

- *Теоретический:*

- основные понятия и принципы радиолокационной съёмки (длины волн, поляризации, геометрия съёмки, режимы работы космических радиолокаторов с синтезированной апертурой и др.);
- свойства объектов, влияющие на формирование радиолокационных изображений (диэлектрические свойства и шероховатость, механизмы рассеяния радиоволн);
- особенности радиолокационных изображений (спекл-шум, яркостные и геометрические искажения, обусловленные рельефом местности) и примеры снимков, полученных разными съёмочными системами при разных параметрах съёмки.

- *Практический:*

- основные этапы предварительной обработки данных;
- получение производных изображений, информативных с точки зрения решения различных географических задач, и их тематическая интерпретация (на примере экспериментов, часть которых рассмотрена выше).

В случае решения каждой задачи представлен исходный радиолокационный снимок с указанием основных параметров съёмки, основные этапы его преобразования и конечный результат, являющийся собственно материалом для дешифрирования. Для наиболее репрезентативных фрагментов изображений составлены схемы дешифрирования. Дано пояснение влияния физико-географических особенностей местности на характер рассеяния радиолокационного сигнала и формирование изображения. В качестве дополнительного материала для наглядного представления особенностей дешифрируемых объектов использованы снимки видимого диапазона и фотографии, полученные во время наземных обследований территории.

Авторы благодарят компанию "Совзонд" и Научный центр оперативного мониторинга Земли ОАО "Российские космические системы" за предоставленные данные и программное обеспечение. Работа выполнена в рамках Программы поддержки ведущих научных школ РФ (НШ-2248.2014.5).

Библиографический список

1. Бритти Ф., Джентиле В., Кантемиров Ю.И. и др. Новый продукт МТС, рассчитываемый по данным COSMO-SkyMed // Геоматика. 2012. №1, с. 46-51.
2. Даригапов Д.Д., Кирбижекова И.И., Ширеторов И.Д. и др. Обработка данных ALOS – PALSAR по Байкальской природной территории декомпозиционными методами // Журнал радиоэлектроники. 2010. № 10, с. 95-102.
3. Лабутина И.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков. Учебное пособие для студентов вузов. М: Аспект Пресс, 2004, 184 с.
4. Lee J.-S., Pottier E., Polarimetric Radar Imaging: From Basics to Applications. CRS Press, 2009, 440 p.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗНОВРЕМЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ В ТЕПЛОМ ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ВУЛКАНА МЕНДЕЛЕЕВА)

М.Ю. Грищенко¹, Р.Н. Сабиров²

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики
Москва, Россия, *m.gri@mail.ru*

² ИМГиГ ДВО РАН, лаборатория островных экологических проблем
Южно-Сахалинск, Россия, *renat@imgg.ru*

USING OF THE MULTITEMPORAL THERMAL INFRARED SATELLITE IMAGERY FOR NATURAL AREAS MAPPING (CASE OF MENDELEEV VOLCANO)

M.Y. Grishchenko¹, Sabirov²

¹ M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography,
Cartography and Geoinformatics Department
Moscow, Russia, *m.gri@mail.ru*

² Marine Geology and Geophysics Institute, Far East Branch of Russian Academy of Sciences,
Insular Environmental Problems Laboratory
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, *renat@imgg.ru*

Abstract. In the paper authors examine the mountain group of Mendeleev volcano situated on the Kunashir island, Kuril archipelago, Russia. Ground observations were led to examine the vegetation cover of the area as well as its typical landscapes. The other type of used data is Landsat imagery. Images were combined into multitemporal

thermal infrared and multispectral pictures, which were classified to reveal the heterogeneity of the study area. Ground observations and comparison of the classification results with landscape map derive that the multitemporal thermal infrared image classification result describes better the vegetation cover structure of the area and particularity of its typical landscapes distribution. It leads to the proposition that multitemporal thermal infrared imagery can be used to refine landscape and vegetation cover contours.

Введение.

Снимки в тепловом инфракрасном диапазоне (тепловые космические снимки) являются особым источником географической информации. Их отличие от данных дистанционного зондирования других типов состоит в том, что на них находят отображение явления, невидимые при обычных условиях, а именно, тепловое излучение объектов земной поверхности. Интенсивность теплового излучения не воспринимается человеческим зрением, однако, человек воспринимает её через температуру объектов.

Следует отметить, что на тепловых инфракрасных космических снимках находит отображение не собственно температура. Значения яркости от 0 до 255, которые принимают пиксели тепловых инфракрасных снимков, представляют собой так называемую яркостную температуру. Яркостная температура является величиной, производной от величины интенсивности теплового излучения, измеряемой в Вт/м² или в кал/(см²×мин). Между объектом земной поверхности и аппаратурой, регистрирующей его излучение, находится столб атмосферы, который также вносит вклад в значения интенсивности теплового излучения [Поляков и др., 2010].

