

Л. В. Березин (Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина)

В 1957 г. окончил Омский сельскохозяйственный институт. В настоящее время — профессор кафедры почвоведения Омского государственного аграрного университета. Доктор сельскохозяйственных наук, академик Международной академии экологии и безопасности жизнедеятельности человека.

М. Р. Шаяхметов (Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина)

В настоящее время — аспирант кафедры почвоведения, младший научный сотрудник лаборатории рационального использования почв Омского государственного аграрного университета.

Применение методов ДЗЗ и ГИС для оценки потенциала поглощения солнечной энергии агроценозов*

Системы сельскохозяйственного и геологического картирования с самого начала складывались на основе использования материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), причем система крупномасштабного почвенного картирования в СССР, сложившаяся после Омской сессии ВАСХНИЛ (1936), всю вторую половину истекшего века формировалась на основе дешифрирования аэрофотоснимков. По этим причинам и сегодня, при наличии десятков разнообразных спутников и особенностей результатов космической съемки, почвенное картирование по-прежнему основывается на ранее разработанных методических принципах. Их основой является учет особенностей мезорельефа: характер оврагов, промоин, формы полей и полигонов, залесенности и гидрографии. Почвенное картирование стало вариантом оценки морфологии ландшафтов и в целом поверхности Земли.

В итоге многие почвоведы поддерживают позицию научной школы МГУ им. М. В. Ломоносова под руководством Г. С. Куста, предлагающую разработать в целях автоматизированного дешифрирования материалов ДЗЗ эталоны почвенного плодородия и на этой основе дать характеристику почвенного покрова (ПП) [1]. Если для естественных биогеоценозов, не подвергнутых антропогенному воздействию, эта задача в определенной мере разрешима, то в отношении агроценозов, интенсивных сенокосов и выбиваемых пастбищ, не говоря о садах и цветочно-овощных плантациях, трудно

представить отражение в форме эталона структуру ПП, реализованную на космическом снимке.

Другой путь разрабатывают специалисты ВНИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, предлагающие максимально использовать различия в содержании гумуса и элементов питания растений по материалам сплошного агрохимического обследования земель [2]. Но с оценкой качества почв связаны только наблюдения на реперных точках, не дающие возможности оценить степень варьирования параметров почвенного плодородия полей севооборотов и кормовых угодий.

Третий путь разрабатывается в Почвенном институте им. В. В. Докучаева. По их позиции при почвенном дешифрировании материалов ДЗЗ главное внимание необходимо уделять исследованию цифровой модели рельефа, на основе которой по ранее разработанным корреляционным связям почвоведы должны интерпретировать характер изменения ПП в пределах конкретного полигона.

Но при крайне высокой комплексности ПП в равнинных регионах, с учетом природных сукцессий, изменения свойств почв по склонам катены и смены культур и засоренности полей в агроценозах, эти модели не могут объективно характеризовать реальной картины особенностей плодородия почв, их водно-воздушных и физико-механических свойств даже по оперативным поступающим космическим снимкам.

По этим причинам в основу почвенного

*Статья подготовлена по результатам выполненного проекта — победителя конкурса «Лучшие проекты в области ГИС-технологий и ДЗЗ» в номинации «Лучшее интеграционное решение с применением геопространственных данных» в рамках Международного Форума «Интеграция геопространства — будущее информационных технологий».

дешифрирования юга Западной Сибири и аналогичных регионов, характеризующихся равнинными условиями с развитым микрорельефом, необходимо положить прямое установление характера поглощения каналов солнечного спектра по материалами исследования отражательной способности наземных объектов. При этом нельзя базироваться только на анализе видимого спектра в каналах RGB при диапазоне съемки от 400 до 650 нм. Как сами почвы, так и вегетирующие растения интенсивно поглощают энергетическую часть солнечной радиации в пределах 600–2600 нм. Анализ этой части спектра позволяет выявить отличия типичных черноземов или каштановых почв от лугово-черноземных и подобных подтипов среди иных почв.

