

П.В. Васюков

Чувашский государственный университет

С.В. Васюков

*Чебоксарский политехнический институт (филиал)
Московского государственного открытого университета*

В.В. Сироткин

*Приволжский федеральный университет
«Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина»*

УДК 631.4

**ДИСТАНЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВ
НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ
ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ LANDSAT¹**

Ключевые слова: гидрофизические свойства почв; космические снимки Земли.

Рассмотрены вопросы использования космических снимков высокого разрешения спутника Landsat для определения гидрофизических параметров почв. В основе системы лежит качественная и количественная связь гидрофизических показателей почв и доступности почвенной влаги для сельскохозяйственных растений со спектральной яркостью космических снимков.

В настоящее время для оценки качественного состояния почвогрунтов в основном используются химические и физико-механические свойства. Данные параметры почв, наряду со всеми их достоинствами (надежность, точность и т.д.), обладают целым рядом существенных недостатков. Прежде всего, это их большая трудоемкость и невозможность экспрессного определения качественных характеристик. Для их выполнения требуются стационарные условия и лаборатория с дорогостоящим оборудованием. Во-вторых, химические и физико-механические методы исследования не дают полной картины явлений, происходящих в почвогрунтах, между тем движение почвенной влаги, ее энергетическое состояние и доступность для растений имеют очень важное, если не основополагающее, значение. На этот факт в современной геоэкологической науке обращают недостаточное внимание. На лимитирующее значение данного фактора в жизнедеятельности экосистем указывают ведущие ученые [1].

¹ Материалы подготовлены при поддержке программы «У.М.Н.И.К» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

На сегодняшний момент времени существуют достаточно хорошо разработанные методы определения гидрофизических и энергетических свойств почв, в том числе и в полевых условиях [2]. Также хорошо разработаны некоторые методы определения химических и физико-механических свойств почвогрунтов средствами дистанционного зондирования Земли [3]. Методических подходов к определению гидрофизических и энергетических свойств почв, по данным дистанционного зондирования Земли, в настоящее время не существует. Разработка данных подходов позволит использовать современные средства дистанционного зондирования Земли, прежде всего космические снимки для определения качественного состояния почвогрунтов в окружающей среде, с позиций энергетического состояния влаги в них. Подобные данные необходимы многим отраслям народного хозяйства страны, прежде всего лесному и сельскому хозяйству.

Для определения гидрофизических параметров зональных почв Европейской России были выбраны полигоны в различных почвенно-ландшафтных зонах Чувашской Республики (рис. 1). На выбранных полигонах был проведен пробоотбор образцов ненарушенного сложения и определены гидрофизические параметры (объемная масса, плотность твердой фазы, объемная влажность, пористость, коэффициент фильтрации, объемная удельная поверхность, объемная удельная энергия). Далее были выбраны материалы дистанционного зондирования Земли, пригодные для определения качественного состояния влаги в почве. Исходя из литературных источников [3], для этой цели были выбраны данные ИСЗ Landsat ETM + (5-й, 1-й 6-й, 2-й 6-й, 7-й канал) за 2000, 2001, 2003 годы [4].

На следующем этапе наших исследований мы использовали данные тепловой инфракрасной съемки. Тепловой инфракрасный диапазон очень широк: он охватывает длины волн от 3 до 1000 мкм, однако большая часть его лучей не пропускается атмосферой. Имеются только три окна прозрачности с длинами волн 3–5, 8–14 и 30–80 мкм, первые два из которых используются для съемки. Интенсивность излучения Солнца в этом диапазоне незначительна, но зато на волны длиной 10–12 мкм приходится максимум собственного теплового излучения Земли. 6-й канал съемочной камеры космического аппарата Landsat 7 ETM+ предназначен для регистрации излучения в этом узком диапазоне длин волн. Регистрирующие приборы, работающие в этом диапазоне (детекторы из ртутнокадмивого теллурида HgCdTe), дают сигналы разной силы для объектов с различной температурой. При построении по этим сигналам изображения – теплового инфракрасного снимка – получают пространственно зафиксированные температурные различия объектов съемки [6].

