

«Методы изучения спектральных образов и биохимических особенностей растений Кольского полуострова для интерпретации ДДЗ.»

Голубева Е.И.*, Зимин М.В.*, Тутубалина О.В.*,

Рис У.Г., Червякова А.А.*, Деркачева А.А.***

*МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Россия

* Институт полярных исследований имени Р.Скотта, Кембриджский университет,
Великобритания

Космические снимки, особенно высокого и сверхвысокого разрешения, находят все более широкое применение для выявления характера подстилающей поверхности, главным образом растительности, ее состояния, динамики и продуктивности. Нами проведены исследования по определению спектральных образов и биохимических особенностей растений Кольского полуострова для интерпретации данных дистанционного зондирования. Такие исследования реализуют подход спектраномии – количественного определения физических и химических параметров объектов на поверхности Земли по их спектральным отражательным свойствам [3]. Растительность Севера чутко реагирует на различные изменения условий местопроизрастания, связанных как действием естественных факторов (в частности климатических трендов, условий увлажнения и т.п.), так и с антропогенным воздействием (прямым механическим и косвенным, связанным с загрязнением воздуха, почв и водных объектов) [1,2]. В качестве исходной была принята гипотеза, что на спектральный образ и пигментный состав растений влияют: видовые особенности, условия произрастания, влагосодержание и степень техногенного воздействия. Для формирования базы данных по спектральным образам растений были проведены измерения отражательной способности гиперспектрорадиометром ASD FieldSpec 3 Hi-res, приобретенным по Программе развития МГУ.

Отбор образцов растений для спектрометрирования и проведения пигментного анализа выполнялся в различных природных условиях: ненарушенный лес, техногенная пустошь на месте леса, ненарушенные тундровые сообщества. Видовое разнообразие охватывало деревья, кустарники, кустарнички, травянистые растения, мхи и лишайники. Образцы выбирались максимально представительные для местных условий и, по возможности, не подверженные таким явлениям как хлороз и некроз. Для набора статистического ряда данных для каждого вида отбирались образцы в пятикратной повторности. Контактное спектрометрирование гиперспектрорадиометром ASD FieldSpec 3 Hi-

рес с насадками Plant Probe, Leaf Clip производилось раздельно для зеленых частей одного растения в различных состояниях.

Районом многолетних исследований является центральная часть Кольского полуострова, включающая в себя экологический трансект, к югу от металлургического комбината в городе Мончегорске, а также несколько эталонных территорий в условиях высотной поясности Хибинского горного массива и типичных условия рельефа изучаемой территории (рис. 1).

