ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРТЫ ТЕПЛОВОЙ СТРУКТУРЫ ТЕРРИТОРИИ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА (НА ПРИМЕРЕ АЛТАЧЕЙСКОГО ЗАКАЗНИКА)

Абрамова Л.А.[1], Анисимов Ю.А.[2], Грищенко М.Ю.[3], Соколов Л.С.[3]
[1] Московская гимназия на Юго-Западе №1543
Москва, Россия
[2] ФГБУ Государственный природный биосферный заповедник Байкальский, научный отдел
Республика Бурятия, Кабанский район, пос. Танхой, Россия
[3] МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики
Москва, Россия, m.gri@mail.ru

USING OF THERMAL STRUCTURE MAPS FOR VEGETATION MAPPING (CASE OF ALTACHEYSKY WILDLIFE AREA)

Abramova L.A.[1], Anisimov Y.A.[2], Grishchenko M.Y.[3], Sokolov L.S.[3]
[1] Moscow South-West High School No. 1543
Moscow, Russia
[2] State Natural Biosphere Reserve Baikalsky, Science Department
Buryatia Republic, Kabansky district, Tankhoy, Russia
[3] M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography,
Cartography and Geoinformatics Department
Moscow, Russia, m.gri@mail.ru

Abstract. Thermal infrared imagery contains considerable amount of qualitative information about ground objects and landscapes. In spite of it, this type of data is often used to derive quantitative information such as land or sea surface temperatures. This paper describes the examination of Altacheysky wildlife area situated in the southern part of Buryatia Republic, Mukhorshibirsky district based on Landsat imagery and ground observations. Ground observations were led to study the vegetation cover of the area. Landsat imagery were used to make multitemporal thermal infrared image combined of 7 ETM+ scenes and to make multispectral image combined of different zones of a OLI scene. Both images were classified. The multitemporal thermal infrared classification result was used to compose thermal structure map of the wildlife area. Comparison of the map, multispectral image classification result and ground observations data reveals that thermal structure map describes better the particularities of Altacheysky wildlife area vegetation cover.

Введение.

Космические снимки в тепловом инфракрасном диапазоне (тепловые инфракрасные снимки) содержат большой объём качественной информации о географических объектах и природных комплексах, особой информативностью отличаются разновременные ряды таких снимков [Балдина и др., 2013; Грищенко и др., 2012; Лабутина и др., 2012]. Несмотря на это, пока ещё этот тип материалов не слишком широко используется в географических исследованиях.

При использовании в качестве исходных материалов разновременных тепловых инфракрасных снимков каждой точке земной поверхности можно поставить в соответствие массив значений яркостей тепловых инфракрасных снимков. По аналогии со спектральным образом, данный массив носит название временной образ [Книжников и др., 1991]. Такой временной образ может быть использован как дешифровочный признак географических объектов и природных комплексов. Наиболее информативным представляется использование разносезонного ряда снимков.

Тепловое поле любой территории обладает некоторой гетерогенностью. Чем больше разнообразие природных комплексов территории, тем выше эта гетерогенность. В случае природных территорий неравномерность теплового поля территории в первую очередь определяется такими факторами, как: растительный покров (его мощность, видовой состав, степень повреждённости и угнетённости); характер грунтов (их влажность, плотность); антропогенное воздействие (гари, вырубки, сельскохозяйственная деятельность). Следовательно, при правильной обработке разносезонных тепловых инфракрасных снимков, может быть выявлено пространственно-временное распределение указанных факторов. В таком случае в основу классификации природных контуров кладутся различия в характере сезонной динамики интенсивности их теплового излучения. Для выявления такого распределения предложен метод выделения тепловой структуры территории. Под тепловой структурой в данном случае понимается обусловленное неравномерностью теплового поля сочетание участков местности, характеризующихся различными типами сезонной динамики интенсивности теплового излучения.

Поскольку растительный покров является одним из наиболее физиономичных географических объектов, находится в тесной связи с другими составляющими природных комплексов и часто является их индикатором, в данной работе анализируется связь растительного покрова территории и её тепловой

структуры, а также оценивается возможность использования карт тепловой структуры территории для картографирования растительного покрова.