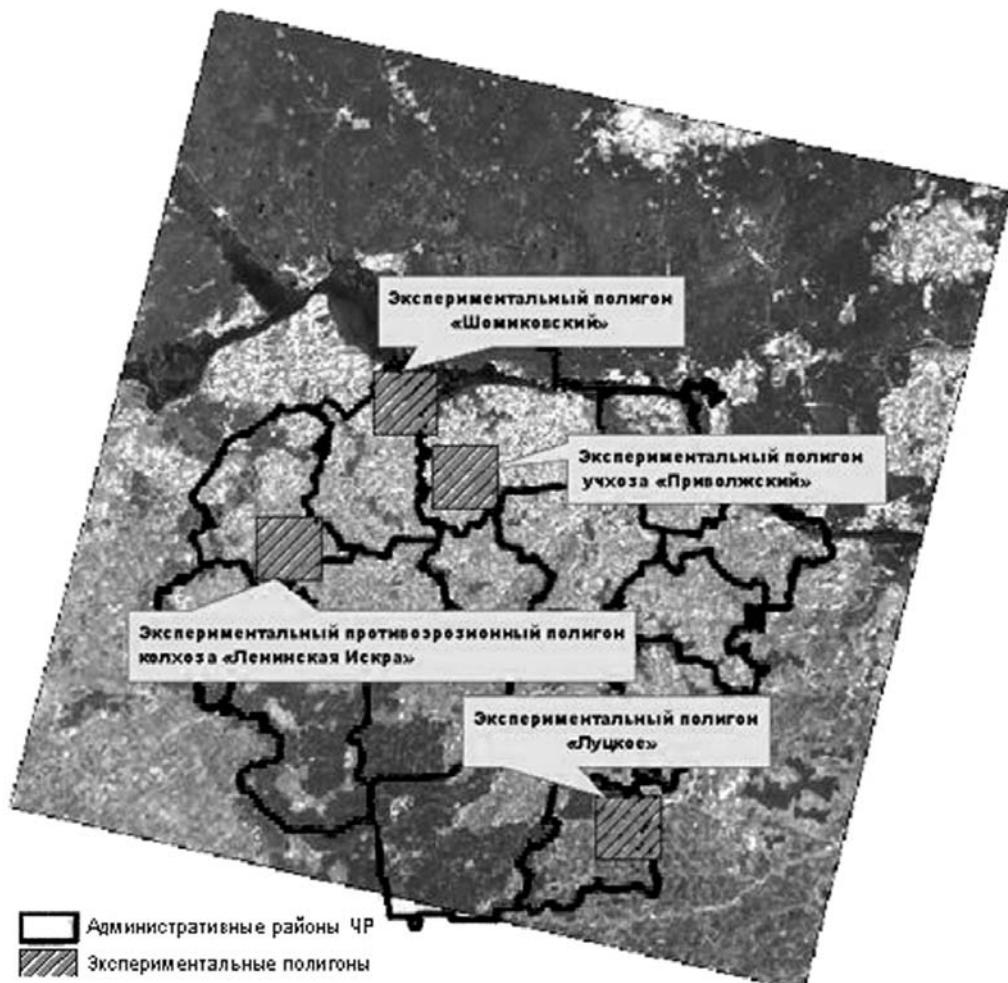


Рис. 1. Местоположение полигонов исследования

После успешного проведения атмосферной коррекции дистанционных данных мы могли извлекать спектральные образы почвогрунтов по космическим снимкам, формируя, таким образом, пространство спектральных признаков дешифрируемых объектов (рис. 2).

Точки опробования в пределах опытных полигонов содержат информацию о гидрофизических свойствах почвы. Для того чтобы присвоить каждому пункту опробования спектральные характеристики и значения яркостной температуры, необходимо извлечь эти значения в точки отбора проб. Далее был проведен статистический анализ данных, включающий корреляционный и регрессионный анализ. Анализ был выполнен в специализированной программной системе STATISTICA v. 6.0. Для анализа были отобраны только данные космической съемки, близкие к моменту полевых пробоотборов. Ими оказались сцены весны 2000 года и осени 2003 года.

