

УДК 91.528.7

МЕТОД АВТОМАТИЗАЦИИ ОБНАРУЖЕНИЯ И ВЫДЕЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ

^{1,2}Казарян М.Л., ^{1,3,4}Шахраманьян М.А., ¹Рихтер А.А.

¹Владикавказский филиал Финансового университета

при Правительстве Российской Федерации, Владикавказ, e-mail: vfek@bk.ru;

²Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова,
Владикавказ, e-mail: nosu@nosu.ru;

³Институт аэрокосмических технологий и мониторинга РГУ нефти и газа
им. И.М. Губкина, Москва, e-mail: 7283963@mail.ru;

⁴Московский институт открытого образования, Москва

В работе показан метод автоматизации обнаружения неизвестных объектов захоронения отходов по космическим изображениям среднего и высокого пространственного разрешения. Приведены особенности метода, общая блок-схема алгоритма метода автоматизации, включающая географическую привязку космических изображений, извлечение метаданных, создание и наполнение баз данных снимков и их участков, метаданных, индексов подстилающей поверхности, детектируемых объектов, сравнительный блок результатов обработки с эталоном и получение карт неизвестных объектов. Представлены входные и выходные данные метода. Работа алгоритма продемонстрирована на примере двух участков: ближневосточного Подмосковья, включающего фрагменты городского округа Железнодорожный, Люберецкого и Балашихинского районов (с использованием снимков среднего разрешения); полигона твердых бытовых отходов Кучино, включенного в эту область (с использованием снимков высокого разрешения).

Ключевые слова: автоматизация обработки, обработка изображений, детектирование, маска, несанкционированные свалки, полигоны ТБО, объекты захоронения отходов, индексы подстилающей поверхности

AUTOMATION TECHNIQUES DETECTION AND SELECTION OF DISPOSAL SITES

^{1,2}Kazaryan M.L., ^{1,3,4}Shakhramanyan M.A., ¹Rikhter A.A.

¹Financial University at Government of Russian Federation Vladikavkaz branch,
Vladikavkaz, e-mail: vfek@bk.ru;

²North Ossetian State University by K.L. Khetagurov, Vladikavkaz, e-mail: nosu@nosu.ru;

³Institute of Aerospace Technology and Monitoring, Moscow, e-mail: 7283963@mail.ru;

⁴Moscow Institute of Open Education, Moscow

The paper shows a method of automating the detection of unknown disposal sites space images of medium and high spatial resolution. The features of the method, a General block diagram of the algorithm of the method of automation, including geo-referenced satellite images, extracting metadata, creation and maintenance of databases of images and their plots, metadata, indexes underlying surface, detected objects, a comparative unit of processing results with the standard and obtaining maps of unknown objects. Presents input and output data of the method. The algorithms are demonstrated on the example of two areas: the middle East suburbs, including fragments of the urban district Railway, Lyubertsy and technology areas (with the use of medium resolution imagery); the solid waste landfill Kuchino included in this area (using high-resolution images).

Keywords: automation of processing, image processing, detection, mask, illegal dumps, landfills, waste disposal facilities, the indices underlying surface

Использование методов и средств аэрокосмического мониторинга, ГИС-технологий, дискретных ортогональных преобразований становится все более популярным в различных отраслях науки и техники [1–3]. Объекты захоронения отходов (ОЗО) относятся к объектам высокой степени негативного природного и антропогенного воздействия. Если данные объекты расположены на экологически уязвимой территории, то степень их опасности возрастает на порядок. Например, Арктика является наиболее экологически уязвимой территорией в РФ, т.к. на биологический

слой Земли одновременно оказывается высокая степень негативного природного и антропогенного воздействия. В частности, растительный покров, будучи чувствительным к климатическим условиям, имеет низкую плотность, и данная ситуация усугубляется ростом импактных территорий добычи полезных ископаемых, и, как следствие образованием многочисленных ОЗО. Особенно опасны такие характеристики поражающих факторов воздействий, как интенсивность и продолжительность, которые имеют критические значения в северных зонах РФ.