В качестве исследуемой территории выбран Алтачейский заказник Байкальского природного биосферного заповедника, расположенный на северном макросклоне Заганского хребта в бассейне реки Хилок, в Мухоршибирском районе Республики Бурятия. Эта территория отличается сравнительно большим разнообразием природных комплексов от сухой полынной степи к горным берёзово-сосново-лиственничным лесам, кроме того, для неё характерно антропогенное воздействие, проявляющееся в рубке леса, выпасе скота и сенокосах, поэтому представляет интерес для изучения.

Краткая географическая характеристика Алтачейского заказника.

Алтачейский заказник находится в пределах Мухоршибирского района республики Бурятия, на Селенгинском нагорье. Его основная функция - охрана, восстановление и воспроизводство редких видов животных, а также защита среды их обитания.

Южная граница Алтачейского заказника проходит по гребню Заганского хребта. На западе территория ограничена рекой Хилок, на севере – рекой Сухарой, на востоке – долиной реки Гашей. Общая площадь заказника составляет, в соответствии с нормативными документами, 71 627 га (Приказ министерства сельского хозяйства РФ №593, 2002). Из них около 45 тыс. занимают лесные угодья, луга и пастбища – около 15 тыс. га, пашни – около 10 тыс.га. Остальное пространство занимают водные объекты (около тысячи гектар).

На территории заказника расположено четыре населенных пункта – Подлопатки, Усть-Алташа, Цолга и Балта. Колхозы используют земли заказника под сенокосы, пастбища и пашни. Также выделены небольшие участки леса под рубку древесины.

Заказник находится на территории Забайкальской природной области, а именно в Западном Забайкалье. Ландшафты Западного Забайкалья сформированы под воздействием горного рельефа и резко континентального восточносибирского климата, а также положением области на стыке южно-сибирских степей, светлохвойных горных лесов и южнотаежных сосняков.

Основа современного рельефа Западного Забайкалья сформировалась в эпоху байкальской и раннекаледонской складчатости. Западное Забайкалье относится к Яблоново-Становому антиклинорию. В основном, территория сложена гранитами и древними метаморфическими отложениями [Гвоздецкий и др., 1963].

Рельеф Западного Забайкалья сильно расчленен и в целом приподнят над уровнем моря. Горные хребты Западного Забайкалья имеют пологие склоны и достаточно низкие перевалы. Средняя крутизна склонов Заганского хребта, проходящего по территории заказника, составляет 8°. Между горными хребтами располагаются достаточно глубокие и широкие речные долины. Обычно хребты рассматриваются как пологие антиклинальные складки, а долины – как синклинальные. Их образование произошло в раннем мезозое, так как юрские отложения накапливались уже в образовавшихся межгорных понижениях [Гвоздецкий и др., 1963]. Полосчатая структура Западного Забайкалья связана с сейсмической активностью на территории. Если бы не происходило непрерывное обновление тектонических форм, интенсивное поднятие и опускание территории, сейчас рельеф был бы схожим с соседними Саянами и Алтаем – разнонаправленные горные хребты, сильно разветвленная речная сеть. Большую роль в формировании рельефа Западного Забайкалья сыграла эрозионная деятельность рек, однако положение крупных речных долин предопределено тектонической структурой территории.

На территории заказника амплитуда высот превышает 800 метров. Высшая точка заказника также является наивысшей точкой Заганского хребта – 1382 м, в верховьях р. Средний Сибильдуй. Низшая точка находится в месте впадения реки Сухары в Хилок – 540 м. Господствующее северо-восточное протяжение основных орографических линий Западного Забайкалья распространяется и на территорию заказника [Макунина, 1985]. По направлению с юга на север чередуются долина р. Хилок, Заганский хребет, долина р. Сухары, хребет Цаган-Дабан. Полосчатую структуру территории несколько нарушает р. Хилок, прорезавшая долину на север через Заганский хребет.

В Западном Забайкалье широко распространены формы рельефа, связанные с влажным климатом нижнечетвертичного времени. Тогда в межгорных котловинах располагались обширные озера, к которым реки выносили много обломочного материала. Затем климат стал более сухим и жарким, и многие реки и озера значительно сократились в размерах. Выносной материал подвергался выветриванию и сохранился до наших дней в виде останцов [Гвоздецкий и др., 1963].

При неполном задернении почвы корневой системой растений интенсивно развиваются эоловые процессы. В бассейне Хилка помимо древних песков есть активно наступающие на степь развеваемые пески.