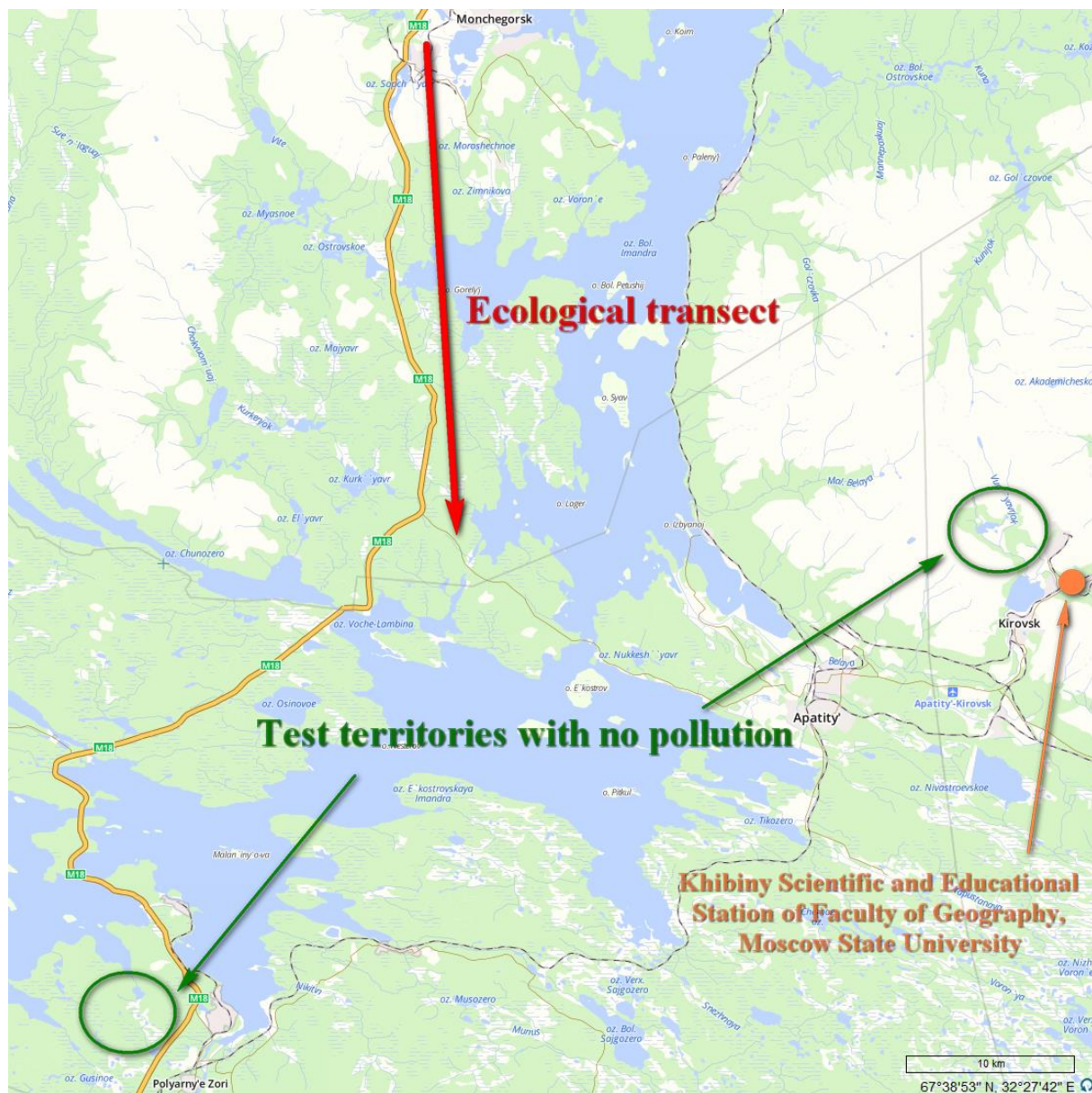


Рисунок 1. Схема расположения тестовых территорий.

Измерения спектрального образа листьев березы извилистой (*Betula pubescens* Ehrh S.L. *B. tortuosa*) в условиях техногенного воздействия выбросов комбината «Североникель», собранные на пробных площадях на расстоянии 1-30 км на юг от

комбината), показали что в спектральном образе и пигментном составе листьев качественно и количественно отражаются параметры связанные с характером и степенью воздействия на них. *Определение пигментного состава листьев березы* проводилось в лаборатории Полярно-альпийского сада-института КНЦ РАН. Измерялось содержания пигментов - хлорофиллов а и в и каротиноидов (длины волн 667, 651 и 472 нм соответственно). Параллельно определялось влагосодержание листьев, поскольку этот параметр четко отражается на кривых спектральных образов растений.

Полученные кривые спектральных яркостей листьев березы извилистой в условиях техногенного воздействия, которые хорошо индицируются по морфологическим признакам (наличию хлороза и некроза на листовой пластинке), также достаточно четко различаются в различных диапазонах длин волн (рис. 2). Стоит отметить, что отражательная способность листьев на данном трансекте не всегда указывает на прямую зависимость в связи со степенью удаления пробной площади от комбината, что скорее всего связано с орографической неоднородностью оказывающей значительное влияние на аккумуляцию загрязняющих соединений и как следствие на развитие растительности.