В свою очередь, интенсивность теплового излучения объектов может быть выражена через такую физическую величину, как температура объектов. Однако следует помнить о том, что связь между интенсивностью теплового излучения и температурой не прямая, для извлечения значений температуры с тепловых инфракрасных снимков необходим специальный математический аппарат [Sobrino et al., 2004; Suga, 2003; Tan et al., 2010; Yang et al., 2004].

При визуальном анализе одиночных тепловых инфракрасных снимков некоторой территории можно заметить неоднородность её отображения. Некоторые объекты характеризуются повышенной яркостью (т.е. повышенной интенсивностью теплового излучения), другие – пониженной (т.е. пониженной интенсивностью теплового излучения). Интенсивность теплового излучения объектов земной поверхности полностью определяется их физическими и химическими свойствами, либо свойствами материалов, из которых они изготовлены (в случае антропогенных), а также особенностями биохимических процессов, которыми характеризуются объекты (в случае природных). Наиболее существенное влияние на интенсивность теплового излучения оказывают такие факторы, как: влажность поверхности; мощность растительного покрова; свойства грунтов; наличие объектов, сделанных из плотных материалов; собственное тепловое излучение антропогенных объектов; тепловое излучение Земли в местах проявлений активного вулканизма.

Зная характер и особенности формирования теплового излучения, мы можем выявлять различия между географическими объектами на основе свойств, определяющих поток теплового излучения. В свою очередь, эти свойства связаны с особенностями развития этих географических объектов, с их местом в геосистемах.

Таким образом, тепловые инфракрасные снимки содержат большой объём качественной информации о географических объектах. Несмотря на это, они в первую очередь используются для получения количественных характеристик - температуры объектов.

Интенсивность теплового излучения обладает очень высокой динамичностью. Суточный и сезонный виды динамики обладают к тому же и хорошо выраженной цикличностью. Отсюда вытекает важное предположение: использование в качестве исходных материалов для изучения некоторой территории тепловых инфракрасных снимков не за один временной срез, а за несколько, позволяет получить более информативную картину распределения интенсивности теплового излучения. Действительно, при высокой динамичности интенсивности теплового излучения, одиночный снимок представляет лишь одномоментный срез, и объём информации, который можно извлечь из него, оказывается весьма ограничен. Совместное использование снимков за несколько временных срезов позволяет его существенно увеличить.

Изменчивость интенсивности теплового излучения проявляется как в суточном и сезонном ходе, так и в многолетнем. Однако выраженной цикличностью характеризуются только суточный и сезонный ходы. Причём амплитуды интенсивности теплового излучения объектов земной поверхности в сезонном ходе существенно больше, чем в суточном. Следовательно, наиболее информативным является массив снимков, отражающий сезонную динамику интенсивности теплового излучения.

При использовании в качестве исходных материалов для изучения некоторой территории разновременных тепловых инфракрасных снимков каждой точке земной поверхности можно поставить в соответствие не одно значение яркости снимка, а массив значений, в котором количество значений определяется количеством исходных снимков [Грищенко, 2012]. Такой массив значений носит название временной образ (по аналогии со спектральным образом) [Книжников и др., 1991]. Временной образ может быть представлен как некоторый интегральный признак, в котором содержится информация об интенсивности теплового излучения объекта на разнотемпературных снимках. Несмотря на очевидную высокую информативность временного образа как дешифровочного признака объектов земной поверхности, до сих пор он не нашёл широкого применения при работе с тепловыми космическими снимками.

В нашей работе исследованы возможности использования разновременных тепловых инфракрасных снимков для картографирования природной территории. В качестве исследуемой территории выбран вулкан Менделеева на острове Кунашир Большой Курильской гряды. Данная территория характеризуется сочетанием большого количества географических объектов разного типа: темнохвойные и смешанные леса; редколесья с бамбучником; заросли кедрового стланика; сольфатарные поля, лишённые растительности; скалистые морские берега; селитебные территории; аэропорт.

Краткая географическая характеристика острова Кунашир и вулкана Менделеева.