Для Забайкалья характерен континентальный и резко континентальный климат умеренных широт. На юге Забайкалья резкая континентальность предопределила развитие степных ландшафтов. Большую часть года здесь преобладает антициклональный режим с радиационным выхолаживанием зимой и в ночное время летом. Это обуславливает малую облачность и является причиной температурных инверсий по высоте. По этой причине межгорные понижения оказываются особенно суровыми по температурному режиму. На территории заказника температура января может опускаться до -50°С. Максимальная температура достигается в июне – +38°С. Средняя температура июля – 19-22°С, января – -22 – -23°С. Лето

обычно засушливое в первой половине и влажное во второй. Продолжительность солнечного сияния составляет 2100-2300 часов в год.

Сумма годовых осадков 230-270мм. В горах это значение несколько выше. На зимний период приходится 15-30% осадков [Макунина, 1985]. Снег лежит около 200 дней. На Заганском хребте снег лежит дольше, но летом все снежники стаивают. Высота снежного покрова – 15-20 см, но в горах может достигать 40 см. По речным долинам развиты наледные процессы. Во влажные годы сумма осадков значительно увеличивается. Особенно влажность повышается при вторжении Дальневосточного муссона. Это случается раз в 30-40 лет и приносит ливни и наводнения на реках, сели в горах [Макунина, 1985].

На территории господствуют ветра северо-западного направления со скоростями 1-3 м/с. Весной иногда наблюдаются пыльные бури.

На территории заказника протекает пять относительно крупных рек. Самой крупной является Хилок, являющийся правым притоком реки Селенги (бассейн оз. Байкал). Длина Хилка – около 840 км, площадь бассейна – 38 500 км^2. Истоком Хилка является озеро Арахлей (932 м над уровнем моря). Река извилистая, имеет множество проток. В нижнем течении река судоходна, раньше использовалась для сплава леса [Ресурсы..., 1966].

Сухара – правый приток Хилка. Длина реки составляет 98 км, площадь бассейна – 4640 км^2. Так же, как и Хилок, извилистая и с многочисленными протоками. В особенно засушливые годы река пересыхает. Алташа – следующий выше по течению правый приток Хилка. Эта река достаточно длинная (около 37 км), но маловодная, в нижнем течении долина сухая большую часть года. Еще один правый приток Хилка – Сибильдуй. Он формируется из четырёх основных водотоков – Большого, Среднего и Малого Сибильдуя, реки Чёрная. Длина Сибильдуя с Большим Сибильдуем составляет около 23 км. Левый приток Сухары – Гашей. Его длина – около 27 км. В верхнем течении в него впадает река Грязнуха, имеющая, в свою очередь, приток - Алентуй. Близ с. Подлопатки в Хилок впадает ручей Каштак.

В центральной части заказника находятся два сравнительно крупных озера площадью, в зависимости от сезона, 100 - 200 тыс. м^2 каждое - Эхэ-Нур и Бугатэ-Нур. Окрестности озёр, особенно Бугатэ-Нур, представляют собой солончаки.

Реки замерзают в конце октября - начале ноября, а вскрываются - в конце апреля. При этом все реки, кроме Хилка и Сухары, промерзают до дна. Главную роль в питании рек играют дождевые воды, доля которых в стоке достигает 80—90% [Гвоздецкий, 1968]. Из-за малой мощности снежного покрова весеннее половодье выражено слабо или отсутствует. Наибольшие расходы воды связаны с дождями второй половины лета: на июль и август приходится 40—60% годового стока.

На территории больше всего распространены аллювиально-луговые и каштановые почвы, в основном, легкосуглинистые. Почвообразующими породами являются кислые гранитоиды, сиениты, гранито-гнейсы. Лесостепные перелески из сосны, лиственницы, березы и осины развиваются на темно-серых лесных или дерновых неоподзоленных почвах. Лиственничники занимают участки с щебнистыми дерновыми неоподзоленными или горно-таежными ожелезненными почвами [Гвоздецкий и др., 1963].

