

С. А. Сартин (ЦАИ Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева)

В 2000 г. окончил Северо-Казахстанский государственный университет, факультет информационных технологий, по специальности «физика — информатика». В настоящее время — руководитель Центра астрофизических исследований (ЦАИ) Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева.

В. Н. Щукина (ЦАИ Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева)

В 2005 г. окончила Северо-Казахстанский государственный университет, факультет информационных технологий, по специальности «математика». В настоящее время — младший научный сотрудник РЦКМ ЦАИ.

А. С. Пономаренко (ЦАИ Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева)

В 2011 г. окончил Северо-Казахстанский государственный университет, факультет информационных технологий, по специальности «астрономия». В настоящее время — лаборант РЦКМ ЦАИ.

Перспективы применения узкополосных фильтров для исследования почв по материалам ДЗЗ

В современном мире методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) широко применяются для решения самых разнообразных задач, в том числе и для оценки состояния почвенного покрова. Мировой опыт показывает, что развитие космических методов оценки природных ресурсов позволяет давать достаточно оперативную, постоянно обновляющуюся, но не в полной мере точную информацию о качестве земельных фондов.

Большинство известных работ, ведущихся в этом направлении, связано со спектрально-отражательной характеристикой растительного и почвенного покровов и вычислением так называемых вегетационных индексов. В настоящее время существует около 160 вариантов вегетационных индексов. Они подбираются эмпирическим путем, исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв. Наиболее популярный и часто используемый вегетационный индекс — NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Решаемый с помощью вегетационных индексов круг задач весьма широк.

NDVI часто используется как один из инструментов при проведении более сложных типов анализа, результатом которых могут являться карты продуктивности лесов и сельскохозяйственных земель, карты ландшафтов и природных зон, почвенные и другие эколого-климатические карты [1].

На основании спутниковых данных создаются мировые и региональные картографические модели почвенного покрова. В основу построения моделей заложен принцип однородности спектральных характеристик фрагментов изображения, которые рассматриваются как индикатор принадлежности участка к определенному виду почв в используемой системе классификации. Степень сложности зонального строения и структуры почвенного покрова определяют уровень генерализации спектральных характеристик почвенных контуров. Иначе говоря, разнообразие почвенного покрова определяет неоднозначность интерпретации результатов зондирования.

Использование полного спектрального профиля исследуемого грунта позволит

значительно повысить точность идентификации минерального состава, тем самым повышая эффективность и даже скорость обработки данных. На сегодняшний день уже подтверждена возможность дистанционного определения физико-химических и физико-механических характеристик почв, их видовой принадлежности. Однако диапазоны значений спектральных характеристик почв разных видов перекрываются, что затрудняет их уверенное дешифрирование. Ошибки, возникающие при дешифрировании почв, также могут возникать из-за неоднородности механического состава почвенного покрова, так как разнообразие локальных условий почвообразования определяет неодинаковые значения спектральных характеристик. Участки поверхности, относимые к одному виду почв, отличаются средними значениями спектральной яркости из-за того, что на самом деле представляют разные сочетания структурных элементов почвенного покрова. Выделение и изучение сравнительно однородных участков площадью в несколько гектаров перспективны и технически осуществимы, но ограничены особенностями естественной и антропогенной динамики почвенного покрова. Естественная динамика отличается несинхронностью сезонных изменений спектральных характеристик почв одного вида в зависимости от локальных условий (геоморфологических, микро- и мезометеорологических). Антропогенная динамика определяется особенностями землепользования, сочетанием севооборотов [2].

Цветовые характеристики позволяют диагностировать генетические горизонты почвы, почвенные типы и подтипы. Многие показатели отражательной способности указывают на содержание гумуса, некоторых соединений железа, карбонатов, сульфатов, хлоридов. Они позволяют оценивать масштабы засоления почв, их загрязнения нефтью, степень повреждения. Несмотря на такие возможности и перспективы, полной теории отражения света почвами пока не существует. До сих пор остаются неизвестными спектральные кривые отражения для многих

почв и почвообразующих пород. Кроме этого, не выявлена конкретная роль почвенных пигментов в формировании отраженного светового потока, не найдены количественные параметры отражения света почвами многих типов, не осуществлен анализ региональных закономерностей изменения показателей отражения, не разработаны принципы составления картограмм спектральной отражательной способности различного содержания и масштаба для их дистанционного мониторинга.

