября 1999 г.]. – Режим доступа: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/47/47100/index.php
9. **СанПиН 42-128-4690-88** Санитарные правила содержания территорий населенных мест: Санитарные правила и нормы: [утв. глав. гос. сан. врач СССР 5 августа 1988 г.]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_101890.
10. **СНиП 2.01.28-85** Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию: Санитарные правила и нормы: [утв. гос. ком. СССР по делам строи-

тельства 26 июня 1985 г.] – Режим доступа:
http://snipov.net/c_4628_snip_96646.html.

Научная литература

11. **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.
12. **Антонов, В.Н.** Мониторинг состояния посевов и прогнозирование урожайности яровой пшеницы по данным ДЗЗ / В.Н. Антонов, Л.А. Сладких // Геоматика. – 2009. – №3. – С. 50–53.
13. **Аристов, М.** Мониторинг полигонов ТБО и обнаружение стихийных мусоросвалок по данным космической съемки / М. Аристов // InternetGEO. – 2009. – №2. – С. 34–41.
14. Атлас-справочник природные ресурсы Кубани (масштаб 1:1 600 000) издатель / ред. совет: В.А. Бабешко, С.В. Величко, Ю.А. Жданов и др. – Ростов н/Д: Издательство СКНЦ ВШ, 2004. – 64 с.
15. База данных показателей муниципальных образований / Федеральная служба государственной статистики. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst03/DBInet.cgi#1>
16. **Балахчина, Т.К.** Оценка воздействия свалочного газа с полигонов твердых бытовых отходов на человека / Т.К. Балахчина // Физиология. Медицина. Экология человека. – 2012. – №2. – С. 41–57.
17. **Бахтинова, Е.В.** Полуавтоматическое выявление вырубок леса на мультивременных радарных и радарно-оптических цветных композитах / Е.В. Бахтинова, А.Ю. Соколов, Д.Б. Никольский, Ю.И. Кантемиров // Геоматика. – 2012. – №1. – С. 52–55.
18. **Бельдеева, Л.Н.** Минимизация воздействия опасных бытовых отходов на окружающую среду / Л.Н. Бельдеева // Ползуновский вестник. – 2006. – №2. – С. 372–375.
19. **Болсуновский, М.А.** Атмосферная коррекция в ПО ENVI. Модуль FLAASH / М.А. Болсуновский, А.С. Черепанов // Геопрофи. – 2006. – №5. – С. 22–24.
20. **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.
21. **Бровкина, О.В.** Мониторинг свалок по разнеспектральным 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.
22. **Бровкина, О.В.** Мониторинг свалок твердых бытовых и промышленных отходов на примере территории Кронштадского района г. Санкт-Петербурга / О.В. Бровкина, Д.Ю. Скорописов // Современные проблемы ди-

станционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т9. – №1. – С. 153–155.

23. **Бродский, Л.** Проект ITAS по разработке автоматизированной технологии классификации земных покрытий: научные задачи, основные результаты и перспективы / Л. Бродский, Е.И. Бушуев, В.И. Волошин, А.А. Козлова, О.И. Паршина, М.А. Попов, В.И. Саблина, А.И. Сахацкий, А.В. Сиротенко, Т. Соукап, С.А. Станкевич, А.Г. Тарарико // *Космічна наука і технологія*. – 2009. – Т. 15. – №2. – С. 36–48.

24. **Виноградов, Б.В.** Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б.В. Виноградов. – М.: Наука, 1984. – 320 с.

25. **Владимиров, С. А.** Эколого-ландшафтный мониторинг полигонов твердых бытовых отходов в Республике Адыгея [Электронный ресурс] / С.А. Владимиров, А.О. Карчевский // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – Краснодар, 2005. – №13(05). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/05/20/>

26. **Горшков, М.В.** Экологический мониторинг: учебное пособие / М.В. Горшков. – Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2010. – 313 с.

27. **Григораш, О.В.** Ресурсы возобновляемых источников энергии Краснодарского края / О.В. Григораш, А.А. Хамула, А.В. Квитко // *Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ)*. – 2013. – № 92 (08). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/12.pdf>

28. **Гуныко, М.С.** Экологические риски / М.С. Гуныко // *Московское городское отделение РГО*. – 2013. – Режим доступа: <http://msk.rgo.ru/2013/09/06/ekologicheskie-riski/>

29. **Гурьянова, Л.В.** Использование ГИС и данных дистанционного зондирования для мониторинга застроенных территорий / Л.В. Гурьянова // *Вестник Белорусского государственного университета. Серия 2*. – 2008. – №3. – С. 107–112.

30. **Гусельникова, Т.** Свалка законов-2 / Т. Гусельникова // *Новая газета Кубани*. – 2012. – 26 ноября. Режим доступа: http://ngkub.ru/news/svalka_zak2

31. **Дейвис, Ш.М.** Дистанционное зондирование: количественный подход / Ш.М. Дейвис, Д.А. Ландгребе, Т.Л. Филлипс, Ф.Х. Свейн и др. – пер. с англ. М.: Недра, 1983. – 415 с.

32. **Динамика туристического потока в Краснодарский край** [Электронный ресурс] / Официальный сайт Министерства курортов и туризма Краснодарского края. – Режим доступа: <http://min.kurortkuban.ru/>

33. **Доклад о состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2011 году** / под ред. Л.П. Ярмак. – Краснодар, 2012. – 360 с.

34. **Егоров, А.П.** Способы модернизации базовых классификаций антропогенных ландшафтов / А.П. Егоров, В.В. Козин // *Вестник ВГУ, Серия: География. Геоэкология*. – 2006. – №2. – С. 25–30.