На территории заказника преобладают виды животных, свойственные восточно-сибирской тайге — росомаха, рысь, изюбрь, кабарга, косуля, соболь, колонок, белка. Из птиц типичны глухарь, рябчик, тетерев. Также в составе фауны присутствуют монгольские виды. В основном это мышевидные грызуны - даурская пищуха, даурский суслик, полевка Брандта. Из повсеместно распространенных видов здесь встречаются кабан, заяц-беляк, лисица, хорек, волк, барсук, сурок, серая куропатка [Гвоздецкий и др., 1963]. Лесные озера являются хорошим пристанищем для водоплавающих птиц во время весеннего и осеннего пролетов. Такие виды, как кряква, огарь, гоголь остаются на гнездование. Всего на озерах и в поймах Хилка и Сухары насчитывается 300-400 птиц.

Краткое описание растительного покрова Алтачейского заказника.

Растительность заказника достаточно разнообразна. Весь заказник можно условно разделить на две части – лесную и степную.

Леса представлены в основном светлохвойными породами – сосняками с рододендроном даурским, лиственичниками с брусникой и рододендроном даурским. В центральных и западных участках заказника сосновые леса в значительной степени остепненные. Кроме того, на территории заказника встречаются различные березовые и вязовые леса. По долинам рек преобладают березняки осоковые с большим участием кустарников, по склонам Заганского хребта поднимаются березняки с лиственницей с коротконожкой и схизахной. В местах выхода вечной мерзлоты встречаются заболоченные березовые леса осоковые с черникой и ерники. В нижнем течении рек и в поймах р. Хилок и р. Сухара начинают преобладать вяз, черемуха и различные виды ив. По долинам рек и ручьев нередки заросли кустарников, наибольшее участие в которых принимают различные виды ив, берез и спирей.

Луговые сообщества представлены лугами в долинах рек с преобладанием кровохлебки, василистника, ирисов и разнотравья. Вдоль ручьев и речек нередки осоково-злаковые луга. Вокруг озер Эхэ-Нур и Бугатэ-Нур располагаются осоково-камышовые луга и заросли тростника. В долине р. Сухара луга нередко имеют небольшую степень засоления.

Степные сообщества представлены типчаково-полынными, разнотравными, ковыльно-житняковыми и чиево-ирисовыми степями. Кроме того, большие территории заняты степями с караганой и лапчаткой бесстебельной. На склонах в долине реки Хилок располагаются участки каменистых степей с

преобладанием ковылей, полыней, нителистника и разнотравья. Нередки заросли кустарников – лоха, спиреи. Остепненные склоны встречаются и по долине р. Алташа и р. Сибильдуй. В средней части заказника степные участки перемежаются лесополосами, в составе которых доминируют тополь, сосна и вяз.

Скальная растительность встречается на остепненных склонах, где есть скальные выходы и в лесной части Заганского хребта. На скалах среди леса обычны многоножка виргинская и вудсия эльбская. На скалах рядом с остепненными участками преобладают селагинелла кровяно-красная, горноколосники, вудсия эльбская.

Антропогенная растительность занимает поля, залежи, обочины дорог и поселки, где чаще всего встречается крапива коноплевая, конопля, донник и различные злаки.

Исходные материалы и методика работы.

Исходными материалами для данной работы являлись две группы материалов: аэрокосмические и полевые. Кроме того, в работе использована топографическая основа на территорию заказника масштаба 1:100 000.

В качестве исходных аэрокосмических материалов были использованы снимки системы ETM+ за следующие даты: 10 октября 2001, 7 июня 2002, 25 июля 2002, 10 августа 2002, 14 ноября 2002, 17 января 2003, 6 марта 2003 и снимок системы OLI за 24 августа 2013 года. Система ETM+ 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. Были использованы только снимки в тепловом инфракрасном диапазоне. Система OLI получает снимки в 9 диапазонах видимой, ближней ИК, средней ИК зон спектра, а именно: 0,433-0,453 мкм; 0,450-0,515 мкм; 0,525-0,600 мкм; 0,630-0,680 мкм; 0,845-0,885 мкм; 1,360-1,390 мкм; 1,560-1,660 мкм; 2,100-2,300 мкм; 0,500-0,680 мкм. Пространственное разрешение снимков в панхроматическом диапазоне (0,500-0,680 мкм) - 15 м, в диапазоне 1,560-1,660 мкм - 60 м, в остальных - 30 м.