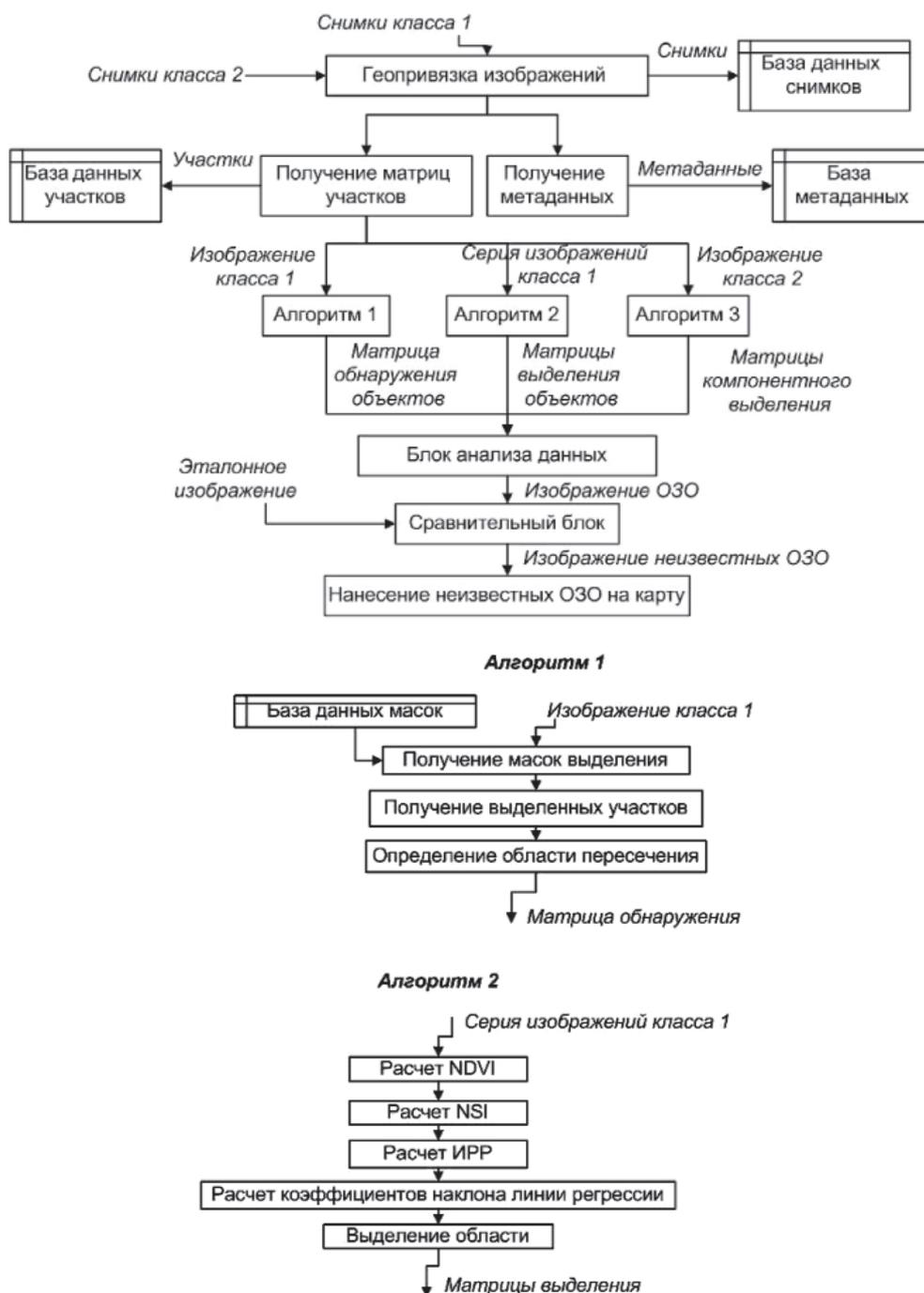


Рис. 1. Общая блок-схема алгоритма обнаружения неизвестных ОЗО

В связи с беспредельным ростом объектов и территорий загрязнения в РФ и, как следствие, ростом ОЗО возникает все большая потребность и необходимость автоматизации обнаружения и выделения этих источников заражения.