35. **Ефремов, Ю.К.** Ландшафтная сфера Земли / Ю.К. Ефремов // Известия Всесоюз. геогр. об-ва. – 1959. – № 6. – С. 525–528.
36. **Использование свалочного газа в России** [Электронный ресурс] / Проект «Использование свалочного газа в России». – Режим доступа: <http://www.m2m-energy.ru/ru/tbo.html>
37. **Касимов, Н. С.** География и мониторинг биоразнообразия. Серия учебных пособий «Сохранение биоразнообразия» / Редакционная коллегия: Н. С. Касимов, Э. П. Романова, А. А. Тишков. – М.: Издательство научного и методического центра МГУ, 2002. – 432 с.
38. **Кашкин, В.Б.** Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: учебное пособие / В.Б. Кашкин, А.И. Сухинин. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
39. **Классификация ТБО** / Официальный сайт МБУ «Управление экологии города Чебоксары». – Режим доступа: http://gov.cap.ru/SiteMap.aspx?gov_id=610&id=587439
40. **Кликунов, А.И.** Ближе к Европе / А.И. Кликунов // Пензенское отделение РГО. – Режим доступа: <http://penza.rgo.ru/publikacii/blizhe-k-evrope/>
41. **Книжников, Ю.Ф.** Аэрокосмические исследования динамики географических явлений / Ю.Ф. Книжников, В.И. Кравцова. – М.: МГУ, 1991. – 206 с.
42. **Колтунов, Н.И.** Эколого-ландшафтная организация территории / Н. И. Колтунов. – М.: ИК «Родник», 1998. – 128 с.
43. **Кравцова, В.И.** Космические методы изучения природной среды. Современный фонд космических снимков / В.И. Кравцова; под ред. А.П. Капицы, Ю.Ф. Книжникова. – М.: МГУ, 1992. – 136 с.
44. **Кравцова, В.И.** Космические методы картографирования: учебное пособие / В.И. Кравцова. – М.: МГУ, 1995. – 236 с.
45. **Красовская, С.П.** Размещение отходов в условиях Черноморского побережья Кавказа: дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Красовская Светлана Петровна. М., 2012. – 20 с.
46. **Краткий анализ современного состояния и тенденций решения проблемы твердых бытовых отходов в мировой практике** / Справочно-информационная система: Отходы.ру. – Режим доступа: <http://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=29>
47. **Куссуль, Н.Н.** Оценка состояния растительности и прогнозирование урожайности озимых культур Украины по спутниковым данным / Н.Н. Куссуль, Н.И. Ильин, С.В. Скакун, А.Н. Лавренюк // International Book Series «Decision Making and Business Intelligence, Strategies and Techniques». – 2008. – № 3. – P. 103–109.
48. **Ларионов, Н.С.** Комплексная оценка влияния свалки твердых бытовых отходов г. Архангельска на компоненты природной среды / Н.С. Ларионов, К.Г. Боголицын, И.А. Кузнецова // Российский химический журнал (ЖРХО им. Д. И. Менделеева). – 2011. – Т. LV. – № 1. – С. 93–100.
49. **Липилин, Д.А.** Особенности дешифрирования свалок на территории Краснодарского края по материалам спутниковых снимков (методика и

результаты) / Д.А. Липилин // Географические исследования Краснодарского края: сборник научных трудов. – 2012а. – Вып. 7. – С. 243–250.

50. **Липилин, Д.А.** Разработка методики контроля водоохранного режима рек степной зоны Краснодарского края по данным спутниковых снимков / Д.А. Липилин // Геоинформационные технологии и космический мониторинг: материалы V Международной конференции, 2–6 сентября. 2012. – Ростов н/Д, 2012б. – С. 147–152.

51. **Липилин, Д.А.** О контроле соблюдения водоохранного режима рек степной зоны по данным спутниковых снимков (на примере Краснодарского края) / Д.А. Липилин // Управление водными ресурсами: рациональное использование, охрана и безопасность: материалы научно-практической конференции. – Краснодар, 2012в. – С. 127–132.

52. **Лурье, И.К.** Основы геоинформатики и создание ГИС. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / И.К. Лурье – М.: ООО «ИНЭКС 92», 2002. – 140 с.

53. **Лурье, И.К.** Теория и практика цифровой обработки изображений / И.К. Лурье, А.Г.Косиков; под. ред. А.М. Берлянта. – М.: Научный мир, 2003. – 168 с.

54. **Марцинкевич, Г.И.** Основы ландшафтоведения / Г. И. Марцинкевич, Н. К. Клицунова, А. Н. Мотузко. – Минск: Высшая школа, 1986. – 206 с.

55. **Мильков, Ф.Н.** Общее землеведение: учебник для студ. географ. спец. вузов / Ф.Н. Мильков. – М.: Высш. шк., 1990. – 335 с.

56. **Миняйло, Е.Э.** Загрязнения от свалок / Е.Э. Миняйло // Canterbury Environmental education center: электрон. журн. – Режим доступа: <http://www.masters.donntu.edu.ua/2008/ggeo/minyailo/lib/st3.htm>

57. **Недилько, Л.А.** Состояние и использование земельного фонда Краснодарского края / Л.А. Недилько, Е.Г. Мещанинова // Вестник ЮРГТУ (НПИ). – 2013. – №4. – С. 81–90.

58. **Об основных показателях деятельности коллективных средств размещения Краснодарского края в 2013 году** / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю. – Режим доступа: http://krsdstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/krsdstat/ru/news/rss/23d08000441a20298ec0ef20d5236cbc

59. **Описание продукта WorldView-2** [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.digitalglobe.com/sites/default/files/WorldView2-DS-WV2_RU.pdf

60. **Основные характеристики съемочной аппаратуры спутника WorldView-2** [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://scanex.ru/ru/data/default.asp?submenu=worldview2&id=idescription>

61. **Плетнев, М.Ю.** Сжигание мусора: гораздо больше против, чем за / М.Ю. Плетнев // Экология человека. – 1998. – № 2. – С. 85–87.

62. **Погорелов, А.В.** К вопросу мониторинга и классификации свалок на территории Краснодарского края / А.В. Погорелов, Д.А. Липилин //

Аграрная география в современном мире: сборник научных трудов. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2014. – С. 263–268.

63. **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. – 2013а. – №1(2). – С. 92–98.

64. **Погорелов, А.В.** Метод оценки локальной неравномерности распределения сельскохозяйственных посевов по данным вегетационного индекса / А.В. Погорелов, К.В. Кузнецов, А.С. Стебловский // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – Ростов н/Д: Южный федеральный ун-т, 2012. – Вып. 2. – С. 96–101.

65. **Погорелов, А.В.** О дешифрировании объектов землепользования по космическим снимкам на территории Краснодарского края / А.В. Погорелов, Д.А. Липилин // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2013б. – № 2(35). – С.46–51.

66. **Погорелов, А.В.** Опыт космического мониторинга свалок на территории Краснодарского края / А.В. Погорелов, С.В. Дулепа, Д.А. Липилин // Геоматика. – 2013. – №4. – С. 64–71.