В качестве исходных полевых материалов использованы данные полевых обследований августа 2013 года, зафиксированные в 102 точках на территории заказника и в непосредственной близости от его границ с внешней стороны. Маршруты для сбора полевых данных выбирались с целью как можно более равномерно охватить территорию заказника, а также сосредоточить внимание на небольших по площади, но важных с точки зрения изучения растительного покрова, участках (рис. 1). Во время полевых работ составлялись описания растительности, в которых указывались: плоские координаты точки описания; высота точки; доминанты каждого из ярусов; сомкнутость каждого из ярусов; название сообщества; повреждённость, угнетённость, антропогенное воздействие на сообщество.

Обработка исходных космических снимков заключалась в следующем. Из снимков был выделен фрагмент, полностью включающий территорию Алтачейского заказника. Затем из снимков за 10 октября 2001, 7 июня 2002, 25 июля 2002, 10 августа 2002, 14 ноября 2002, 17 января 2003, 6 марта 2003 составлен разносезонный ряд (снимки расставлены в порядке смены сезонов, без учёта года) и сформирован многовременной снимок (по аналогии с многозональным). Из снимков в различных диапазонах спектра (0,450-0,515 мкм; 0,525-0,600 мкм; 0,630-0,680 мкм; 0,845-0,885 мкм; 1,360-1,390 мкм; 1,560-1,660 мкм; 2,100-2,300 мкм) сцены за 24 августа 2013 года сформирован многозональный снимок.

Для выявления тепловой структуры территории проведена кластеризация полученного многовременного теплового космического снимка методом ISODATA. Аналогично проведена кластеризация многозонального снимка за 24 августа 2013 года. Оба результата кластеризации сопоставлены с материалами полевых обследований. При дальнейшем анализе учтено, что результаты кластеризации двух снимков относятся к разным временным интервалам. После сопоставления результата кластеризации многовременного теплового космического снимка с материалами полевых обследований составлена карта тепловой структуры территории заказника. Далее было проведено сравнение результатов дешифрирования растительного покрова по снимку за 24 августа 2013 года и результатов выявления тепловой структуры.

Результаты и их обсуждение.

По результатам кластеризации многовременного теплового космического снимка было получено 7 кластеров, временные образы которых были проанализированы и классифицированы. Таким образом, на территории Алтачейского заказника было выделено 7 тепловых зон, различных по характеристикам сезонной динамики интенсивности теплового излучения: зона очень высокой интенсивности теплового излучения летом, самой низкой - зимой; зона самой высокой интенсивности теплового излучения летом, средней - зимой; зона интенсивности теплового излучения летом - выше среднего, зимой - средней; зона интенсивности теплового излучения летом - средней, зимой - выше среднего; зона интенсивности теплового излучения ниже среднего летом и зимой; зона интенсивности теплового излучения летом - низкой, зимой - самой высокой; зона интенсивности теплового излучения летом - самой низкой, зимой - очень высокой. Все зоны указаны на полученной карте тепловой структуры (рис. 2).