Постановка задачи

Предлагается метод автоматизации обработки космических изображений, позволяющий детектировать потенциально

опасные объекты и территории [1]. Данный метод автоматизации имеет следующие особенности:

1) попиксельный расчет индексов подстилающей поверхности (ИПП) и ранжирование участков поверхности земли в зависимости от диапазонов значений данных индексов;

2) геопривязка космических изображений для возможности получения временных серий областей наблюдения;

3) прямоугольная нарезка изображений на участки одинаковых размеров;

4) нормализация информации, получаемой на различных этапах алгоритма, в том числе при извлечении метаданных, в частности, разработка атрибутивных и географических баз данных.

В методе используется определение т.н. «масок» – матриц информационных признаков, рассчитываемых на базе проведения множественного регрессионного анализа. По маскам детектируются те или иные объекты на изображениях. Маски

различны не только для типов объектов, но и для регионов и момента времени съемки (времени суток и года). Вычисление очередной маски осуществляется по специальному алгоритму выделения областей пороговой фильтрацией. В качестве порогов принимаются рассчитываемые для данного типа объектов нижние и верхние пороговые функции. Данный алгоритм основан на выделении эталонной области месторасположения известного объекта, в частности ОЗО, в окрестности рассматриваемого региона.

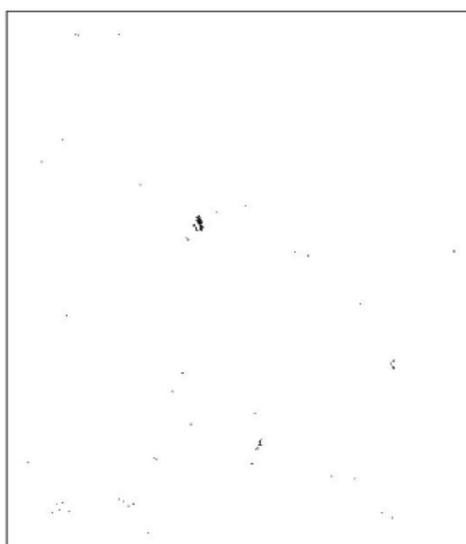


а



б

Рис. 2. Видимое изображение в программе Google Earth (а) и исходное изображение Landsat 5 (б), лето 2006 (участок ближневосточного Подмосковья)



а



б

Рис. 3. Результаты проведения алгоритма 1



Рис. 4. Результаты проведения алгоритма 2 на примере ОЗО № 1 (полигон ТБО Кучино ближневосточного Подмосковья)

Данный метод автоматизации позволяет:

1) получать различные ИПП на заданной территории в заданный момент времени, например индексы реакции растительности и степени деградации почвы [5, 7];

2) разрабатывать карты ИПП с теми или иными значениями рангов областей на картах;

3) детектировать ОЗО и, предположительно, другие виды объектов проведения соответствующих теоретических экспериментов над ними в программе по автоматизации.

Описание алгоритма

Блок-схема алгоритма метода автоматизации обнаружения и выделения ОЗО показана на рис. 1: исходные изображения (снимки и участки снимков) – мультиспектральные космические снимки среднего (класса 1 – Landsat 4, 5 TM, Landsat 7, 8) и высокого разрешения (класса 2 – QuickBird, GeoEye, WorldView и т.д.) пространственного разрешения.

По изображениям класса 1 обнаруживаются и выделяются ОЗО размера, кратного разрешению, с некоторой ошибкой обнаружения (выделения). По изображениям класса 2 проверяется, является ли обнаруженный объект ОЗО; уточняется его месторасположение, обнаруживаются и выделяются более мелкие ОЗО, не об-