67. **Проведение обследования объектов (мест) размещения отходов производства и потребления Краснодарского края:** отчет о результатах выполнения работы / Л.П. Ярмак. – Краснодар: НИИ прикладной и экспериментальной экологии КубГАУ, 2011. – Т. №1. – 161 с.

68. **Программный комплекс ENVI:** учебное пособие / Компания «Совзонд». – М.: Совзонд, 2009. – 313 с.

69. **Пузаченко, Ю.Г.** Математические методы в экологических и географических исследованиях / Ю. Г. Пузаченко. – М.: Академия, 2004. – 406 с.

70. **Пупышева, Н.В.** Ежедневный спутниковый мониторинг пожарной обстановки в России / Н.В. Пупышева, В.В. Морозов // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2010. – № 9. – С. 65–71.

71. **Пухнюк, А.Ю.** Полевые исследования для оценки потенциала образования биогаза на полигонах твердых бытовых отходов Украины / А.Ю. Пухнюк, Д.В. Куций, Ю.Б. Матвеев // Науково-технічний збірник комунальне господарство міст. – 2012. – №105. – С. 482-495

72. **Рис, У.Г.** Основы дистанционного зондирования / У.Г. Рис. – М.: Техносфера, 2006. – 384 с.

73. **Романов, А. А.** Программно-аппаратный комплекс оперативного мониторинга пожарной обстановки вокруг критически важных объектов Российской Федерации / А.А. Романов, К.Ц. Литовченко, В.А. Толпин, А.А. Романов, А.А. Прошин // Исследовано в России. Моск. физ.-тех. ин-т : электрон. журн. – 2006. – С. 266–279. – Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/028.pdf>

74. **Рябов, Ю.В.** Основные аспекты разработки ГИС мониторинга земель, нарушенных несанкционированными свалками: выявление законо-

мерностей пространственного распределения несанкционированных свалок и предсказание мест их возникновения / Ю.В. Рябов // Конференция для пользователей и разработчиков ГИС с открытым исходным кодом: 17–18 ноября, 2012. – Москва. – Режим доступа: <http://www.gisconf.ru/talks/gis18-ryabov-dumps.pdf>

75. Свалка в Лоо. – Режим доступа: <http://www.ecotalk.ru/phorum/viewtopic.html&f=9&t=548>

76. Сервер «Погода России» – архив погоды. – Режим доступа: <http://meteo.infospace.ru>

77. **Систер, В.Г.** Справочник твердые бытовые отходы (сбор, транспортировка и обезвреживание) / В.Г. Систер, А.Н. Мирный, Л.С. Скворцов, Н.Ф. Абрамов, Х.Н. Никогосов. – М.: АКХ им. К.Д. Панфилова, 2001. – 319 с.

78. **Создание и ведение кадастра отходов и мест захоронения** (инвентаризация мест размещения отходов на территории Выселковского района): заключение по объекту / Блохин В.В. – Краснодар: ГУП КК «Кубаньгеология», 2004. – 35 с.

79. **Солнцев, Н.Н.** Учение о ландшафте. Избранные труды / Н.Н. Солнцев. – М: МГУ, 2001. – 384 с.

80. **Справка ArcGIS 10.1.** Файлы растров BIL, BIP и BSQ [Электронный ресурс] / ArcGIS Resources. – Режим доступа: <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.1/index.html#//009t00000010000000>

81. **Справка ArcGIS 10.1.** Функция NDVI [Электронный ресурс] / ArcGIS Resources. – Режим доступа: <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.1/index.html#//009t0000000520000000>

82. **Теоретические основы использования индекса NDVI** [Электронный ресурс] / GIS-LAB. Географические информационные системы и дистанционное зондирование. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>

83. **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.

84. **Типы классификаций полигонов ТБО** [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://peresval.ru/story/content/3285-tipy-klassifikatsii-poligonov-tbo.html>

85. **Токарев, О.С.** Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие / О.С. Токарев. – Томск: Изд-во Томский политехнический ун-т, 2010. – 148 с.

86. **Тугов, А.** Не превратить планету в свалку / А.Тугов, Н. Эскин, Д. Литун, О. Федоров // Наука и жизнь. – 1998. – № 5. – С. 2–9.

87. **Федеральные ООПТ** / Информационно-справочная система ООПТ России. – Режим доступа: <http://oopt.info/>

88. **Филатов, А.И.** Выявление несанкционированных свалок с помощью методов дистанционного зондирования [Электронный ресурс] /

А.И. Филатов // Студенческий научный форум 2014: материалы V Международной студенческой электронной научной конференции. – Дубна, 2014. – Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2014/pdf/3094.pdf>.

89. **Чандра, А.М.** Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А.М. Чандра, С.К. Гош. – М.: Техносфера, 2008. – 308 с.

90. **Шитиков, В.К.** Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

91. **Шубов, Л.Я.** Концепция управления твердыми бытовыми отходами / Л.Я. Шубов, А.К. Голубин, В.В. Девяткин, С.В. Погадаев. – М.: ГУ НИЦ по проблемам управления ресурсосбережением и отходами, 2000. – 72 с.

92. **Щербакова, Е.В.** Полигоны ТБО на территории Краснодарского края / Е.В. Щербакова, Л.Л. Кныр // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки: IX студенческая Международная заочная научно-практическая конференция. – Новосибирск, 2013. – С. 94–99.

93. **Юфит, С.С.** Мусоросжигательные заводы – помойка на небе: курс лекций / С.С. Юфит. – М.: Два мира, 1998. – Вып. 2. – 42 с.

94. **Ялдыгина, Н.Б.** Использование программного комплекса ENVI для решения задач лесного хозяйства / Н.Б. Ялдыгина // Геоматика. – 2011. – №3. – С. 34–39.

95. **About the Earth Resources Observation and Science (EROS) Center** [Электронный ресурс] / USGS. – Режим доступа: <http://eros.usgs.gov/about-us/background>

96. **Baodong, M.** Remote Sensing Detection for Subsidence-Resulted Water Body and Solid-Waste Dump in Coal Mine Yanzhou Coal Mining Area Being a Case / M. Baodong, W. Lixin, L. Shanjun // ISPRS Archives – Volume XXXVII Part B6b: XXIst ISPRS congress youth forum, 3–11 July. 2008. – Beijing, 2008. – P. 269–272

97. **Bareithera, C. A.** Microbial diversity and dynamics during methane production from municipal solid waste / C.A. Bareithera, G.L. Wolfec, K.D. McMahon, C.H. Bensone // Waste management. – 2013. – V.33. – № 10. – P. 1982–1992. – Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X12005776>

98. **Barnaba, E.M.** The use of aerial photographs in county inventories of waste-disposal sites / E.M. Barnaba, W.R. Philipson; A.W. Ingram, J. Pim // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. – 1991. – № 57. – P. 1289–1296.