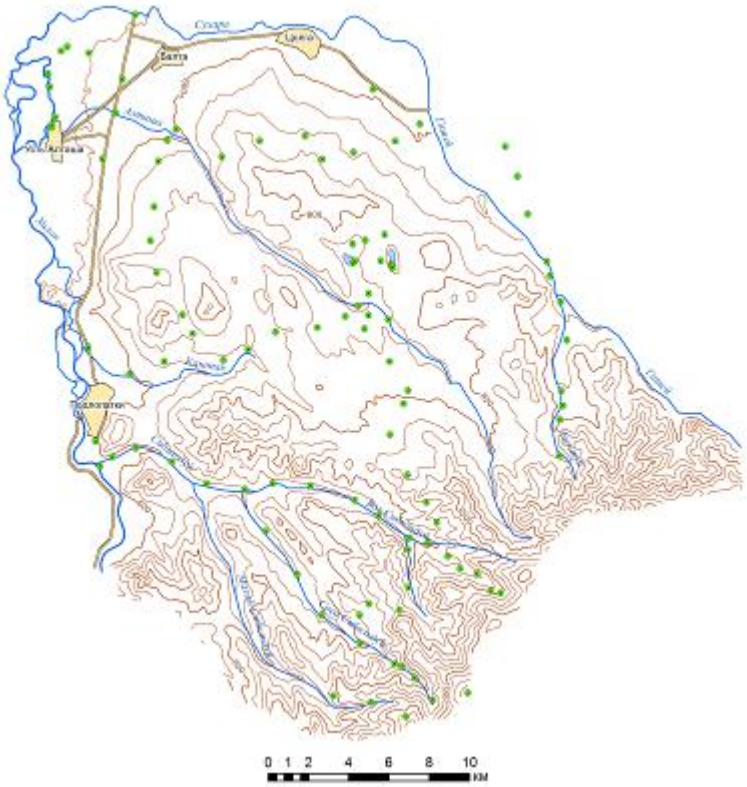

Рис. 1. Точки описания растительного покрова во время полевых работ на территории Алтачейского заказника (помечены зелёными кружками).

Полученным тепловым зонам могут быть поставлены в соответствие некоторые природные комплексы изучаемой территории. Так, например, зона очень высокой интенсивности теплового излучения летом, самой низкой - зимой (зона 1) в значительной степени соответствует степным природным комплексам по левобережью р. Сухара и правобережью р. Хилок, для которых характерны разнотравно-злаково-полынные сообщества с отдельными кустарниками - караганой бурятской и караганой малой. К зоне самой высокой интенсивности теплового излучения летом, средней - зимой (зона 2) относятся лесостепные полынно-злаково-разнотравные участки с вязом приземистым, сосной лесной, караганой бурятской, жостером краснодревесным, а также лесополосы с тополем чёрным и акацией жёлтой. Сюда же попал участок старой гари в долине реки Гашей с разреженным лесом из сосны лесной. Неоднозначно идентифицируется зона интенсивности теплового излучения летом - выше среднего, зимой - средней (зона 3) - к ней частично относятся участки лесостепи, а в большей степени - гари, в том числе старые. При этом зона интенсивности теплового излучения летом - средней, зимой - выше среднего (зона 4) весьма чётко соотносится с лесами из сосны лесной с рододендроном даурским в кустарниковом ярусе. Приуроченность к определённым природным комплексам сложнее всего определить для зоны интенсивности теплового излучения ниже среднего летом и зимой (зона 5). По-видимому, ей соответствуют два их типа: растительность речных долин (в первую очередь, Хилка, Сухары и Сибильдуя), которая представлена ивняками, черёмушниками, зарослями вяза приземистого, яблони ягодной, а также остепнённые участки леса в местах его перехода в лесостепь, для которых характерны разреженные смородиново-шиповниковые сосняки, густые заросли вяза приземистого со смородиной таранушкой и спиреей в кустарниковом покрове. Зона интенсивности теплового излучения летом - низкой, зимой - самой высокой (зона 6) приурочена к долине реки Алташи, а также к высотному уровню 800 - 1000 м данной местности. Для речной долины Алташи характерны кустарниковые сообщества (ива, спирея, курильский чай и т.п.), берёза белая, местами - лиственница сибирская, осина. Высотный уровень 800 - 1000 м преимущественно занят лесами с преобладанием берёзы белой, вместе с ней встречаются сосна лесная, лиственница сибирская, по речным долинам также ель сибирская. К зоне интенсивности теплового излучения летом - самой низкой, зимой - очень высокой (зона 7) можно отнести наиболее высотные для данной местности природные комплексы - леса с преобладанием лиственницы сибирской, произрастающие по водоразделу Заганского хребта. Для этих лесов характерно также наличие в древостое сосны лесной и берёзы белой, в кустарниковом покрове распространены рододендрон даурский, спирея средняя, в верховьях речных долин - смородина чёрная. На скалах-останцах встречается барбарис. Кроме того, в эту тепловую зону оказались включены солончаковые комплексы озёр Бугатэ-Нур и Эхэ-Нур, что связано, по-видимому, со схожими особенностями увлажнения данных природных комплексов.