Остров Кунашир является самым южным островом Большой Курильской гряды. Для острова характерен мягкий климат с ярко выраженным влиянием Тихого океана и Охотского моря. Зима мягкая, отрицательные среднемесячные температуры наблюдаются в декабре, январе, феврале, марте, самый холодный месяц – февраль, температура воздуха может опуститься до -15°C . Лето также мягкое, дождливое, самый тёплый месяц – август, температура поднимается до $20 - 25^{\circ}\text{C}$. Кунашир является одним из самых влажных мест на территории РФ, среднегодовое количество осадков в Южно-Курильске – 1251 мм. Распределение осадков по сезонам определяется муссонной циркуляцией, их минимум приходится на февраль, а максимум – на сентябрь. На острове часты туманы, особенно на тихоокеанском побережье, самые туманные месяцы – июнь и июль. Помимо атмосферной циркуляции, на климат острова оказывают существенное влияние морские течения: с запада остров Кунашир омывает тёплое течение Соя, с востока – холодное Ойасио. Для острова в основном характерен горный и холмистый (на юге) рельеф с высотами до 1800 м (средние высоты – 100–300 м), имеется 4 действующих вулкана: Тятя, Менделеева, Руруй, Головнина. Высшая точка – вулкан Тятя, 1819 м. Речная сеть Кунашира довольно густая, характерно дождевое, снеговое и подземное питание водотоков. Крупнейшие водотоки: р. Тятя, р. Лесная, р. Серебрянка, р. Птичья. Большинство рек и ручьёв имеют горный характер с большим падением. Весеннее половодье слабо выражено в связи с неравномерностью таяния снежного покрова во времени, по этой же причине слабо выражена и зимняя межень, снег может активно таять в течение оттепелей. Характерны паводки в конце лета и осенью, вызванные пиком атмосферных осадков. Озёра острова очень разнообразны по своему происхождению: кальдерные (Горячее), кратерные (Кипящее), сольфатарные (небольшие озёра вулкана Менделеева), озёра песчаных кос (Весловское) лагунные (Лагунное, Песчаное, Круглое), связанные с аккумулятивной деятельностью моря и рек (Валентины, Ильинское) [Корсунская, 1958]. Среди почв выделяют: дерновые слабоподзолистые, почвы дерново-лугового типа, дерновые почвы горных склонов, высокогорные дерновые, горнотундровые, дерново-луговые торфянистые, торфянисто-глеевые заболоченные [Корсунская, 1958]. Для растительного покрова острова характерны такие сообщества, как елово-пихтовые леса из ели аянской и пихты сахалинской; еловые леса из ели Глена; широколиственные леса, образованные различными видами клёнов и дубов (на охотоморском побережье); бамбучники с редколесьями, образованные сазой курильской; ольховники с высокотравьем (по долинам рек); заросли кедрового стланика (обычно на верхних высотных уровнях); каменноберёзовые леса (также более характерны для верхних уровней рельефа) [Ганзей, 2010]. На острове расположены 7 населённых пунктов – центр Южно-Курильского района Сахалинской области пос. Южно-Курильск, пос. Лагунное, пос. Горячий Пляж, пос. Менделеево, с. Головнино, с. Дубовое, с. Отрада. Часть острова занимает Курильский заповедник (Тягинский и Алёхинский участки). Имеется аэропорт (в пос. Менделеево), морской порт (в Южно-Курильске).

Вулкан Менделеева расположен в центральной части острова Кунашир и формирует чётко выраженный низкогорный массив, его высочайшие вершины – г. Менделеева, 887 м, и г. Мечникова, 798 м. Этот стратовулкан прошел длительную и очень сложную историю развития, о чем свидетельствуют три последовательно сформировавшихся вулканических конуса, впоследствии разрушенных в результате эксплозивных извержений с образованием кальдерно-кратерных депрессий размером 6×9 , $3\times 3,5$ и 1×1 км. Гребень первой кальдеры сохранился в северо-западной части массива. Вторая, более поздняя, сомма диаметром 3 км эксцентрична по отношению к первой и смещена к югу. После образования последней кальдерно-кратерной депрессии в разрушенном кратере центрального конуса в северной части массива около 2500 лет назад начался рост андезидацитового экструзивного купола, вершина которого в настоящее время достигает 887 м. Диаметр вулканического конуса составляет 3 км, а кратера – 1 км. Следующим этапом в развитии вулкана стало образование воронок взрыва по кольцевым разломам на периферии экструзивного купола, в результате чего на склонах вулкана сформировались действующие фумарольные поля с выходами газов и термальных вод с температурой $90-100^{\circ}\text{C}$ [Козлов и др., 2012]. С запада массив вулкана Менделеева окаймляется серией морских террас, характеризующихся выровненными поверхностями и перекрытыми продуктами извержений. Из них наибольшие размеры имеет высокая (150 – 250 м над ур. м.) терраса, останцы которой образуют водоразделы ручьев охотоморского побережья [Курильские..., 2004].