99. **Bilotta, G.** Recognition and Classification of Illegal Dumps with Object Based Image Analysis of Satellite Data / G. Bilotta, V. Barrile, G. Meduri // Extended abstracts Third annual hyperspectral imaging conference. 15–16 may. 2012. Rome, 2012. – V. 2. – P. 12–17.

100. **Biottoa, G.** GIS, multi-criteria and multi-factor spatial analysis for the probability assessment of the existence of illegal landfills / G. Biottoa, S. Silves-

tria, L. Gobboa, E. Furlana, S. Valentia, R. Rossellia // International Journal of Geographical Information Science. – 2009. – V. 23. – № 10. – P. 1233–1244.

101. **Blaschke, T.** Object based image analysis for remote sensing / T. Blaschke // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2001. – V. 65. – №1. – P. 2–16.

102. **Bossard, M.** CORINE Land cover technical guide – Addendum 2000 / M. Bossard, J. Feranec, J. Otahel. – Copenhagen: EEA, 2000. – 105 p.

103. **Brivio, P.A.** Aspects of spatial autocorrelation of Landsat TM data for the inventory of waste-disposal sites in rural environments / P.A. Brivio, I. Doria, E. Zilioli // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. – 1993. – № 59(9). – P. 1377–1382.

104. **Campbell, J.** Mission Accomplished for Landsat 5 / J. Campbell, T. Newman // USGS Newsroom, 2012. – Режим доступа: <http://www.usgs.gov/newsroom/article.asp?ID=3485#.U5sFmsKKDvU>

105. **Campbell, J.B.** Introduction to Remote Sensing, 2nd Ed / J.B. Campbell. – New York: Guilford Press, 1996. – 622 p.

106. **Case Study Two: The Disposal of Waste on Land and Remote Sensing** / UCL faculty of laws. Centre for Law and the Environment. – Режим доступа: http://www.ucl.ac.uk/laws/environment/satellites/docs/18_Waste_CS.pdf

107. **Chang, N.B.** Parvathinathan G., Breeden, J.B. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region / N.B. Chang // Journal of Environmental Management. – 2008. – V. 87. – P. 139–153.

108. **City of Pittsburgh Illegal Dumpsite Survey.** 2009 Final Report. – Pittsburgh: PA CleanWays, 2009. – 41 p.

109. **Спутник WorldView-2** [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.worldview.ru/worldview2.html>

110. **Dewan, A. M.** Using remote sensing and GIS to detect and monitor land use and land cover change in Dhaka Metropolitan of Bangladesh during 1960–2005 / A.M. Dewan, Y. Yamaguchi // Environmental Monitoring and Assessment. – 2009. – V. 150. – № 1–4. – P. 237–249

111. **Erb, T.L.** Analysis of landfills with historic airphotos / T.L. Erb, W.R. Philipson, W.L. Teng, T. Liang // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. – 1981. – № 47. – P. 1363–1369.

112. **European Environment Agency** [Электронный ресурс] / Режим доступа: www.eea.europa.eu/data_and_maps

113. **Faisal, K.** Remote sensing techniques as a tool for environmental monitoring / K. Faisal, M. AlAhmad, A. Shake // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B8, 2012 XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012. – Melbourne, Australia, 2012. – P. 1377–1382.

114. **Foody, G.M.** Mapping despoiled land cover from Landsat Thematic Mapper imagery / G.M. Foody, R.M. Embashi // Computers, Environment and Urban Systems. – 1995. – № 19. – P. 249–260.

115. **Fu, Z.** Object-oriented industrial solid waste identification using HJ satellite imagery: a case study of phosphogypsum / Z. Fu; W. Shen; R. Xiao; W. Xiong; Y. Shi; B. Chen // *Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications III. Proceedings of SPIE*, 2012. – V. 8538. – 486 p.
116. **Garofalo, D.** Solid Waste and Remote Sensing / D. Garofalo, F. Wobber // *Photogrammetric Engineering*. – 1974. – V. 40. – № 1. – P. 45–59.
117. **Gómez-Delgado, M.** GLOBAL sensitivity analysis, GIS and multi-criteria evaluation for a sustainable planning of a hazardous waste disposal site in Spain / M. Gómez-Delgado, S. Tarantola // *International Journal of Geographical Information Science*. – 2006. – V. 20. – P. 449–466
118. **Hatzichristos, T.** Landfill siting using GIS, fuzzy logic and the Delphi method / T. Hatzichristos, M. Giaoutzi // *International Journal of Environmental Technology and Management*. – 2006. – V. 6. – № 1–2, – P. 218–231.
119. **Heitefuss, S.** Additional Processing Notes for Establishing Regional Lists of Priorities and Regional Waiting Lists by the Regional Commission for Assessment A. Old Landfill Facts: First assessment of Old Landfill Disposal at Proof Level 1 / S. Heitefuss, K. Turk. – 1994. – 8 p.
120. **Higgs, G.** Integrating multi-criteria techniques with geographical information systems in waste facility location to enhance public participation / G. Higgs // *Waste Management and research*. – 2006. – V. 24, – P. 105–111.
121. **Ishii, K.** Estimation of methane emission rate changes using age-defined waste in a landfill site / K. Ishii, T. Furuichi // *Waste management*. – 2013. – V.33. – № 9. – P. 1861–1869. – Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X13002201>
122. **Jensen, J.R.** Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective, 2nd Ed / J.R. Jensen. – NJ: Prentice Hall, 1996. – 318 p.
123. **Jordá-Borrell, R.** Factor analysis and geographic information system for determining probability areas of presence of illegal landfills / R. Jordá-Borrell, F. Ruiz-Rodríguez, Á. L. Lucendo-Monedero // *Ecological Indicators*. – 2014. – V. 37. – P. 151–160.
124. **Kabite, G.** GIS-Based Solid Waste Landfill Site Selection in Addis Ababa, Ethiopia / G. Kabite, K.V. Suryabhadgavan, M. Argaw, H. Sulaiman // *International journal of Ecology and environmental sciences*. – 2012. – V. 38. – № 2–3. – P. 59–72
125. **Kao, J.J.** Multifactor spatial analysis for landfill siting / J.J. Kao, H.Y. Lin // *Journal of Environmental Engineering*. – 1996. – V. 122, – P. 902–908.
126. **Kontos, T.D.** Siting MSW landfills in Lesvos Island with a GIS based methodology / T.D. Kontos, D.P. Komillis, C.P. Halvadakis // *Waste Management and Research*. – 2003. – V. 21. – P. 262–277.
127. **Kontos, T.D.** Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology / T.D. Kontos, D.P. Komillis, C.P. Halvadakis // *Waste Management*. – 2005. – V. 25. – P. 818–832,
128. **Kwartenga, A.Y.** Assessment of Kuwait's Al-Qurain Landfill Using Remotely Sensed Data / A. Y. Kwartenga, A. Al-Enezia // *Journal of Environmen-*

tal Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering. – 2004. – V. 39. – № 2. – P. 351–364.