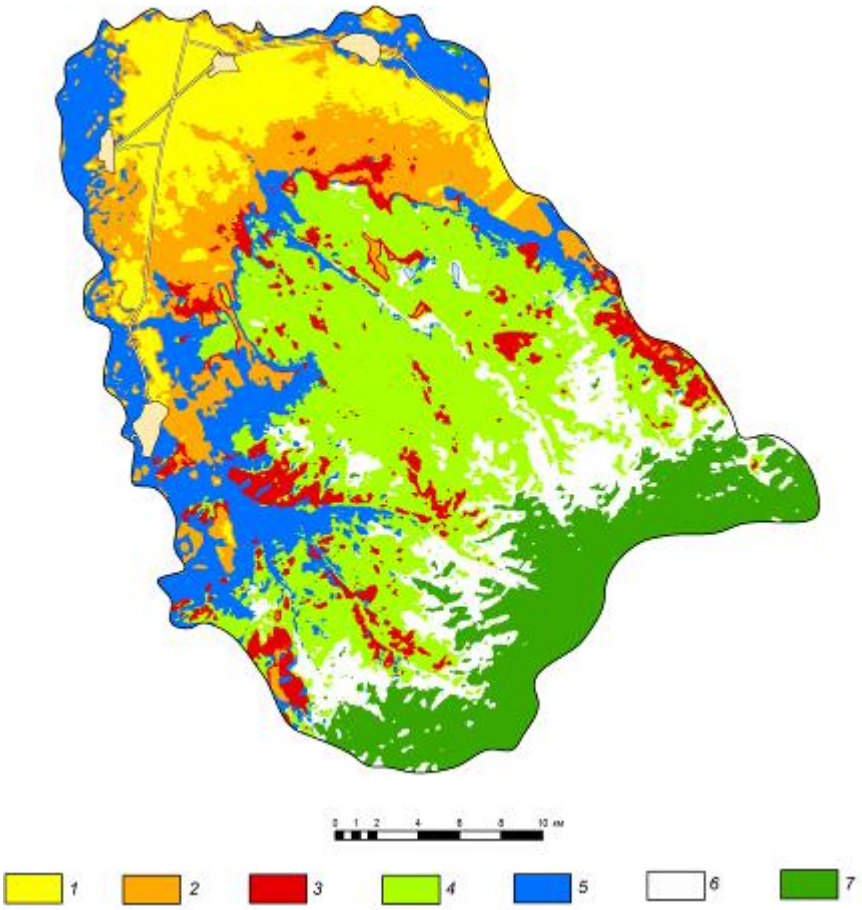

Рис. 2. Карта тепловой структуры территории Алтачейского заказника. Тепловые зоны: 1 - Зона очень высокой интенсивности теплового излучения летом, самой низкой - зимой (степь); 2 - Зона самой высокой интенсивности теплового излучения летом, средней - зимой (лесостепь); 3 - Зона интенсивности теплового излучения летом - выше среднего, зимой - средней (гари); 4 - Зона интенсивности теплового излучения летом - средней, зимой - выше среднего (леса с преобладанием сосны); 5 - Зона интенсивности теплового излучения ниже среднего летом и зимой (остепнённые участки лесов, а также растительность речных долин); 6 - Зона интенсивности теплового излучения летом - низкой, зимой - самой высокой (мелколиственные леса и заросли кустарников); 7 - Зона интенсивности теплового излучения летом - самой низкой, зимой - очень высокой (леса с преобладанием лиственницы). Карта дополнена условными обозначениями озёр Эхэ-Нур и Бугатэ-Нур, населённых пунктов Цолга, Балта, Усть-Алташа и Подлопатки, основных дорог.

Данную карту тепловой структуры можно сопоставить с результатом кластеризации многозонального снимка системы OLI за 24 августа 2013 года (рис. 3). Результат кластеризации многозонального снимка выявил значительно большую яркостную неоднородность исследуемой территории, по сравнению с картой тепловой структуры. При сопоставлении этого результата с материалами полевых наблюдений, поставить полученным кластерам в соответствие природные комплексы исследуемой территории весьма сложно, даже несмотря на удачный срок получения снимка. На рис. 3 цветом, аналогичным с цветом на карте тепловой структуры, выделены кластеры, занимающие схожие участки местности, однако при визуальном анализе двух изображений можно видеть, что во многих случаях это тем не менее разные местообитания. Таким образом, можно сделать вывод, что карта тепловой структуры лучше передаёт структуру растительного покрова территории, чем результат кластеризации многозонального снимка.

Заключение.

В данной работе можно видеть пример применения карт тепловой структуры как особого вида карт. Полученная карта хорошо отражает структуру растительного покрова исследуемой территории. Кроме того, данная карта содержит информацию об особенностях сезонной динамики интенсивности теплового излучения, характерной для данных природных комплексов. Типы сезонной динамики интенсивности теплового излучения могут быть использованы как дешифровочные признаки природных комплексов для местности с аналогичными природными условиями.