Поскольку для вулкана и его окрестностей характерен горный рельеф, здесь слабо выражена заболочиваемость. Однако с горных склонов стекает целый ряд мелких ручьев, порой высыхающих в летнюю межень, а также несколько речек. Наиболее крупными водотоками территории являются река Лесная и ручей Кислый. Последний служит довольно крупным притоком реки Лесной. Весеннее половодье

здесь начинается в апреле и заканчивается в мае. В летне-осенний период наблюдается частые дождевые паводки. Зимняя межень в водотоках прерывается паводками во время дождей, идущих при оттепелях.

Структура растительного покрова изучаемой территории, при кажущейся на первый взгляд его однородности, довольно разнообразна и пестра. Это обусловлено, кроме природно-климатических особенностей, проявлениями здесь активного вулканизма, горным рельефом, развитием довольно густой гидрологической сети и пр. Благодаря горному рельефу территории здесь довольно четко проявляется высотная дифференциация растительности, что еще больше усложняет структуру растительного покрова.

На рассматриваемой территории, с различной степенью выраженности и представленности, можно выделить следующие основные растительные формации и группировки: темнохвойные леса; хвойно-широколиственные леса; каменноберёзовая формация; долинные (пойменные) леса; заросли кедрового стланика; высокогорная растительность; бамбучники.

Для низкогорного массива вулкана Менделеева под ельниками и зарослями курильского бамбучника с участием кедрового стланика характерна прерывистость почвенных процессов, обусловленная поступлением вулканокластического материала при извержениях. При этом рельеф накладывает своеобразный отпечаток на морфологию почв. Для этих почв характерны слабо выраженная структура и высокая пористость. Содержание гумуса в них довольно высокое. Наиболее сильно процесс аккумуляции гумуса выражен в черных перегнойно-гумусовых почвах. Здесь формируются почвы, наиболее близкие как по химическому составу, так и по морфологии, к гумусово-аллофановым почвам Японии, но отличаются от них фульватным составом гумуса [Гладкова и др., 1988]. Под кедровым стлаником здесь распространены торфянисто-перегнойные слабоиллювиально-гумусовые почвы, под темнохвойными лесами – гумусоаккумулятивные на элювии пемз, под хвойно-широколиственными лесами – буроземно-охристые, на морских дюнах – подзолистые песчаные почвы [Ивлев и др., 1987].

Большую часть горного массива вулкана Менделеева занимает памятник природы регионального значения Вулкан Менделеева, который является самым крупным из 4 региональных ООПТ, функционирующих на острове Кунашир. Площадь его составляет около 3000 га.

В 300 - 500 м от северной и северо-западной границ памятника природы проложена автомобильная дорога, соединяющая Южно-Курильск с расположенным у подножья вулкана аэропортом Менделеево, и продолжающаяся далее на юг, до сёл Дубовое и Головинно. У северо-восточного подножья вулкана на берегу океана расположен пос. Горячий Пляж, недалеко от него - Менделеевская геотермальная электростанция, близ аэропорта - небольшой пос. Менделеево. В пос. Горячий Пляж функционируют обустроенные лечебные горячие источники. В эпоху японского освоения острова фумаролы вулкана использовались для добычи серы.

Материалы и методика.

В качестве исходных материалов в данной работе использовались материалы двух типов: космические снимки и данные полевых обследований. Космические снимки, использованные в данной работе, это снимки систем ЕТМ+ (24 ноября 1999, 31 марта 2000, 26 сентября 2001, 1 февраля 2002, 6 апреля 2002, 11 мая 2003) и ТМ (9 июня 1999, 13 сентября 1999). Система ЕТМ+ получает снимки в 8 диапазонах видимой, ближней ИК, средней ИК и тепловой ИК зон спектра, а именно: 0,45-0,515 мкм, 0,525-0,605 мкм, 0,63-0,69 мкм, 0,75-0,90 мкм, 1,55-1,75 мкм, 10,4-12,5 мкм, 2,09-2,35 мкм и 0,52-0,9 мкм. Пространственное разрешение снимков в панхроматическом диапазоне (0,52-0,9 мкм) – 15 м, в тепловом инфракрасном (10,4-12,5 мкм) – 60 м, в остальных – 30 м. Система ТМ, ныне не работающая, получала снимки в 7 диапазонах спектра (те же, что и ЕТМ+, но без панхроматического), пространственное разрешение составляет в тепловом инфракрасном диапазоне - 120 м, в остальных - 60 м. Из перечисленных снимков была выделена территория вулкана Менделеева и окружающей местности размером 13 × 13 км. Затем тепловые инфракрасные снимки всех перечисленных сцен, кроме сцены за 26 сентября 2001 года, были собраны в единый многовременной (по аналогии с многозональным) снимок. Снимок за 26 сентября 2001 года был обработан следующим образом: снимки во всех каналах, кроме панхроматического, собраны в многозональный файл. Выбор этой даты для составления многозонального снимка объясняется тем, что на время, в которое получен этот снимок, приходится активная часть вегетационного периода на Южных Курилах.