Любое спектральное изображение почвы представляет собой сумму молекулярных спектров элементов, образующих ее химический состав. Молекулярные спектры веществ, в отличие от атомарных, представляют собой совокупность полос, что затрудняет уверенное определение их принадлежности к тому или иному химическому элементу. Применение дифференциальных методов получения спектров позволяет получать более точные спектры объектов, что в перспективе даст возможность дистанционно определять химический состав почв. Для того чтобы выявить химический элемент в полном спектре объекта, имеет смысл рассматривать характеристические узкие области, в которых наблюдаются особенности, указывающие на определенные элементы. Для выделения узких областей спектра применяются узкополосные фильтры, которые пропускают излучение только в определенном узком диапазоне длин волн, поглощая при этом более длинные и более короткие волны.

Выявление определенных особенностей для каждого химического элемента, даже в ограниченной области узкополосного фильтра, представляется довольно сложной задачей. Поэтому имеет смысл получение определенных маркеров, составленных из отношений особенностей спектров, достоверно указывающих на химический элемент. Таким образом, дальнейшая работа связана с подбором оптимальных диапазонов фильтрации и изучением полученных результатов.

Северо-Казахстанская область является одним из основных земледельческих регионов республики. Ее площадь равна 98,04 тыс. кв. км, из них 8,4 млн га составляют земли сельскохозяйственных угодий, из которых на пашни приходится 4,2 млн га. Равнинность территории области способствовала почти сплошному ее хозяйственному освоению. Область лежит в двух природных зонах: лесостепной и степной, что в решающей степени определяет ее ландшафты, качество природной среды, основные природные ресурсы [3].

На подготовительном этапе работы было взято более 90 почвенных проб в четырех районах Северо-Казахстанской области: Есильском, Мамлютском, Шал Акыне и Кызылжарском.

Особенности климатических условий и ведения хозяйственной деятельности в области позволяют получать мультиспектральные снимки, на которых практически полностью будет отсутствовать растительность. Это начало мая, т. е. период весенней распашки, или после уборки урожая — начало октября и до первого снега.

Как уже говорилось выше, работы по изучению отражательной способности почв с целью определения их химического и минералогического состава довольно широко распространены, но большинство из них базируется на вычислении вегетационных индексов, что позволяет лишь косвенным образом судить о почвах по состоянию растительности. Либо спектральная яркость почв рассматривается в довольно широких (около 100 нм) спектральных каналах, например в зеленом или красном. Сотрудниками Регионального центра космического мониторинга (РЦКМ) Центра астрофизических исследований при Северо-Казахстанском государственном университете им. М. Козыбаева ведутся работы по выявлению особенностей спектральных профилей грунтов в каналах с диапазоном длин волн 10–50 нм.

Исследования проводились с помощью дифракционного спектрометра ШДС-1

с матрицей STL-11000M. Графики спектральной яркости получены для открытых почв, т. е. влияние растительности полностью исключено. Для иллюстрации полученных результатов на рис. 1–3 представлены спектральные кривые восьми различных проб с различным временем экспозиции и одинаковым уровнем влажности.

Данной работе предшествовали полевые исследования, в которых объектом исследования являлся верхний, гумусово-аккумулятивный горизонт. Почвенные разрезы закладывали на типичных в природном отношении участках, образцы отбирали из пахотного горизонта и на нераспаханных участках. Для визуального определения гумусности использовали шкалу характера анализируемых почв (табл. 1).