129. **Landfill Waste Classification and Waste Definitions 1996 (As amended)** / Department of environment Western Australia, 2005. – 27 p.

130. **Landsat (США)** [Электронный ресурс] / Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова. – Режим доступа: <http://www.geogr.msu.ru/science/projects/geoportal/data/satellites/landsat.php>

131. **Landsat** [Электронный ресурс] / Геоинформационный портал ГИС-ассоциации. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/3122.html>

132. **Lotfi, S.** Integrating GIS and fuzzy logic for urban solid waste management (A case study of Sanandaj City, Iran) / S. Lotfi, K. Habibi, M.J. Koohsari // *Pakistan Journal of Biological Sciences*. – 2007. – V. 10. – № 22. – P. 4000–4007.

133. **Lyon, J.G.** Use of maps, aerial photographs, and other remote sensor data for practical evaluations of hazardous waste sites / J.G. Lyon // *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. – 1987. – № 53. – P.515–519.

134. **Mahler, C. F.** Applying the value analysis and fuzzy logic to select areas for installing waste fills / C. F. Mahler, G. S. Lima // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2002. – V. 84. – № 1–2. – P.129–140.

135. **McHarg, I.L.** Design with nature / I.L. McHarg. – NY: The Natural History Press, 1969.

136. **Nas, B.** Selection of MSW landfill site for Konya, Turkey using GIS and multi-criteria evaluation / B. Nas, T.Cay, F. Iscan, A. Berkay // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2010. – V. 160. – № 1–4. – P. 491–500.

137. **Ottavianelli, G.** Assessment of hyperspectral and SAR remote sensing for solid waste landfill management / G. Ottavianelli, S. Hobbs, R. Smith, D. Bruno // *Proceedings of the 3rd ESA CHRIS/Proba Workshop*. Frascati. Italy. 21–23 march. 2005. – Frascati. Italy, 2005. – P.8.

138. **Phillipson, W. R.** Land-cover monitoring with SPOT for landfill investigations / W. R. Phillipson, E. M. Bamaba, A. Ingram // *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. – 1988. – № 54(2). – P. 223–228.

139. **Pope, P.** Environmental Waste Site Characterization Utilizing Aerial Photographs / P. Pope, E. Van Eeckhout, C. Rofer, S. Baldridge, J. Ferguson, G. Jiracek, L. Balick, N. Josten, M. Carpenter // *Remote Sensing and Surface Geophysics*. In *Proceedings of SPECTRUM 96*. – Seattle, USA, 1996.

140. **Saaty, T. L.** The analytic hierarchy process / T. L. Saaty. – New York: McGraw-Hill, 1980. – 287 p.

141. **Schowengerdt, R.A.** Remote Sensing. Models and Methods for Image Processing / R.A. Schowengerdt. – Academic Press, 1997. – 522 p.

142. **Schueler, A.S.** Classification Method for Urban Solid Waste Disposal Sites / A.S. Schueler, C.F. Mahler // *Journal of Environmental Protection*. – 2011. – №2 – P. 473–481.

143. **Sener, B.** Landfill site selection by using geographic information systems / B. Sener, M.L. Süzen, V. Doyuran // *Environmental Geology*. – 2006. – V. 49. – № 3. – P. 376–388.

144. **Shaker, A.** Integration between ground-based and space-based measurements for monitoring landfill sites / A. Shaker, K. Faisal, W. Yeung Yan // Режим доступа: <http://geomaticksa.com/GTC2011/S2/PDF/5.pdf>

145. **Shaker, A.** Trail road landfill site monitoring using multi-temporal Landsat satellite data / A. Shaker, W. Y. Yan // ISPRS Archives – Volume XXXVIII – Part 1, 2010 The 2010 Canadian Geomatics Conference and Symposium of Commission I, ISPRS Convergence in Geomatics – Shaping Canada's Competitive Landscape June 15–18, 2010 Calgary. – Alberta, Canada, 2010. – Режим доступа: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/part1/02/02_03_Paper_154.pdf

146. **Silvestri, S.** A method for the remote sensing identification of uncontrolled landfills: formulation and validation / S. Silvestri, M. Omri // International Journal of Remote Sensing. – 2008. – № 29 (4). – P. 975–989.

147. **Slonecker, E.T.** Remote Sensing Investigations of Fugitive Soil Arsenic and Its Effects on Vegetation Reflectance: Ph.D. Dissertation / Slonecker E.Terrence. – Fairfax, USA, 2007. – 240 p.

148. **Slonecker, T.** Visible and Infrared Remote Imaging of Hazardous Waste: A Review / T. Slonecker, G.B. Fisher, D.P. Aiello, B. Haack // Remote Sensing. – 2010. – № 2 – P. 2474–2508.

149. **Stohr, C.** Remote sensing investigations at a hazardous-waste landfill / C. Stohr, W.J. Su, P.B. DuMontelle, R.A. Griffin // Photogramm. Eng. Remote Sensing. – 1987. – № 53 – P. 1555–1563.

150. **The thematic accuracy of CORINE Land Cover 2000.** Assessment using LUCAS (land use cover area frame statistical survey): techn. rept / EEA, 2006. – № 7. – 85 p. – Режим доступа: www.eea.europa.eu

151. **Titus, S.J.** Survey and Analysis of Present or Potential Environmental Impact Sites in Woburn, Massachusetts / S.J. Titus // In Proceedings of the 48th Annual Meeting of the American Society for Photogrammetry, Denver, USA, 14–20 March 1982, 1982. – P. 538–549.