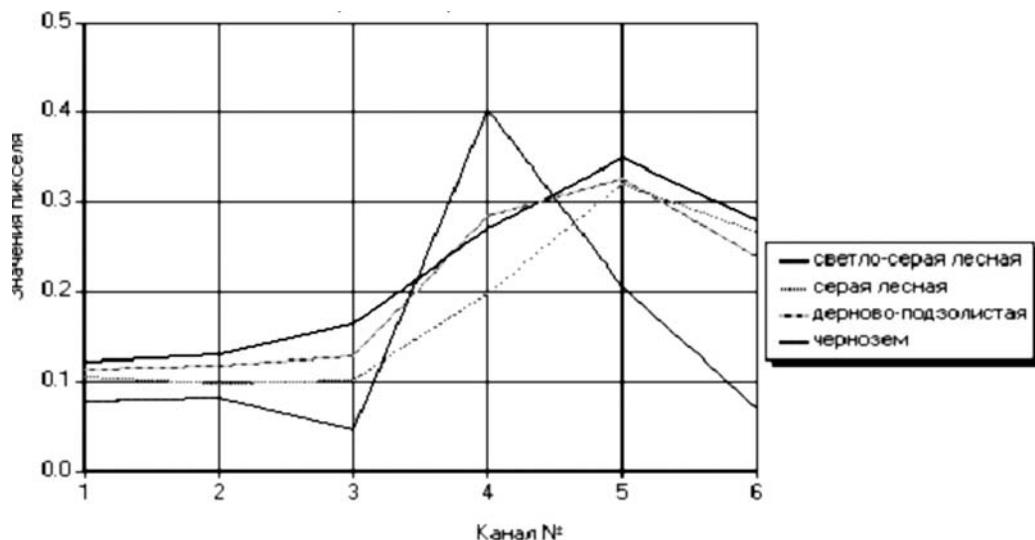


Рис. 2. Спектральная отражательная способность почв

Корреляционный анализ показал наличие значимых корреляционных связей для следующих параметров выборки.

I. 5-го канала (средний ИК) съемки 2000 года и пористости для типа почвогрунтов «серые лесные почвы» (коэффициент корреляции -0.65);

II. 7-го канала (средний ИК) съемки 2003 года и пористости для типа почвогрунтов «серые лесные почвы» (коэффициент корреляции -0.65);

5-го и 7-го канала (средний ИК) съемки 2000 года и пористости для типа почвогрунтов «светло-серые лесные почвы» (коэффициенты корреляции – -0.83 и -0.89 соответственно);

III. 7-го канала (средний ИК) съемки 2003 года и пористости, а также 7-го (средний ИК) съемки 2003 года канала и плотности твердой фазы типа почвогрунтов «светло-серые лесные почвы» (коэффициенты корреляции 0.76 и 0.95 соответственно);

IV. 4-го канала (ближний ИК) съемки 2000 года и пористости типа почвогрунтов «черноземы» (коэффициенты корреляции -0.83 и -0.89 соответственно);

V. 4-го канала (ближний ИК) съемки 2003 года и объемной поверхности твердой фазы типа почвогрунтов «дерново-подзолистые почвы» (коэффициенты корреляции -0.82).

Далее для пар коррелирующих параметров были получены уравнения регрессии, значимые на уровне 95% вероятности. Пример регрессионной зависимости приведен на рисунке 3. В итоге для различных типов почв были получены следующие уравнения регрессии:

- «Пористость 30» = 0.54349 – 0.1437 · «5-й канал 2003 года».
- «Пористость» = 0.53674 – 0.1720 · «5-й канал 2000 года».

- «Плотность твердой фазы» = $2.5355 + 0.37823 \cdot \text{«7-й канал 2003 года»}$.
- «Пористость 10» = $0.57875 - 0.1175 \cdot \text{«7-й канал 2000 года»}$.
- «Пористость 30» = $0.49996 - 0.2254 \cdot \text{«4-й канал 2000 года»}$.
- «Пористость 10» = $0.52072 - 0.2248 \cdot \text{«4-й канал 2000 года»}$.
- «Объемная поверхность твердой фазы 20–40» = $-373000 + 1399000 \cdot \text{«4-й канал 2003 года»}$.

На основании этих уравнений был выполнен пересчет значений данных дистанционного зондирования в гидрофизические параметры почвогрунтов (такие как пористость, плотность твердой фазы, объемная поверхность твердой фазы) в пределах сельскохозяйственных полей.