Окраска почв	Содержание гумуса, %	Категории
Очень черная	10...15	Высокогумусная, очень плодородная
Черная	7...10	Гумусная, плодородная
Темно-серая	4...7	Среднегумусная, среднеплодородная
Серая	2...4	Малогумусная, среднеплодородная
Светло-серая	1...2	Малогумусная, малоплодородная
Белесая	0,5...1	Очень малогумусная, очень малоплодородная

Табл. 1. Шкала для визуального определения анализируемых почв

На рис. 1 представлены спектральные кривые образцов почв, взятых с одного эталонного участка на территории Есильского района. На основе визуальных наблюдений были получены следующие результаты: на нераспаханном участке почва темно-серого цвета (ряд 1). Используя шкалу для визуального определения анализируемых почв, ее можно отнести к среднегумусной, среднеплодородной, с примерным содержанием гумуса в ней от 4 до 7%. Второй образец (ряд 2) — почва серого цвета, т. е. малогумусная, среднеплодородная, с процентным содержанием гумуса в ней от 2 до 4%. На основе проведенных исследований можно утверждать, что в образце, взятом на нераспа-

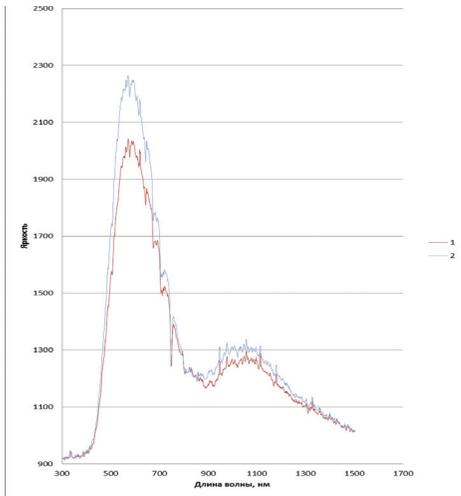


Рис. 1. Спектральные кривые образцов почв Есильского района

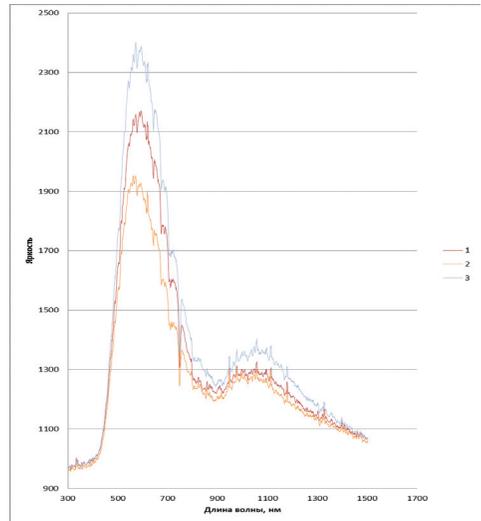


Рис. 2. Спектральные кривые образцов почв районов Кызылжарского и Шал Акына

ханном участке, процент содержания гумуса выше, чем в пробе, которая была взята на пахотном поле, т. е. подвергалась антропогенному воздействию.

На рис. 2 представлены спектральные кривые образцов почв, взятых с эталонных участков на территориях районов Кызылжарского и Шал Акына, с одинаковым ландшафтно-геохимическим районированием и типом почв. В визуальном плане цвет почвы темно-серый (ряд 2, Кызылжарский р-н), что указывает на среднегумусную, среднеплодородную почву, с процентным содержанием гумуса в ней от 4 до 7%. При визуальном исследовании образец почвы серого цвета (ряд 1, р-н Шал Акына), что указывает на малогумусную, среднеплодородную почву, с процентным содержанием гумуса в ней от 2 до 4%. В визуальном плане почва светло-серого цвета (ряд 3, Кызылжарский р-н), что указывает на почву малогумусную, малоплодородную, с процентным содержанием гумуса от 1 до 2%. На основании проведенного исследования можно сделать предварительный вывод, что ряд 3 соответствует почвенной пробе, наиболее подверженной антропогенному воздействию и более истощенной.

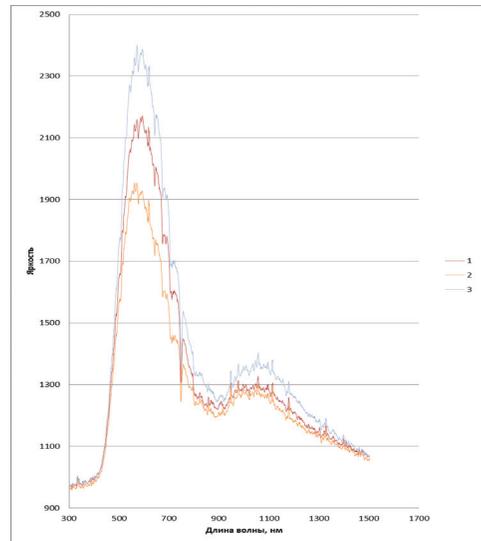


Рис. 3. Спектральные кривые образцов почв Есильского района

На рис. 3 показаны кривые, соответствующие образцам почв, взятых на территории Есильского района. Данные участки выбирались на основе почвенных карт, созданных почвоведом