152. **Vincent R.K.** Remote sensing for solid waste landfills and hazardous waste sites / R.K. Vincent // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. – 1994. – № 60. – P. 979–982.

153. **Vuppala, P.** Solid waste disposal site selection using analytical hierarchy process and geographical information system / P. Vuppala, S.S. Asadi, M.A. Reddy // Pollution Research. – 2006. – V. 25. – № 1. – P. 73–76.

154. **Wang, G.** Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China / G. Wang, L. Qin, G. Li, L. Chen // Journal of Environmental Management. – 2009. – V. 90. – № 8. – P. 2414–2421.

155. **Yanga, K.** Landfills in Jiangsu province, China, and potential threats for public health: Leachate appraisal and spatial analysis using geographic information system and remote sensing / K. Yanga, Xiao-Nong Zhou, Wei-An Yana, De-Rong Hanga, P. Steinmann // Waste Management. – 2008. – V. 28. – № 12. – P. 2750–2757.

156. **Yonezawa, C.** Possibility of Monitoring of Waste Disposal Site Using Satellite Imagery / C. Yonezawa // Journal of Intelligent and Fuzzy Systems. – 2009. – V. 6. – P. 23–28.

157. **Yousef, A.R.** Hydrogeological Data Evaluation and Solid Waste Management at Al-Akeeder Landfill Site, Jordan: Assessing Pollution Risks / A.R. Yousef, M. A. Rosen, H. Ghrefat // International journal of Ecology and environmental sciences. – 2010. – V. 36. – № 2–3. – P. 175–186.

158. **Zamorano, M.** Evaluation of a municipal landfill site in Southern Spain with GIS-aided methodology / M. Zamorano, E. Molero, A. Hurtad`o, A. Grindlay, A. Ramos // Journal of Hazardous Materials.– 2008. – V. 160. – № 30. – P. 473–481.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Сведения об обнаруженных объектах размещения ТБО на территории Краснодарского края
в условной системе координат

ID свал- ки	Муниципальная принадлеж- ность	Площадь, га	Периметр, м	Координаты	
				Широта, м	Долгота, м
1	Абинский район	1,80	731	490545	741961
2	Абинский район	2,84	583	492522	748893
3	Абинский район	2,59	644	492648	743112
4	Абинский район	2,54	895	492227	755273
5	Абинский район	1,12	451	499230	735112
6	Апшеронский район	3,78	1282	496046	737127
7	Апшеронский район	3,93	828	499289	742908
8	Апшеронский район	0,53	358	496302	745783
9	Апшеронский район	0,09	160	498436	745149
10	Белоглинский район	4,59	880	495618	745707
11	Белоглинский район	1,92	477	496126	753155
12	Белоглинский район	0,66	338	490446	756886

13	Белоглинский район	1,38	438	481636	754657
14	Белоглинский район	0,94	730	498800	732685
15	Белоглинский район	1,88	820	498459	737655
16	Белоглинский район	0,88	445	492057	749494
17	Белоглинский район	0,20	167	497188	745593
18	Белоглинский район	0,71	429	491627	750909
19	Белоглинский район	1,03	680	504413	768411
20	Белоглинский район	0,68	529	500000	761667
21	Белоглинский район	7,39	2210	504041	751233
22	Белореченский район	2,12	860	508477	756233
23	Белореченский район	0,98	670	501635	752391
24	Белореченский район	3,72	1262	505431	755640
25	Белореченский район	6,45	1042	506296	757335
26	Брюховецкий район	7,38	1115	507823	755754
27	Брюховецкий район	2,90	708	505553	756707
28	Брюховецкий район	1,11	416	508312	756958
29	Брюховецкий район	0,83	490	502672	754221

30	Брюховецкий район	0,56	341	504257	753665
31	Брюховецкий район	2,39	467	504065	758717
32	Брюховецкий район	0,81	266	502229	758556
33	Брюховецкий район	2,96	721	501394	752763
34	Брюховецкий район	0,39	245	512835	753186
35	Брюховецкий район	0,13	151	509892	754583
36	Брюховецкий район	4,39	1125	503356	749893
37	Брюховецкий район	2,87	1204	507685	747889
38	Выселковский район	4,86	1132	508882	745923
39	Выселковский район	0,92	377	491225	748342
40	Выселковский район	3,75	792	491164	731166
41	Выселковский район	8,19	2286	491507	735758
42	Выселковский район	3,58	992	499663	741269
43	Выселковский район	0,48	317	494772	744435
44	Выселковский район	4,17	1277	494320	748796
45	Выселковский район	1,55	587	491000	749856
46	Выселковский район	4,68	949	493370	749062

47	Выселковский район	2,31	1017	492416	745489
48	Выселковский район	0,81	389	494180	749404
49	Выселковский район	2,73	678	490248	749536
50	Выселковский район	0,84	462	491594	740336
51	Выселковский район	2,93	710	491797	743587
52	Выселковский район	8,92	1054	495919	747798
53	Гулькевичский район	0,92	745	493020	741046
54	Гулькевичский район	2,79	622	507784	757394
55	Динской район	7,83	1217	507150	755234
56	Динской район	4,84	1249	502572	751331
57	Динской район	2,55	706	504443	749671
58	Динской район	0,49	310	504798	753070
59	Динской район	1,87	694	502081	753893
60	Динской район	1,64	1395	507667	758254
61	Ейский район	7,38	965	509109	741596
62	Ейский район	3,50	1792	507497	751724
63	Ейский район	0,88	433	505529	758804

64	Ейский район	1,84	570	500970	753210
65	Ейский район	0,93	310	504364	755011
66	Ейский район	9,38	1326	503096	750503
67	Ейский район	6,78	1126	484549	740657
68	Ейский район	0,85	352	485064	745970
69	Ейский район	2,54	645	488209	749112
70	Ейский район	8,39	1929	487389	741242
71	Ейский район	2,74	787	490551	766641
72	Ейский район	7,71	1692	490232	769427
73	Кавказский район	3,10	1304	490159	767069
74	Кавказский район	9,92	1933	496233	763359
75	Кавказский район	4,98	950	499506	768587
76	Кавказский район	8,01	1868	490700	769190
77	Кавказский район	3,04	1175	495611	769027
78	Кавказский район	2,51	837	494239	766222
79	Кавказский район	2,09	679	496796	763021
80	Кавказский район	1,79	622	500658	741198