Таким образом был получен многовременной снимок, состоящий из 8 разносезонных тепловых инфракрасных снимков, и многозональный снимок, состоящий из 7 изображений в различных диапазонах спектра за одну дату.

Перед полевыми работами проведена кластеризация полученных многовременного и многозонального снимков по стандартному методу ISODATA.

Полевые работы на территории вулкана Менделеева проводились с 23 июля по 22 августа 2013 года в рамках проекта по уточнению и обоснованию границ памятника природы Вулкан Менделеева. Во время полевых исследований были выполнены работы по изучению растительного покрова территории памятника природы. Сбор и обработка фактического материала по оценке современного состояния растительности проводились по общепринятым методикам. В частности, фитоценотическая оценка различных растительных формаций памятника природы дана по известным и широко используемым методикам [Сукачев и др., 1961; Шенников, 1964; Работнов, 1978]. Для характеристики древостоев лесных сообществ и при закладке пробных площадей в них применялись лесоводственно-таксационные методы [Анучин, 1977; Мелехов,

1980], а при камеральной обработке - региональные нормативно-справочные материалы [Ефимов, 1955; Агеенко, 1960]. Принципы дендрохронологии были использованы для определения возраста деревьев и древостоев [Шиятов, 1973]. Разумеется, в каждом конкретном случае, в зависимости от характера строения фитоценозов и особенностей природных условий, были привлечены новейшие разработки, дополнения, уточнения по методическим вопросам. В результате этого полевыми исследованиями были охвачены практически все основные горные вершины, природные комплексы, растительные сообщества рассматриваемой ООПТ.

Материалы полевых работ были представлены, в частности, в виде точек с координатами и описаниями фитоценозов. Полученные данные сопоставлены с результатами кластеризации снимков.

Результаты и их обсуждение.

Оба снимка, и многовременной, и многозональный, были кластеризованы на 10 кластеров. В результате кластеризации многозонального снимка системы ЕТМ+ было получено весьма мозаичное распределение кластеров, в связи с чем им сложно поставить в соответствие определённые природно-территориальные комплексы (рис. 1). В результате кластеризации многовременного теплового космического снимка распределение кластеров существенно более равномерное, выделяется некоторое подобие высотных поясов горного массива (рис. 2). При сопоставлении результатов кластеризации многовременного снимка с данными полевых обследований удаётся сопоставить выделенные кластеры с некоторыми природно-территориальными комплексами, характерными для вулкана Менделеева и его окрестностей. Так, можно выделить леса (преимущественно хвойные, преимущественно лиственные, темнохвойные); разреженные леса с бамбучником; природные комплексы привершинной части горного массива: каменноберёзовые леса, кедровый стланик; комплексы приморских скал; молодая восстанавливающаяся древесно-кустарниковая растительность в местах интенсивного антропогенного воздействия или близ сольфатарных полей и горячих источников; антропогенные ландшафты, связанные с селитебными территориями, дорогами, а также открытый грунт.

Интересно провести сопоставление результатов кластеризации многовременного теплового космического снимка и фрагмента карты из Атласа Курильских островов [Атлас..., 2009] (рис. 3). Можно заметить некоторую схожесть контуров на двух изображениях, хотя точность карты и снимка существенно различается. Например, можно провести соответствие между стланиковыми среднегорно-низкогорными, тундровыми среднегорными с кустарниковыми тундрами, лесными среднегорно-низкогорными ландшафтами с зарослями бамбука и кластером, обозначенном как "привершинный пояс (заросли кедрового стланика, бамбучник, каменноберёзовые леса)". Контур лесных низкогорных пологосклонных ландшафтов с пихтовыми лесами в значительной степени соответствует кластеру темнохвойных (еловых и пихтово-еловых) лесов, контурам лесных платообразных увалисто-холмистых возвышенностей с пихтово-широколиственными лесами и лесных низкогорных пологосклонных ландшафтов с каменноберёзовыми лесами соответствует кластеру разреженных лесов с бамбучником. Контур селитебных территорий в значительной степени соответствуют кластерам, обозначенные как "антропогенный ландшафт и открытый грунт" и "антропогенный ландшафт".

При сопоставлении фрагмента ландшафтной карты с результатом кластеризации многозонального снимка соответствия кластеров и контуров на карте практически не обнаруживаются. Это позволяет сделать вывод о том, что результат кластеризации многовременного теплового космического снимка лучше передаёт пространственные неоднородности природно-территориальных комплексов данной территории.