Северо-Казахстанского государственного университета. Для данной территории характерны зональные почвы, встречающиеся в разнообразных комплексах с гидроморфными почвами и солонцами. На рис. 3 представлен график, соответствующий образцу почвы чернозема обыкновенного (ряд 3). В визуальном плане эта почва темно-серого цвета, что указывает на процентное содержание гумуса в ней от 4 до 7%, а значит, почва среднегумусная, среднеплодородная. Два других образца (ряды 1 и 2) соответствуют черноземам карбонатным. В визуальном плане почвы имеют серый цвет. Это свидетельствует о том, что почвы малогумусные, среднеплодородные, с процентным соотношением гумуса от 2 до 4%.

Следует отметить, что каждая кривая на графике является результатом усреднений по нескольким экспериментам.

Особенности в поведении спектральных кривых наблюдаются начиная с желто-зеленой области спектра (от 555–575 нм) и далее ярко прослеживаются в диапазонах 580–600 нм, 640–660 нм, 670–700 нм, 705–740 нм, 745–795 нм. Таким образом, ярко выделяются полосы шириной от 20 до 50 нм, представляющие интерес для дальнейшей работы. Под эти полосы в настоящий момент подбираются соответствующие узкополосные фильтры. Особенности поведения спектральных кривых в перечисленных диапазонах с большой вероятностью указывают на степень содержания в пробах почвы определенного химического элемента. Исследования в этом направлении уже ведутся, все пробы почв будут подвергнуты подробному химическому анализу.

На сегодняшний день уже установлено, что чем ниже на графике находится спектральная кривая, тем выше содержание гумуса в соответствующем образце (в пределах группы спектральных кривых с одинаковым временем экспозиции). Таким образом, почвы с высоким содержанием гумуса находятся под номерами: рис. 1 — 1, рис. 2 — 2, рис. 3 — 3.

В дальнейшем предстоит исследование для установления закономерностей между суммой

молекулярных спектров почвообразующих элементов и химическим составом почвы. Также планируется наращивание количества исследуемых проб с целью создания базы спектральных кривых, типичных для почв Северо-Казахстанской области. Все эти сведения могут стать основой для создания новейших почвенных карт области с применением космической съемки.

В данных исследованиях планируется использование беспилотного летательного аппарата (БПЛА) производства компании «Геоскан». С помощью снимков, полученных с БПЛА, можно будет более точно определять физико-механические характеристики почв и их видовую принадлежность, что наиболее удобно для изучения локальных участков территорий с одинаковым ландшафтом. Применение БПЛА позволит осуществить адаптацию оборудования под существующие и перспективные задачи исследования без больших затрат и вложений, с большой оперативностью получения и обработки снимков интересующих территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вегетационные индексы* // ГЕОМАТИКА. — 2011, — №2.
2. *Влияние структуры почвенного покрова на спектральные характеристики поверхности.* / Г. В. Лобанов, А. Ю. Зверева, М. В. Коханько, Е. В. Хорина, А. В. Полякова, Б. В. Тришкин. // — ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ И ЭКОЛОГИЯ, — 2012, — № 7.
3. *Энциклопедия Северо-Казахстанской области.* — Алматы, Арыс, — 2004, — С. 627
4. *Сергеева О.С. Научные основы мониторинга и процессов деградации почв с использованием космической информации / О.С. Сергеева, Л.В. Березин // Мат. Междунар. конф. по борьбе с опустыниванием.* — Абакан, 2006. — С. 298–303.
5. *Сергеева О.С. Влияние вариантов синтеза изображения космических снимков спутника Landsat-7 на изучение структуры почвенного покрова солонцовых комплексов / О.С. Сергеева, А.М. Гиндемит // Вестник Алтайского ГАУ.* — 2010. — №1 (63). — С. 40–45.