81	Кавказский район	18,59	3576	506943	745086
82	Калининский район	0,28	257	508300	743923
83	Калининский район	2,76	519	506752	745483
84	Калининский район	0,33	358	509448	742505
85	Калининский район	2,90	834	502262	747914
86	Калининский район	0,29	220	503124	740807
87	Калининский район	3,46	741	501845	759543
88	Калининский район	2,54	537	502278	753999
89	Калининский район	3,35	1287	500979	751668
90	Калининский район	3,85	617	507949	745508
91	Калининский район	3,19	1040	506200	742719
92	Калининский район	0,78	365	503821	740531
93	Калининский район	2,18	417	492169	740613
94	Калининский район	0,22	191	497268	744843
95	Калининский район	2,56	620	506210	745943
96	Каневский район	5,35	879	507562	746865
97	Каневский район	1,59	399	508524	742541

98	Каневский район	9,04	1205	507308	748406
99	Каневский район	6,98	2618	500254	744563
100	Каневский район	1,42	515	501666	746887
101	Каневский район	0,19	265	504492	747055
102	Кореновский район	9,42	1431	505134	748919
103	Кореновский район	6,39	1014	508228	742208
104	Кореновский район	0,57	371	499491	748317
105	Кореновский район	4,10	1233	496215	749261
106	Кореновский район	2,38	784	506433	740203
107	Кореновский район	5,92	1092	505390	745407
108	Кореновский район	5,55	1281	503319	749116
109	Кореновский район	2,32	1290	496007	748558
110	Кореновский район	2,47	754	491196	742083
111	Кореновский район	1,15	458	485249	757027
112	Красноармейский район	5,84	1184	488377	746213
113	Красноармейский район	1,86	826	492989	765074
114	Красноармейский район	1,98	1099	493871	762854

115	Крыловский район	3,98	728	491635	769456
116	Крыловский район	0,88	490	498482	765225
117	Крыловский район	2,89	934	495485	766074
118	Крыловский район	0,97	755	496924	767483
119	Крыловский район	3,96	1199	494633	745385
120	Крыловский район	3,89	725	512932	753957
121	Крымский район	5,62	1104	516722	752468
122	Крымский район	2,66	1041	510063	759375
123	Крымский район	2,12	743	515069	757111
124	Крымский район	1,11	467	515322	751673
125	Крымский район	1,52	586	513116	758935
126	Крымский район	0,50	620	518713	759594
127	Курганинский район	2,69	597	516824	750384
128	Курганинский район	1,90	589	511166	758177
129	Курганинский район	1,69	526	513494	754342
130	Курганинский район	0,85	597	518276	757409
131	Курганинский район	2,81	520	512100	754148

132	Кущевский район	3,59	930	491552	756624
133	Кущевский район	1,99	558	496822	758581
134	Кущевский район	2,55	972	498875	754585
135	Кущевский район	0,36	272	493811	750394
136	Кущевский район	0,57	482	505120	752867
137	Кущевский район	2,19	506	502405	756428
138	Кущевский район	3,49	972	491357	753461
139	Кущевский район	5,14	959	491954	752935
140	Кущевский район	1,58	752	493949	754433
141	Кущевский район	2,87	448	495270	751567
142	Кущевский район	1,14	560	499407	759408
143	Кущевский район	6,14	1565	499331	751273
144	Лабинский район	1,68	936	505244	759895
145	Лабинский район	2,82	1133	495864	759371
146	Лабинский район	23,60	1894	496355	753489
147	Ленинградский район	3,63	1117	499698	753993
148	Ленинградский район	3,74	846	502541	763422

149	Ленинградский район	6,26	1042	501523	768792
150	Ленинградский район	1,72	578	503465	755245
151	Ленинградский район	0,54	507	506084	760344
152	Ленинградский район	5,25	1422	500424	754090
153	МО Город-курорт Анапа	4,31	1092	502816	753090
154	МО Город-курорт Анапа	13,68	1489	507432	764727
155	МО Город-курорт Геленджик	7,44	1257	509148	765149
156	МО Город-курорт Геленджик	1,93	435	506520	756668
157	МО Город-курорт Геленджик	0,59	376	506455	758994
158	МО Город-курорт Сочи	4,84	941	506258	757775
159	МО город Армавир	2,57	738	509265	751444
160	МО город Горячий Ключ	6,39	917	507815	754485
161	МО город Горячий Ключ	1,82	523	509074	754842
162	МО город Краснодар	1,49	956	500755	751704
163	МО город Краснодар	12,25	2062	501689	753115
164	МО город Краснодар	6,60	1440	508981	754702
165	МО город Краснодар	24,66	1888	508071	753808

166	МО город Новороссийск	15,44	2120	507863	756393
167	Мостовской район	0,76	265	503966	756379
168	Мостовской район	0,90	242	507468	757386
169	Мостовской район	0,10	153	503930	756293
170	Мостовской район	2,59	843	508346	756968
171	Мостовской район	1,68	822	504801	768425
172	Мостовской район	0,52	262	501849	769404
173	Мостовской район	2,92	811	502453	763034
174	Мостовской район	2,61	955	503684	767031
175	Мостовской район	2,13	471	509248	763344
176	Мостовской район	0,71	466	506538	769804
177	Новокубанский район	2,48	1030	504846	768190
178	Новокубанский район	3,55	747	507733	764060
179	Новокубанский район	16,80	2754	510596	767942
180	Новокубанский район	7,50	1150	506486	768830
181	Новокубанский район	0,78	499	515990	768584
182	Новокубанский район	4,47	1090	500801	761065

183	Новопокровский район	0,82	578	519124	749400
184	Новопокровский район	2,27	790	511139	740964
185	Новопокровский район	3,41	787	511055	737152
186	Новопокровский район	2,91	646	517227	741064
187	Новопокровский район	0,83	360	510016	735510
188	Новопокровский район	0,95	481	513806	744694
189	Новопокровский район	0,54	395	511165	742751
190	Новопокровский район	7,67	2230	519075	749578
191	Отраденский район	12,64	1978	515722	743746
192	Отраденский район	0,65	531	514710	746857
193	Отраденский район	7,66	1384	513619	743917
194	Отраденский район	10,79	1638	512337	740107
195	Павловский район	4,19	822	519139	740908
196	Павловский район	4,58	856	510103	743877
197	Павловский район	6,72	1245	510693	745273
198	Павловский район	9,50	1534	514731	747047
199	Павловский район	4,78	969	518063	741870