Карта сельскохозяйственных угодий с определенным типом почвогрунтов была получена из векторных данных предыдущих исследователей с использованием набора инструментов наложения ArcToolbox. Для уточнения ситуативного плана была проведена классификация космического снимка самоорганизующимся способом кластеризации ISODATA в среде ERDAS IMAGINE. Результаты классификации были конвертированы в класс пространственных объектов векторной полигональной геометрии. Впоследствии они были использованы для корректировки сельскохозяйственных полей по типу почв и в качестве маски анализа при пересчете значений спектральной отражательной способности в гидрофизические параметры.

Операции по расчету гидрофизических параметров выполнялись в растровом калькуляторе модуля Spatial Analyst ArcGIS. Один из примеров качественного представления результатовображен на рисунке 3.

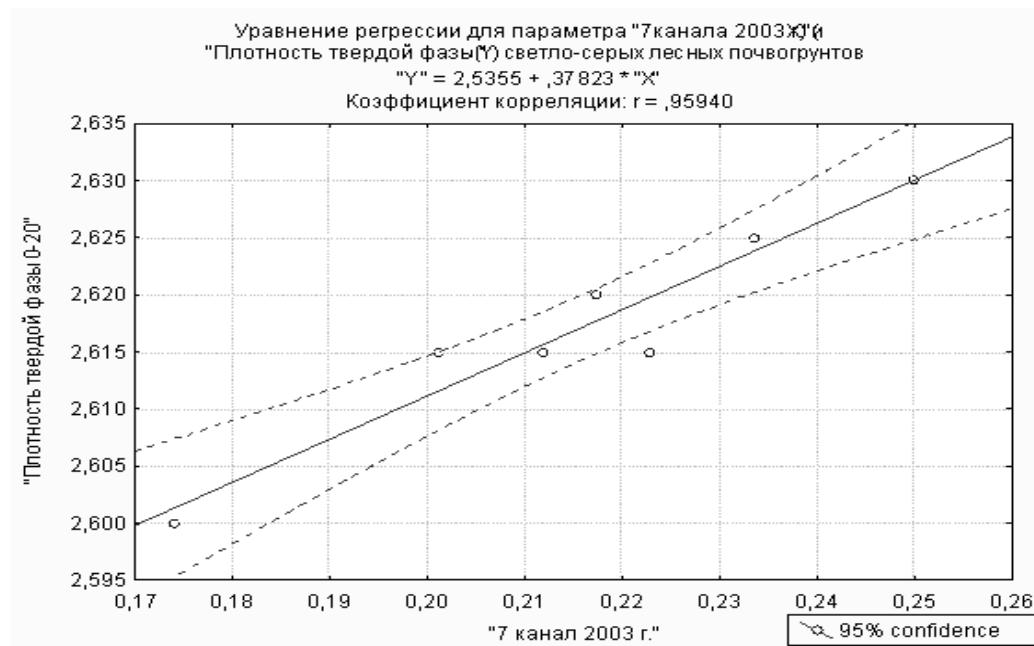


Рис. 3. Результаты регрессионного анализа для пары взаимокоррелирующих параметров

Таким образом, полученные результаты являются приближенным решением поставленной задачи, так как методика еще не отработана, а результат требует проверки. Опыт работы показал, что для получения статистически значимых результатов, требуется гораздо большее количество полевых наблюдений и по возможности полная синхронизация полевой и космической съемок

ЛИТЕРАТУРА

1. Шеин Е.В., Гончаров. В. Агрофизика. Ростов-на-Дону: Изд-во «Феникс», 2006. 399 с.
2. Сироткин В.В., Сироткин В.М. Прикладная гидрофизика почв. Чебоксары: Изд-во ЧГУ, 2001. 252 с.
3. Кравцова В.И. Космические методы исследования почв. М.: Аспект-Пресс, 2005. 190 с.
4. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 336 с.
5. Кравцова В.И. Космические методы картографирования / под ред. Ю.Ф. Книжникова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 240 с.
6. <http://www.sovzond.ru>

**P.V. Vasyukov, S.V. Vasyukov, V.V. Sirotkin
Distance Estimation of Soil Hydro-Physical Parameters
on the Basis of High-Resolution Satellite Images Landsat**

Key words: Soil hydro-physical properties; satellite imagery of the Earth

The article deals with the issues of using the satellite Landsat high-resolution images for estimation of soil hydro-physical parameters. The system is based on qualitative and quantitative correlation of soil hydrophysical properties with availability of soil moisture for crops with spectral brightness of satellite images.