наруживаемые по изображениям класса 1. В случае обнаружения определенного ОЗО, координируя участок, можно провести оценку его параметров как по данным изображениям, так и по гиперспектральным изображениям, позволяющим уточнить параметры и предположительно определить другие, недоступные для определения по классам 1 параметры. На входе алгоритма обнаружения 1 – изображение класса 1 (исходный мультиспектральный снимок или участок). В базе данных масок хранятся маски, характерные для различных периодов времени года, каналов и регионов. Если существует маска для региона и периода времени года, то ее расчет не требуется. В процессе мониторинга нового региона вычисляется очередная маска для него в разные периоды времени года и вводится в базу данных масок. Алгоритм выделения 2 проводится для временной серии изображений класса 2 в соответствии с методом, описанным в [4, 6]. Блок-схема алгоритма 3 аналогична блок-схеме алгоритма 1, но на входе последнего – изображения высокого разрешения. В пополняемой базе данных масок содержатся маски по регионам, периодам времени года, типам изображений и компонентам. Основные шаги алгоритма:

- 1) геопривязка и нарезание;
- 2) проведение алгоритмов 1–3;
- 3) анализ данных;
- 4) нанесение неизвестных ОЗО на карту.

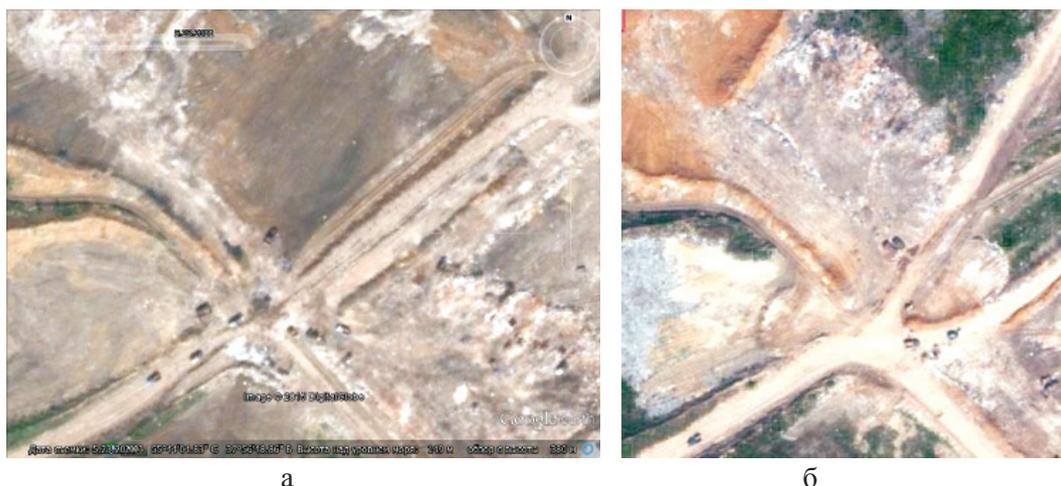


Рис. 5. Видимое изображение в программе Google Earth (а) и исходное изображение GeoEye (б), лето 2010 (участок полигона ТБО Кучино ближневосточного Подмосковья)

Результаты работы алгоритма на примере обнаружения и выделения ОЗО

В качестве области наблюдения рассмотрим участок ближневосточного Подмосковья (рис. 2 а). Исходное космическое изображение типа Landsat 5 TM, покрывающее данную область, показано на рис. 2 б. По результатам проведения алгоритма 1 по маскам обнаружения ОЗО получена матрица обнаружения (а) и карта месторасположения ОЗО (б) – рис. 3. Всего – 46 обнаруженных ОЗО.

Проведением алгоритма 2 получают области выделения ОЗО в различные моменты времени. Фрагмент такой временной серии показан для одного из потенциально обнаруженных ОЗО – полигона ТБО Кучино (рис. 4).

По результатам проведения алгоритма 2 для каждого обнаруженного ОЗО все объ-

екты матрицы выделения (по алгоритму 2) отображаются на матрице обнаружения, т.е. идентифицируются как ОЗО.

На примере обнаруженного ОЗО в соответствии с алгоритмом 3 по фрагменту его территории (рис. 5 б) уточняется его структура по маскам выделения ОЗО (рис. 6).

В соответствии с эталонным изображением на данной территории расположены следующие официальные полигоны ТБО:

- 1) действующий полигон ТБО Кучино;
- 2) действующий полигон ТБО Саввино;
- 3) действующий полигон ТБО Торбеево;
- 4) рекультивируемый полигон ТБО Лисьи Горы;
- 5) действующий полигон ТБО Некрасовка;
- 6) закрытый полигон ТБО Балластный карьер;
- 7) закрытый полигон ТБО Машково.