Как показала практика дешифрирования большинства наземных объектов, в том числе морских портов или металлургических и химических заводов, при анализе материалов ДЗЗ необходимо применение не менее трех вариантов синтезирования космических снимков, с использованием разного сочетания диапазонов съемки и цветových каналов.

Хотя солнечный спектр имеет лишь 7 каналов (как музыкальная гамма), но благодаря их сочетанию возможно иметь 1500 оттенков цветового изменения земных объектов. Именно по этой причине специалист любой отрасли имеет возможность выявлять по изменению цвета изображения явные отклонения того или иного объекта по сравнению с фоновым изображением. Это не означает, что его вечернее изображение должно быть таким же, как при ярком солнечном освещении в полдень. Но если и в полдень, и к вечеру на исследуемом полигоне будет выделяться объект иного цвета, он должен стать предметом дополнительного анализа в разных диапазонах спектра или цветových каналах.

На снимке (рис. 1), полученном по материалам съемки среднего разрешения спутника Landsat-7 в зоне южной лесостепи Прииртышья, можно видеть в посевах пшеницы среди темных пятен березовых колков на западных полях светлые пятна солонцов [3].

Использование в целях почвенного дешифрирования снимков более современного спутника ALOS, несмотря на увеличение разрешения съемки в 1,5–3 раза, не обеспечило существенного повышения информативности.

Этого удалось достичь только при анализе снимков с группировки спутников RapidEye с разрешением 5 м.

Однако оказалось, что необходимо внести коррективы в саму основу дешифрирования наземных объектов. В настоящее время она базируется на учете их отражательной способности.

Предполагается, что сами изучаемые объекты существенно не влияют на спектр отражения и в принципе разновременные результаты съемки зданий, сооружений и иных абиогенных объектов воспроизводимы.

Иная картина проявляется при почвенном и сельскохозяйственном дешифрировании земных объектов. Они активно поглощают солнечную радиацию, используя ее как основной источник энергии для процессов жизнедеятельности как высших растений, так и микроорганизмов. Лучшие в мире черноземные почвы окрашены в черный цвет, который обеспечивает им практически полное поглощение всей солнечной радиации. А в подзолистые, ферраллитные и осолоделые почвы, формирующиеся под лесами с сомкнутой кроной, энергия Солнца практически не поступает. Она поглощается растительным покровом. И эти почвы не могут накапливать гумусовые вещества, обеспечивающие плодородие почв.

Парование полей и отвальная их вспашка, резко повышая потенциал поглощения солнечной радиации (ППР), способствуют минерализации накопленных в почве органических соединений для образования доступных растениям элементов питания, а в результате в значительной мере нивелируют объективно существующую дифференциацию компонентов почвенного покрова. Сохраняются лишь значительные различия в степени поглощения длинноволновой красной энергетической части спектра той или иной почвой. В итоге на паровых полях в большинстве случаев не удается обнаружить специфичности поглощения различными почвами сине-зеленой коротковолновой части солнечной радиации, что четко проявляется на любом поле Ишим-Иртышского междуречья (рис. 2а). Но уже на следующий год

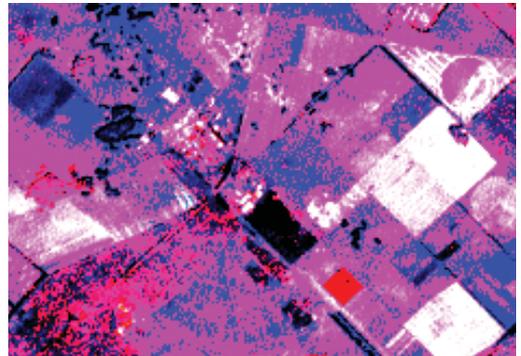


Рис. 1. Зона южной лесостепи Прииртышья. Космический снимок со спутника Landsat-7 видимого спектра в каналах RGB (R=50, G=30, B=10)