Полученная карта тепловой структуры требует уточнения сопоставления тепловых зон с природными комплексами, полевые работы по этому направлению запланированы на лето 2014 года.

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

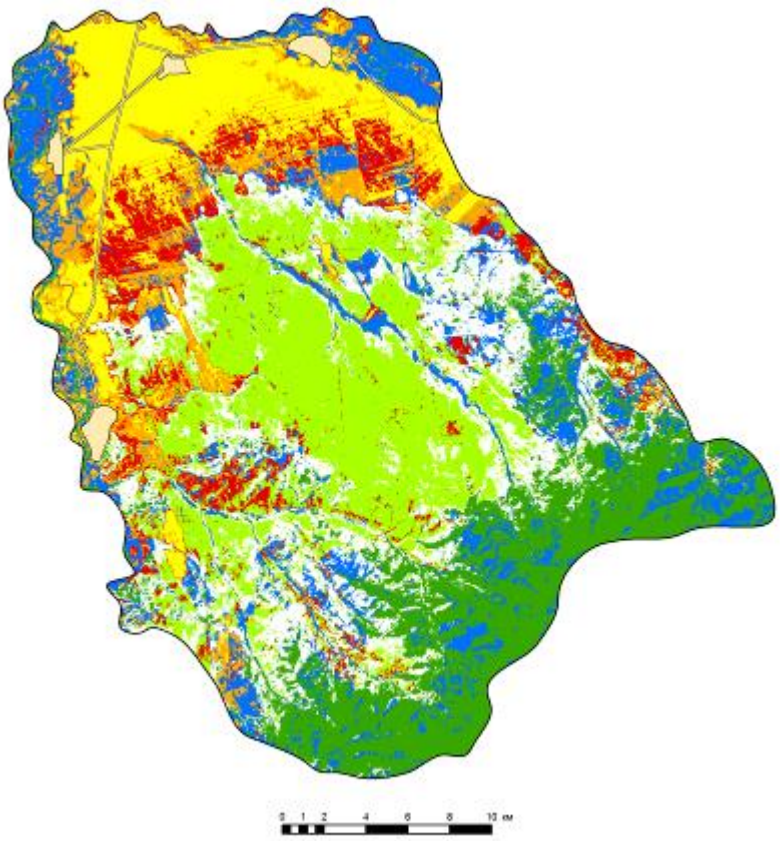

Рис. 3. Результат кластеризации на 7 кластеров многозонального снимка системы OLI за 24 августа 2013 года. Результат кластеризации дополнен условными обозначениями озёр Эхэ-Нур и Бугатэ-Нур, населённых пунктов Цолга, Балта, Усть-Алташа и Подлопатки, основных дорог.

Список литературы.

Балдина Е.А., Грищенко М.Ю. Картографирование тепловых аномалий Москвы по разносезонным тепловым снимкам // Геоэкологические проблемы Новой Москвы. — М.: Медиа-ПРЕСС, 2013. — С. 70–76.

Грищенко М.Ю., Морозова А.В. Исследование и картографирование природных объектов по снимкам ETM+ в тепловом инфракрасном диапазоне (на примере севера Московской области) // ИнтерКарто-ИнтерГИС-18: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы международной конференции / Редкол.: С.П. Евдокимов (отв.ред.) [и др.]. Смоленск, 26-28 июня 2012 г. — Смоленск, 2012. — С. 185–189.

Лабутина И.А., Балдина Е.А., Грищенко М.Ю., Хайбрахманов Т.С. Опыт использования космических снимков при экологических исследованиях Москвы // Земля из космоса — наиболее эффективные решения. — 2012. — № 1. — С. 50–55.

Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений. М., Изд-во Моск. Ун-та, 1991. – 206 с.

Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. Азиатская часть. – М.: Государственное издательство географической литературы, 1963. – 572 с.

Макунина А.А. Физическая география СССР. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 293с.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 16. Ангаро-Енисейский район. Вып. 3. Забайкалье/ Под ред. В. И. Зильберштейн. — Л.: Гидрометеоиздат, 1966. — 159 с.

Гвоздецкий Н.А. Физико-географическое районирование СССР. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1968. - 576 с.