200	Павловский район	2,18	758	515883	746906
201	Павловский район	7,88	1093	516885	747371
202	Павловский район	1,89	934	517047	742704
203	Павловский район	20,52	2446	497783	732581
204	Павловский район	2,78	897	509351	746603
205	Павловский район	4,25	847	506872	741948
206	Приморско-Ахтарский район	14,59	1455	495839	736422
207	Приморско-Ахтарский район	1,80	425	500322	733240
208	Приморско-Ахтарский район	2,89	782	496358	731111
209	Приморско-Ахтарский район	2,57	697	506655	736052
210	Приморско-Ахтарский район	1,81	978	505524	735222
211	Приморско-Ахтарский район	1,87	1232	502083	731769
212	Приморско-Ахтарский район	0,57	423	499568	744802
213	Приморско-Ахтарский район	2,53	465	512700	752470
214	Приморско-Ахтарский район	0,53	407	510228	750538
215	Приморско-Ахтарский район	8,70	1259	512617	750533
216	Приморско-Ахтарский район	4,22	1101	516814	752581

217	Приморско-Ахтарский район	0,17	186	517419	750561
218	Приморско-Ахтарский район	0,40	239	501076	757041
219	Приморско-Ахтарский район	2,67	975	501699	751381
220	Приморско-Ахтарский район	4,15	869	500883	752145
221	Приморско-Ахтарский район	0,92	419	504576	759591
222	Северский район	4,08	981	506759	751535
223	Северский район	1,04	439	508303	755204
224	Северский район	10,18	1765	501121	752819
225	Северский район	3,95	1357	500937	751524
226	Северский район	2,31	1276	504026	759959
227	Северский район	1,31	473	501919	753289
228	Северский район	0,44	344	503457	758614
229	Северский район	1,76	551	498206	735586
230	Северский район	0,21	218	503520	737118
231	Северский район	1,21	601	491783	739908
232	Северский район	6,55	470	499474	739781
233	Славянский район	2,47	563	496483	732833

234	Славянский район	0,91	645	498514	732285
235	Славянский район	1,05	847	499647	736806
236	Славянский район	3,40	617	499034	730637
237	Славянский район	2,35	778	491932	732438
238	Славянский район	1,86	645	496189	736041
239	Славянский район	9,85	2418	504302	736540
240	Славянский район	3,57	925	495567	731010
241	Славянский район	0,84	452	495613	735274
242	Славянский район	6,90	969	501690	741381
243	Староминский район	14,68	2360	501146	745295
244	Тбилисский район	2,90	645	500219	749218
245	Тбилисский район	2,19	613	501988	740220
246	Тбилисский район	2,33	730	500916	748021
247	Тбилисский район	2,53	625	501465	749458
248	Тбилисский район	0,76	353	502616	741431
249	Тбилисский район	2,53	1212	502923	741084
250	Тбилисский район	3,74	1010	508979	748977

251	Темрюкский район	0,67	337	500307	741096
252	Темрюкский район	2,67	1446	487127	760920
253	Темрюкский район	2,07	1103	483811	763372
254	Темрюкский район	4,44	1244	488926	766065
255	Темрюкский район	3,73	1306	486194	761998
256	Темрюкский район	2,62	508	499607	761447
257	Темрюкский район	0,63	546	498779	767126
258	Темрюкский район	3,32	697	493843	766176
259	Темрюкский район	2,35	901	488264	760067
260	Темрюкский район	10,02	2209	492653	755684
261	Темрюкский район	1,59	693	490680	751595
262	Темрюкский район	2,87	855	500192	741928
263	Темрюкский район	0,99	395	500431	749054
264	Тимашевский район	1,02	1088	506083	742720
265	Тимашевский район	4,78	1768	502974	745157
266	Тимашевский район	3,39	819	507088	745559
267	Тимашевский район	2,18	767	506016	745740

268	Тимашевский район	1,74	544	506839	741963
269	Тимашевский район	2,03	796	504203	744819
270	Тимашевский район	0,82	713	501903	749035
271	Тимашевский район	16,88	1803	508748	742232
272	Тимашевский район	1,03	459	505811	740082
273	Тимашевский район	0,60	487	505652	740787
274	Тихорецкий район	1,78	573	500016	748370
275	Тихорецкий район	3,30	710	509632	749191
276	Тихорецкий район	3,96	859	507511	745829
277	Тихорецкий район	1,87	559	506665	749166
278	Тихорецкий район	0,38	601	496616	736885
279	Тихорецкий район	0,10	218	496903	736277
280	Тихорецкий район	10,41	1271	506047	765924
281	Тихорецкий район	1,46	854	502415	764300
282	Тихорецкий район	2,21	729	507621	755646
283	Тихорецкий район	1,52	782	505134	760173
284	Тихорецкий район	7,81	1087	508505	756886

285	Тихорецкий район	3,80	956	503688	755026
286	Тихорецкий район	10,31	1518	504795	753022
287	Тихорецкий район	2,61	779	501955	768495
288	Тихорецкий район	1,93	925	503230	757217
289	Туапсинский район	8,05	1366	512676	750036
290	Туапсинский район	2,20	711	499800	769988
291	Туапсинский район	0,89	596	496449	761493
292	Туапсинский район	1,41	554	492318	760847
293	Успенский район	2,54	700	494729	751849
294	Успенский район	6,43	1034	491575	769432
295	Успенский район	2,56	583	485928	760944
296	Успенский район	0,93	284	499381	767002
297	Успенский район	0,67	315	497475	764262
298	Успенский район	0,59	304	497494	767950
299	Успенский район	0,49	270	494035	760400
300	Успенский район	0,88	525	483376	769459
301	Усть-Лабинский район	13,84	1320	497403	763432

302	Усть-Лабинский район	0,85	442	497068	759994
303	Усть-Лабинский район	4,87	925	497950	751495
304	Усть-Лабинский район	3,78	840	494886	750338
305	Усть-Лабинский район	2,93	1425	494293	742354
306	Усть-Лабинский район	0,97	324	515684	746149
307	Усть-Лабинский район	0,10	170	516944	746478
308	Щербиновский район	0,88	369	508189	743995
309	Щербиновский район	2,27	435	509999	745000
310	Щербиновский район	1,42	662	502658	754407
311	Щербиновский район	7,34	921	503015	744760
312	Щербиновский район	1,83	698	493066	757888
313	Щербиновский район	1,70	698	497857	750189
314	Щербиновский район	3,66	815	498900	742411