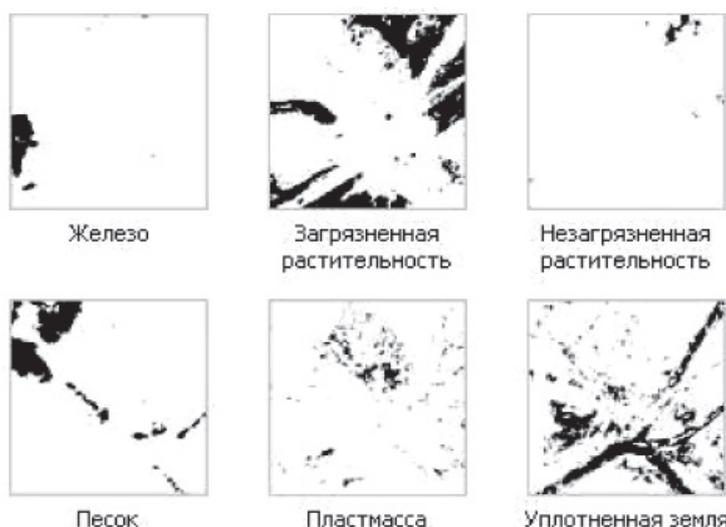


Рис. 6. Результаты проведения алгоритма 3 на примере участка полигона ТБО Кучино ближневосточного Подмосковья

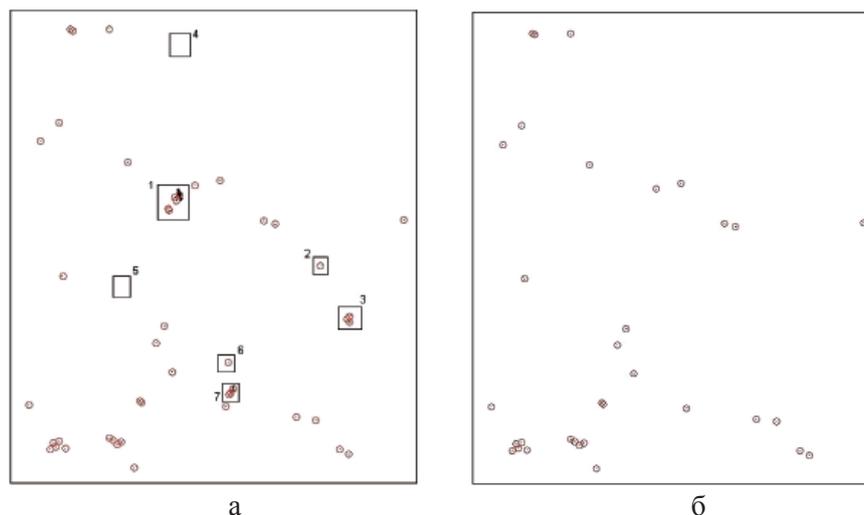


Рис. 7. Наложение эталонного изображения на изображение ОЗО (а) и выделение неизвестных ОЗО (б)

Как видно из рисунка наложения эталонных месторасположений официальных полигонов ТБО (рис. 7, а), по алгоритмам 1 и 2 не обнаружены полигоны ТБО 4 и 5. Данные полигоны можно легко обнаружить и выделить: изменив параметры обработки или дополнив процедуру алгоритмом 3. В первом случае можно, например, усилить видимость свалок расширением нижней и верхней пороговых функций. Во втором случае можно обработать не фрагменты уже обнаруженных свалок по алгоритмам 1 и 2, а всю территорию вновь, но уже с многократно лучшим разрешением (лучшей видимостью).

Вычитая из изображения ОЗО эталонное изображение, получим карту неизвестных ОЗО (рис. 7б).