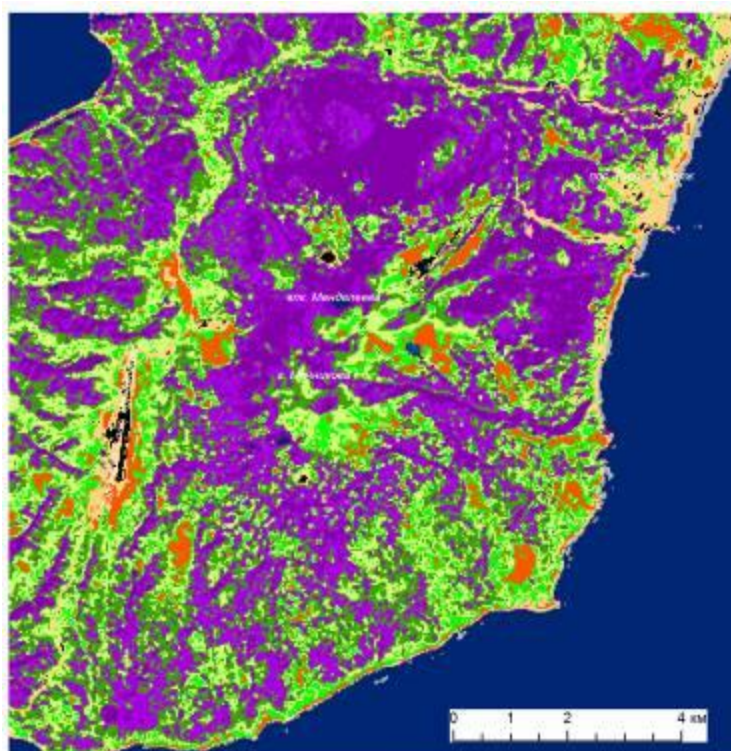


Рис. 1. Результат кластеризации многозонального снимка системы ETM+ за 26 сентября 2001 г. на территорию вулкана Менделеева и окрестностей.

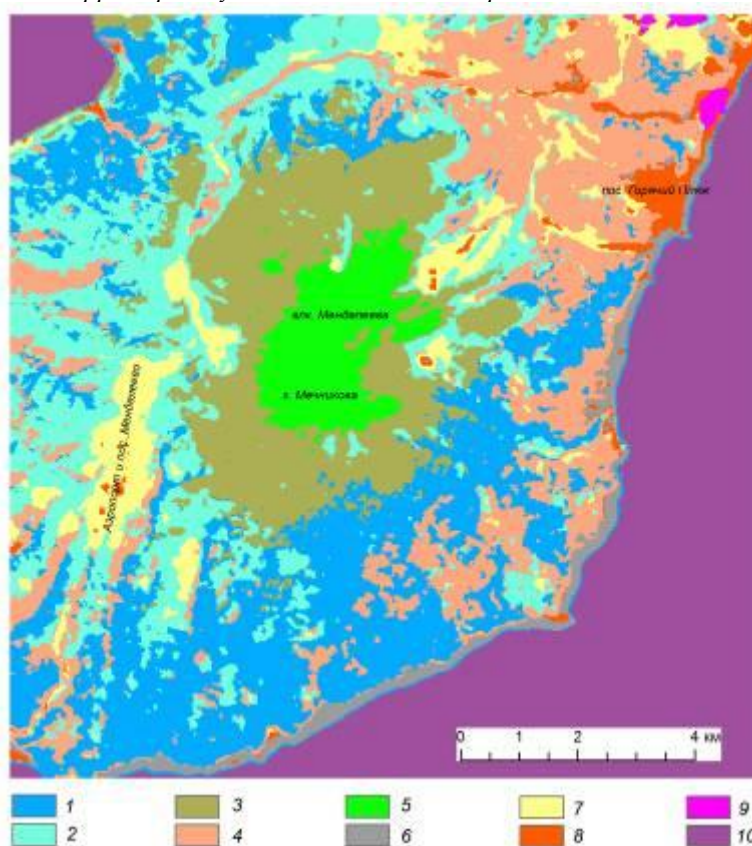


Рис. 2. Результат кластеризации многовременного снимка в тепловом инфракрасном диапазоне на территорию вулкана Менделеева и окрестностей. Выделенные кластеры: 1 - преимущественно хвойные леса; 2 - преимущественно лиственные леса; 3 - темнохвойные (еловые и пихтово-еловые) леса; 4 - разреженные леса с бамбучником; 5 - привершинный пояс (заросли кедрового стланика, бамбучник, каменноберёзовые леса); 6 - прибрежноморские природные комплексы; 7 – молодая древесно-кустарниковая растительность; 8 - антропогенный ландшафт и открытый грунт; 9 - антропогенный ландшафт; 10 - морская акватория.