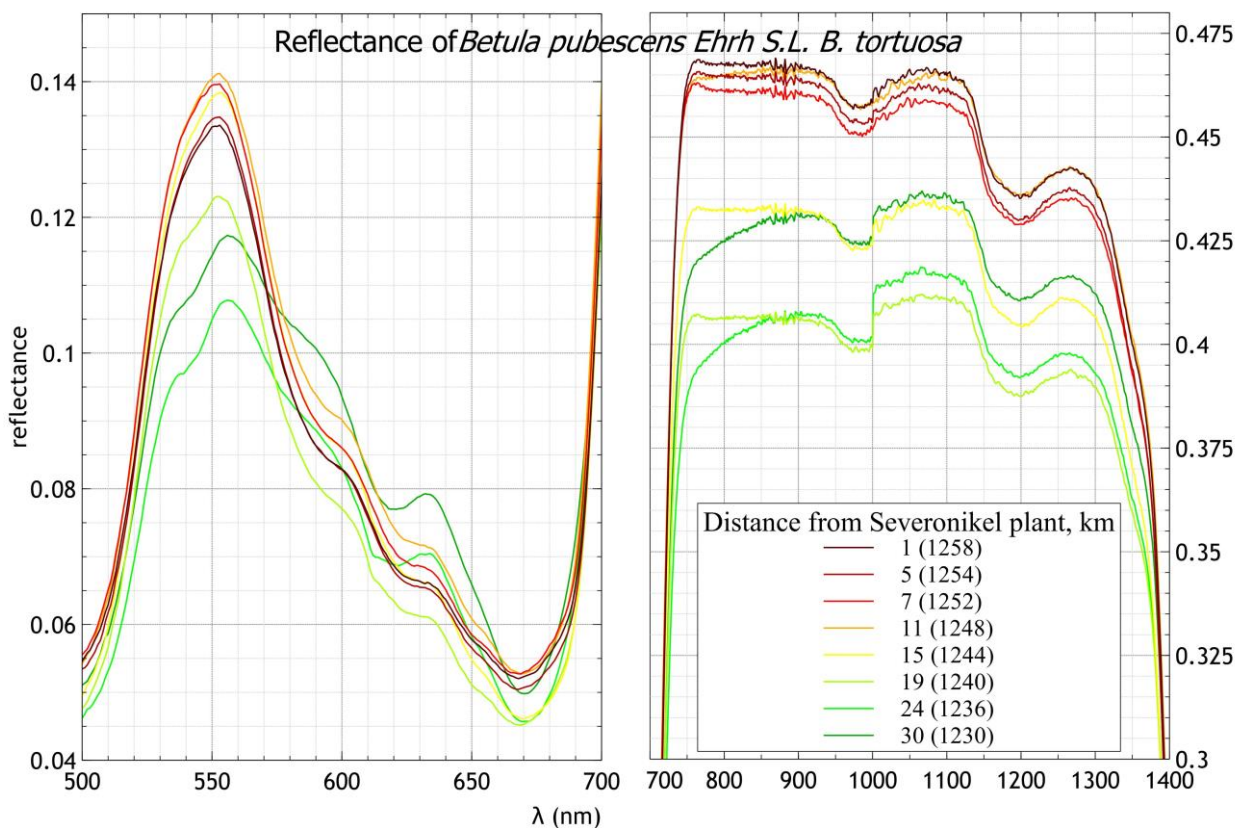


Рисунок 2. Спектральные свойства листьев березы (*Betula pubescens* Ehrh S.L. *B. tortuosa*) без биогенных патологий, на разном расстоянии от комбината "Североникель".

Изучение влияния видовых особенностей и условий среды на спектрометрические измерения. Результаты измерений свидетельствует о способности зеленых растений

избирательно отражают падающую солнечную радиацию в зависимости от видового состава и условий местообитания. Измерения образцов лишайников (*Cetraria islandica* (L.) Ach., *Flavocetraria nivalis* (L.) Karnef. Thell (*Cetraria nivalis*), *Alectoria ochroleuca* (Haffm.) Masal., *Cladonia arbuscula* (Wellr.) Flot.S. (*Cladonia mitis*), мхов (*Hylocomium splendens*, *Pleurozium Shreberi*), кустарничков (*Betula nana*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Empetrum hermaphroditum* Hage) и травянистых растений (*Avinella flexuos*, *Juncus trifidus*), произрастающих в естественных условиях в Хибинских горах выполнялись гиперспектрометром в разных режимах измерений (контактно, бесконтактно).

Изучение влияния на спектральные образы степени влагосодержания растений. Рассмотрение влияния данного аспекта условий окружающей среды на образцы растений проведены на примере двух лишайников светлой и темной окраски (*Cetraria nivalis*, *Cetraria islandica*), измерения спектральных образов которых выполнялось в трех состояниях – сухом, средне увлажненном, сильно увлажненном. Наблюдения сопровождалась фиксацией затраченного на увлажнение объема воды и массы образцов в каждом состоянии до и после измерений (Рис 3).