Выводы

По результатам обнаружения и выделения известных и неизвестных объектов захоронения отходов получены различные параметры ОЗО Московского региона в пространстве-времени. Посредством обработки большого количества космических снимков разработана база данных различных масок не только для ОЗО, но и для других природных и антропогенных объектов. Метод автоматизации показал свою эффективность в автоматическом обнаружении несанкционированных свалок с использованием минимального количества информации.

Список литературы

1. Казарян М.Л. Об устойчивости задачи модифицированной винеровской фильтрации // Телекоммуникации. – 2009. – № 5. – С. 2–9.
2. Казарян М.Л. Оптимальное зонное кодирование цифровых Липшицевых сигналов посредством класса систем модифицированных преобразований Хаара // Телекоммуникации. – 2011. – № 1. – С. 2–10.
3. Казарян М.Л. Исследование вейвлет – преобразований Хаара на корректность в контексте задачи космического мониторинга Земли // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2013. – № 6 (178). – С. 14–17.
4. Рихтер А.А., Шахрамьян М.А., Казарян М.Л., Мурнин А.Б. Оценка геометрических параметров областей замусоривания по мультиспектральным космическим изо-

бражениям // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2013. – С. 2866–2870.

5. Рихтер А.А., Шахрамьян М.А., Казарян М.Л., Мурнин А.Б. Разработка метода оценки степени деградации почвы на основе данных долгосрочных наблюдений // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–14. – С. 3095–3099.

6. Шахрамьян М.А., Рихтер А.А. Методы и технологии космического мониторинга объектов захоронения отходов в интересах обеспечения экологической безопасности территории: учебно-методическое пособие. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2013. – 241 с.

7. Murynin A, Rihter A, Ignatiev V. «Detection of the soil degradation areas on multispectral images by measuring the response of vegetation to salinity // Распознавание образов и анализ изображений: Новые информационные технологии: материалы 11 международной конференции. – Самара: 2013.

References

1. Kazaryan M.L. Ob ustojchivosti zadachi modifitsirovannoj vinerovskoj filtratsii // Telekommunikatsii. 2009. no. 5. pp. 2–9.
2. Kazaryan M. L. Optimalnoe zonnnoe kodirovanie tsifrovyykh Lipshitsevykh signalov posredstvom klassa sistem modifitsirovannykh preobrazovaniy Khaara // Telekommunikatsii. 2011. no. 1. pp. 2–10.
3. Kazaryan M.L. Issledovanie veyvlet preobrazovaniy Khaara na korrektnost v kontekste zadachi kosmicheskogo monitoringa Zemli // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvennyye nauki. 2013. no. 6 (178). pp. 14–17.
4. Rikhter A.A., SHakhramanyan M.A., Kazaryan M. L., Murynin A.B. Otsenka geometricheskikh parametrov oblastej zamusorivaniya po multispektralnym kosmicheskim izobrazheniyam // Fundamentalnye issledovaniya. 2015. no. 2013. pp. 2866–2870.
5. Rikhter A.A., SHakhramanyan M.A., Kazaryan M. L., Murynin A.B. Razrabotka metoda otsenki stepeni degradatsii pochvy na osnove dannykh dolgosrochnykh nablyudenij // Fundamentalnye issledovaniya. 2015. no. 2–14. pp. 3095–3099.
6. SHakhramanyan M.A., Rikhter A.A. Metody i tekhnologii kosmicheskogo monitoringa ob'ektov zakhoroneniya otkhodov v interesakh obespecheniya ehkologicheskoy bezopasnosti territorii: Uchebno-metodicheskoe posobie. M.: Izdatelskij tsentr RGU nefi i gaza imeni I.M. Gubkina, 2013. 241 p.
7. Murynin A, Rihter A, Ignatiev V. «Detection of the soil degradation areas on multispectral images by measuring the response of vegetation to salinity. // Raspoznavanie obrazov i analiz izobrazhenij: Novye informatsionnye tekhnologii: materialy 11 mezhdunarodnoj konferentsii Samara: 2013.

Рецензенты:

Заалишвили В.Б., д.ф.-м.н., профессор, директор ФГБУН «Центр геофизических исследований», г. Владикавказ;

Марчук В.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Радиоэлектронные системы», ИСОиП (филиал) ДГТУ, г. Владикавказ.