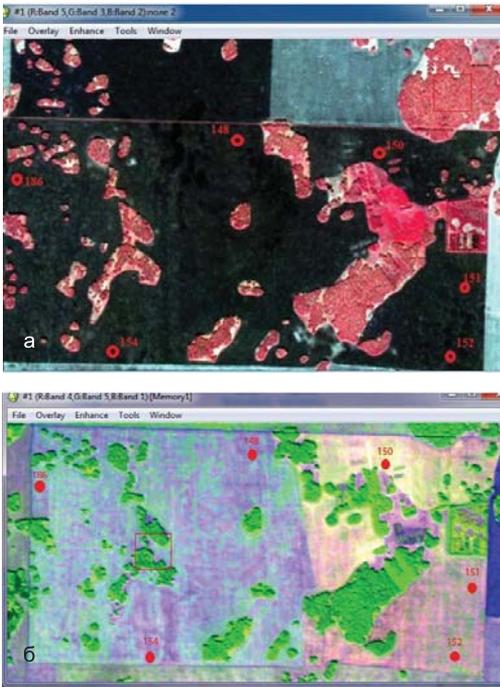


Рис. 2. Космический снимок RapidEye:
 а) паровое поле 2010 г., вариант синтеза R5G3B2;
 б) поле с культурой 2011 г., вариант R4G5B1, различия фоновой окраски обусловлены использованием двух способов посева пшеницы, а в юго-восточной части поля — дополнительным применением при посеве гранулированного суперфосфата. Нумерацией обозначены места отбора почвенных образцов

(рис. 2б) она легко обнаруживается в посевах на этом же поле.

На рис. 2б при данном варианте синтезирования наиболее четко прослеживается неоднородность всходов культуры на разных почвах в связи с разным количеством поглощаемой энергии агроценозов.

Однако далеко не всегда удается визуально, непосредственно по космическому снимку, обнаружить наличие на исследуемом поле почв различного типа.

Актуальной задачей исследований по проблеме почвенного дешифрирования является научное обоснование методики синтезирования снимков, полученных в разных диапазонах спектра, и применения разнообразных цветовых каналов на этапе их камеральной обработки.

Те различия отражательной способности почв, которые четко фиксируются при лабораторном изучении почвенных образцов на

фотометрических приборах, в реальных полевых условиях на интенсивно обрабатываемых паровых полях, при отсутствии возделываемых культур, практически не обнаруживаются даже при высоком разрешении съемки и достаточно качественной аппаратуре космических аппаратов.

С каждым годом появляются спутники с дополнительными диапазонами съемки, но потребители в большинстве случаев по-прежнему используют лишь видимую часть спектра в системе RGB.

Сложность определения оптимального варианта синтезирования проявилась при сопоставлении показателей светопоглощения, получаемых как при попиксельном анализе снимка различных известных почв в пределах одного поля в программном комплексе ENVI [5], так и при анализе пробных участков площадью от 100 до 5000 пикселей в программном комплексе Adobe Photoshop. Из 15 вариантов синтезирования в системе RGB двух резко различных типов почв: черноземов и солонцов — мы смогли установить, что более или менее четкую зависимость поглощения солнечной радиации можно обнаружить по красному (Red) каналу съемки. Коротковолновая часть спектра практически не зависит от свойств почвы [3]. По этой причине при углубленном анализе этих результатов мы учитывали среднюю величину, т. е. полусумму поглощения радиации в каналах Green и Blue.

В целях выявления указанных закономерностей были проанализированы не только показатели прямого рассеянного светототражения в отдельных диапазонах спектра, но и показатель GLOW, т. е. «яркость светототражения», или «свечение», который позволяет выявлять программный комплекс Adobe Photoshop [4].

Для оценки объективности выявляемых различий поглощения солнечной радиации различными почвами, а также биогеоценозами был применен метод анализа пирамиды. За ее вершину был принят именно показатель общего целенаправленного «свечения» Glow.

Основанием пирамиды естественно является потенциал поглощения солнечной радиации (ППР), включающий длинноволновую (каналы Red при диапазонах съемки № 3–5) и коротковолновую усредненную величину сине-зеленой части спектра: (Green + Blue): 2, выраженный в процентах от максимума потенциально возможного светототражения (255 ед.).