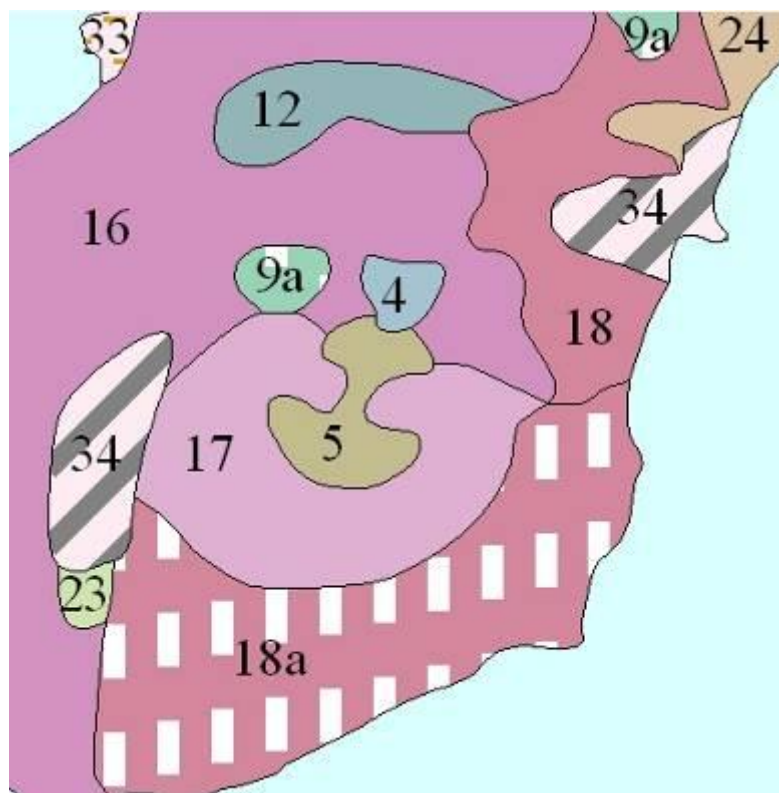


Рис. 3. Фрагмент ландшафтной карты на территорию вулкана Менделеева и окрестностей из Атласа Курильских островов [Атлас..., 2009]. Ландшафты: 4 - Тундровые. Среднегорные с кустарниковыми тундрами. 5 - Стланиковые. Среднегорно-низкогорные. 9а - Лесные. Среднегорно-низкогорные с зарослями бамбука. 12. Лесные. Низкогорные пологосклонные с каменноберёзовыми лесами. 16 - Лесные. Низкогорные крутосклонные. 17 - Лесные. Низкогорные пологосклонные с пихтовыми лесами. 18 - Лесные. Платообразных увалисто-холмистых возвышенностей с пихтово-широколиственными лесами. 18а - Лесные. Платообразных увалисто-холмистых возвышенностей с пихтово-широколиственными лесами и бамбучником. 23 - Луговые. Платообразных возвышенностей с разнотравными лугами. 24 - Лугово-кустарниковые. Террасы морские с можжевельниково-крупнотравными лугами. 33 - Прибрежные скалы, осыпи с фрагментарной растительностью. 34 - Селитебные территории.

Заключение.

В данной работе демонстрируются преимущества использования многовременных тепловых космических снимков перед многозональными при изучении растительного покрова и природно-территориальных комплексов низкогорной территории. Сопоставление результатов кластеризации многовременного теплового и многозонального космических снимков с данными полевых обследований и ландшафтной картой даёт основания предположить, что многовременные тепловые космические снимки содержат больший объём качественной информации о территории, по сравнению с многозональными. Таким образом, одним из направлений использования многовременных тепловых космических снимков может быть уточнение контуров природно-территориальных комплексов и растительного покрова.

Исследование выполнено в рамках проектов, поддержанных грантами РФФИ 13-05-00904 и 13-05-12047.

Список литературы.

1. Агеенко А.С. Справочник для таксации хвойных лесов Сахалина. Долинск, 1960. 268 с.
2. Атлас Курильских островов / Российская академия наук. Институт географии РАН. Тихоокеанский институт географии ДВО РАН; Редкол.: Котляков В.М. (председатель), Бакланов П.Я., Комедчиков Н.Н. (гл. ред.) и др.; Отв. ред.-картограф Фёдорова Е.Я. — М.; Владивосток: ИПЦ «ДИК», 2009. — 516 с.
3. Анушин Н.П. Лесная таксация. М.: Лесная пром-сть, 1977. 512 с.
4. Ганзей К.С. Ландшафты и физико-географическое районирование Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2010. — 214 с.
5. Гладкова Г.А., Бутовец Г.Н. Лесные вулканические почвы острова Кунашир // Почвоведение, 1988, № 2, с. 54-67.
6. Грищенко М.Ю. Применение тепловых снимков системы ЕТМ+ для изучения теплового острова Москвы // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, том 9, № 4, с. 95-101.
7. Ефимов Н.В. Справочник таксатора. Хабаровск, Леспроект, 1955. 133 с.
8. Ивлев А.М., Таргульян В.О., Куликов А.В. Почвы острова Кунашир // Почвенный покров Дальнего Востока. Владивосток: ДВГУ, 1987, с. 30-49.

9. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений. М., Изд-во Моск. Ун-та, 1991. – 206 с.
10. Козлов Д.Н., Жарков Р.В. Тепловизионная съемка активных вулканов Курильских островов в 2009-2011 гг. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, №1, Выпуск №19, 2012, с. 231 - 239.
11. Корсунская Г.В. Курильская островная дуга (физико-географический очерк). М.: Географгиз, 1958. 224 с.
12. Курильские острова (природа, геология, землетрясения, вулканы, история, экономика). Южно-Сахалинск: Сахалинск. кн. изд-во, 2004. 228 с.
13. Мелехов И.С. Лесоведение. М.: Лесная пром-сть, 1980. 408 с.
14. Поляков А.В., Тимофеев Ю.М., Успенский А.Б. Возможности определения температуры и излучательной способности поверхности суши по данным спутниковых ИК-зондировщиков высокого спектрального разрешения (ИКФС-2) // Исследование Земли из космоса, 2010, № 4, с. 85 – 90.
15. Работнов Т.А. Фитоценология. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1978. 384 с.
16. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
17. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.
18. Шиятов С.Г. Дендрохронология, её принципы и методы // Зап. Свердловск. отд-ния ВБО, 1973, вып. 6. С. 53 - 81.
19. Sobrino J.A., Jimenez-Munoz J.C., Paolini L. Land surface temperature retrieval from Landsat-5/TM // Remote Sensing of Environment, 2004, №90, p. 434 – 440.
20. Suga Y., Ogawa H., Ohno K., Yamada K. Detection of surface temperature from Landsat-7/ETM+ // Advances in Space Research, 2003, Vol. 32, №11, p. 2235 - 2240.
21. Tan K.C., Lim H.S., MatJafri M.Z., Abdullah K. Landsat data to evaluate urban expansion and determine land use/land cover changes in Penang Island, Malaysia // Environmental Earth Sciences, 2010, №60, p. 1509–1521.
22. Yang J.S., Wang Y.Q., August P.V. Estimation of Land Surface Temperature Using Spatial Interpolation and Satellite-Derived Surface Emissivity // Journal of Environmental Informatics, 2004, №4(1), p. 37 – 44.

ДИНАМИКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СТЕПНЫХ И ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РЕФОРМ: АНАЛИЗ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Н.М. Дронин, Н.О. Тельнова, Н.Н. Калущкова
Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Москва, Россия

ndronin@gmail.com, natalia.telnova@gmail.com, kalutskova@gmail.com

BIOPRODUCTIVITY DYNAMICS OF EAST EUROPEAN STEPPES AND FOREST-STEPPE UNDER CLIMATE CHANGES AND AGRICULTURAL REFORMS: REMOTE SENSING DATA ANALYSIS

N.M.Dronin, N.O.Telnova, N.N.Kalutskova
Faculty of Geography, Moscow State University, Russia

Abstract. The combined influence of regional climate change in East European steppe biome and changing priorities of agricultural policy on the biological productivity of agrolandscapes is considered for the three decades (1980-s, 1990-s and 2000-s). Sum annual NDVI derived from remote sensing data of low and medium resolution is used as a reliable indicator of biological productivity of the semiarid landscapes. Spatial analysis of decadal trends are discussed for the different zonal landscapes of region in study with a special attention to the ongoing climate change, agricultural reforms and grain production dynamics.

Введение. Южная часть Восточной Европы, расположенная преимущественно в пределах степной и лесостепной ландшафтных зон, является основным зернопроизводящим регионом Европы и характеризуется интенсивной сельскохозяйственной деятельностью. Погодные условия сельскохозяйственного производства в степи и лесостепи отличаются неустойчивостью, в основном, обусловленной значительными межгодовыми и внутригодовыми колебаниями количества осадков. Основными факторами динамики продуктивности ландшафтов степной и лесостепной зон, в частности, преобладающих здесь агроландшафтов, выступают изменения в структуре использования земель и изменения погодных условий. За последние три десятилетия во всех государствах на территории бывшего