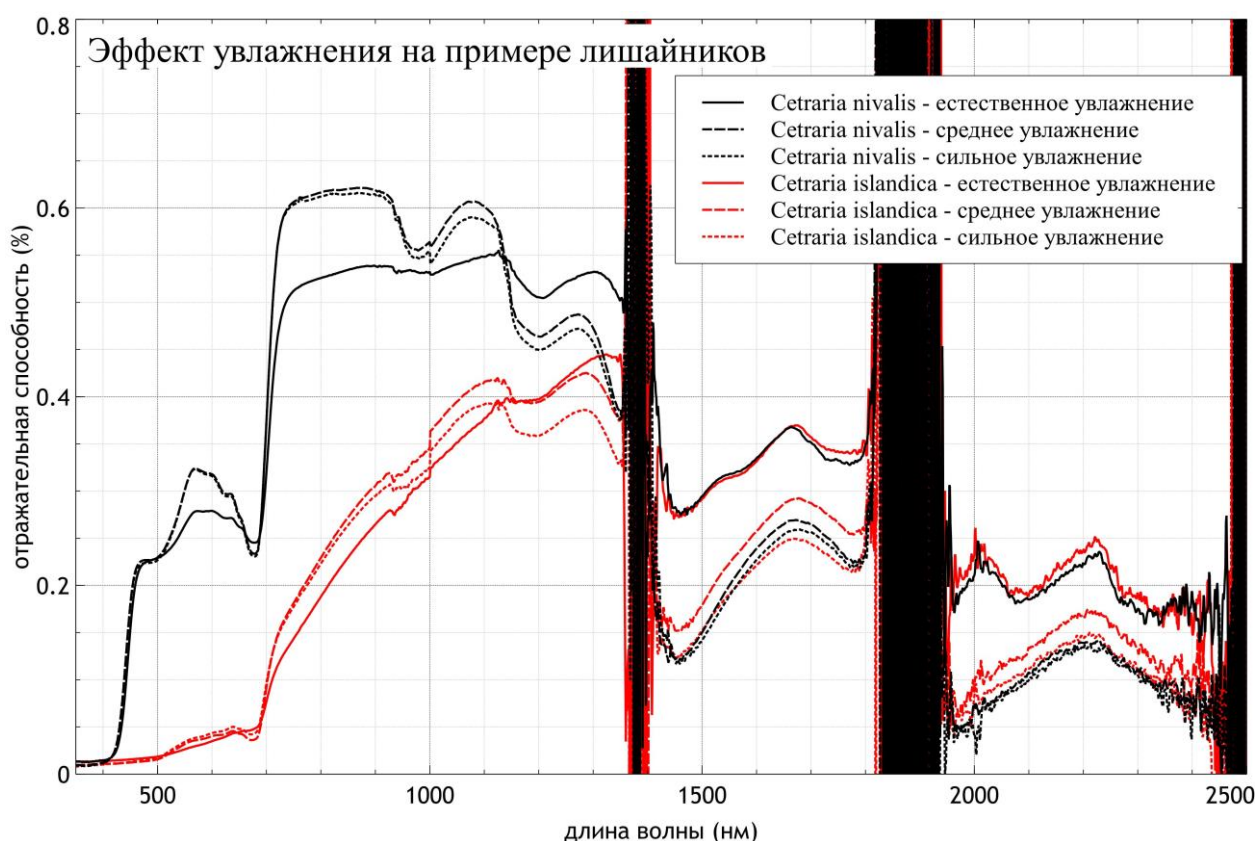


Рисунок 3. Влияние увлажнения образцов на спектральный образ растения, на примере лишайников *Cetraria nivalis* и *Cetraria islandica*.

Также проведена серия исследований направленная на выявление особенностей проведения работ по спектрометрированию: проанализированы суточные вариации коэффициента спектральной яркости, выявлена степень влияния переотражения от ярких объектов вблизи поля зрения спектрометра, опытным путем установлена периодичность проведения работ по калибровке прибора.

В результате проведения экспериментов в течение двух лет можно констатировать, что кривые спектральной яркости позволяют различать основные дешифрируемые объекты – различные виды деревьев, кустарничков, мхов, лишайников и травянистых растений. Полученные результаты позволяют дать рекомендации по использованию гиперспектральных данных при наземных измерениях, и многозональных космических снимков для изучения состояния и динамики северной растительности.

Проведенные исследования и полученные результаты по наземным спектрометрическим измерениям позволяют перейти к анализу космических гиперспектральных снимков и разработке специализированных спектральных библиотек с привлечением геопортальных технологий, что в связи с запуском в 2013 г. российского спутника "Ресурс-П" с гиперспектральной аппаратурой на борту и начатыми ранее белорусско-российскими экспериментами по гиперспектральной съемки с борта Международной космической станции является актуальным и востребованным направлением исследований.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ –офи 13-05-12061.

Литература

1. Голубева Е.И., Говорова А.Ф. Механизмы повреждения и адаптации растений на разных уровнях их организации при техногенном воздействии. Известия РАН. Серия географическая. 2006, № 1
2. Экология Севера: дистанционные методы изучения нарушенных экосистем (на примере Кольского полуострова) / Под ред А.П. Капицы и У.Г. Риса. М.: Научный мир. 2003. 248 с.
3. Asner G., Martin R., Spectral and chemical analysis of tropical forests: Scaling from leaf to canopy levels Remote Sensing of Environment, Volume 112, Issue 10, 2008, p. 3958–3970