На рис. 3 приведены пирамиды, отражающие характер ППР на паровых полях и в агроценозах пшеницы, составленные на основе почвенного обследования одного из 200 обследованных полигонов в четырех крестьянско-фермерских хозяйствах Омской области.

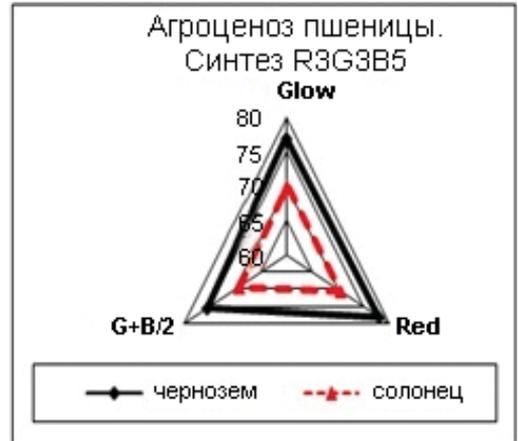


Рис. 3. Оптимальный вариант синтезирования (R3G3B5), учитывающий инфракрасный диапазон съемки, позволяет выявить закономерные различия по спектру поглощения солонцевой экосистемы как в парах, так и в агроценозах пшеницы

Полученные результаты ставят ряд новых вопросов: 1) Какие факторы обуславливают необходимость предпочтительного использования диапазонов 3, 4 и 5 не только при расчетах коэффициентов NDVI, но и на этапе почвенного дешифрирования? 2) Какими критериями следует конт-ролировать оптимизацию показателя ППР? 3) На всех ли типах почв можно пренебрегать различием поглощения синей и зеленой частей солнечного спектра при почвенном дешифрировании материалов ДЗЗ?

В связи с этими вопросами стоит задача совершенствования программных комплексов. Большая их часть сосредоточивает внимание исследователей на выявлении геодезических координат объектов и подсчете занимаемой ими площади. Значительно меньше программных комплексов, облегчающих исследование спектральной характеристики поглощаемой и отражаемой частей солнечной радиации. И, насколько нам известно, только программный продукт Adobe Photoshop позволяет исследовать характер показателя Glow. Применительно к задачам почвоведения, мы успешно использовали его в целях исследования процесса оглеения почв, что подтверждено свидетельством на интеллектуальную собственность [4], а в настоящая время используем при почвенном дешифрировании.

Представляется, что программисты уже в ближайшее время сумеют расширить возможности одного из лучших программных комплексов ENVI с тем, чтобы не применять при решении одной задачи несколько дорогостоящих лицензионных программ.

В заключение предлагается в рамках совершенствования подготовки специалистов по использованию материалов ДЗЗ и ГИС провести коллективное обсуждение методики синтезирования мультиспектральных снимков, так как разработчики новых спутников расширяют диапазоны съемки, а потребители не готовы к их эффективному использованию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куст Г. С., Опыт применения метода эталонирования космических снимков для дешифрирования почвенного покрова сельскохозяйственных полей в Краснодарском крае // Г. С. Куст, А. В. Брызжев, С. Ю. Розов - Доклады по экологическому почвоведению, 2010. — Т. 13, № 1. — С. 50 — 103.
2. Методическое обеспечение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения: Материалы Всерос. науч. конф. — М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2010. — 554 с.
3. Сергеева О. С. Мониторинг почвенного покрова Западной Сибири по данным дистанционного зондирования / О. С. Сергеева, В. М. Красницкий, Л. В. Березин // Плодородие. — 2010. — № 1 (52). — С. 7- 8.
4. Л. В. Березин Отблеск (Glow) как показатель отражательной способности почв // Л. В. Березин, В. А. Чемерилова // Материалы V съезда Всероссийского общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Ростов-на-Дону 2008. — С. 232.
5. Л. В. Березин Использование программного комплекса ENVI для почвенного дешифрирования космических снимков. — Геоматика. — 2011. — №2. — С. 90 — 91.