

ИЗУЧЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ ПО ОСКОЛЬЯ ПО ДАННЫМ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

© 2011 П.А. Украинский, О.А. Чепелев

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Поступила в редакцию 16.05.2011

Работа посвящена проблематике дешифрирования гранулометрического состава почв по данным дистанционного зондирования Земли. По снимкам Landsat 5TM произведено изучение гранулометрического состава почв ключевого участка, расположенного на левом берегу р. Оскол, в Старооскольском районе Белгородской обл. Результаты дешифрирования сопоставлены с почвенной картой и данными лабораторного анализа гранулометрического состава. Выявлена зависимость между содержанием частиц размером менее 0,01 мм и отражательной способностью почв в диапазоне длин волн 630-690 нм.

Ключевые слова: *дистанционное зондирование Земли, гранулометрический состав почв, дешифрирование*

В настоящее время практически во всех регионах России существует проблема устаревания почвенных карт. Выполнение почвенной съемки традиционными методами является достаточно затратным процессом, поэтому учеными признается необходимость повсеместного применения автоматизированных методов обработки данных дистанционного зондирования Земли для изучения и картографирования почвенного покрова [7]. Отечественными и зарубежными специалистами разрабатываются методики применения космической съемки для оценки гранулометрического состава почв, как на качественном, так и количественном уровнях. Уравнения расчета содержания физического песка и физической глины по данным Landsat разработаны для почв Бразилии и США [10, 11]. В СНГ широкую известность получили методики, разработанные в НИИ почвоведения им. Соколовского (Украина, г. Харьков) [8, 9].

Цель исследований: получение опыта дешифрирования гранулометрического состава черноземов Поосколья по данным ДЗЗ.

Почвенный покров указанного района отличается пестротой – чересполосным распространением черноземов и серых лесных почв, почв образовавшихся на лессовидных суглинках и на элювии мела. Особый интерес представляет левобережное Поосколье. Здесь распространены почвы легкого гранулометрического состава, сформированные на аллювии речных террас Оскола, в то время как в других частях Белгородской области преобладают почвы тяжелого гранулометрического состава [1].

Для исследований выбран полигон, расположенный в южной части Старооскольского района Белгородской области (рис. 1). Он представляет собой ряд полей вдоль южной границы ЗАО «Имени Кирова», протянувшийся на восток от Оскола. Длина участка составляет 6,7 км, ширина – 2,3 км. По периферии участок ограничивается узкими балками, протянувшимися в направлении Оскола. Территория имеет слабое эрозионное расчленение. Почвообразующие породы представлены аллювиальными песками и суглинками 1-4 террас Оскола. Вдоль восточной границы исследуемого участка встречаются лессовидные суглинки. Таким образом, фактором, сильно влияющим на разнообразие почвенного покрова, является гранулометрический состав почв, обусловленный материнскими породами.

Материалы и методы исследований. Для дистанционного изучения гранулометрического состава почв был использован снимок со спутника Landsat 5TM за 7 мая 1996 г. В качестве вспомогательного материала при дешифрировании привлекались фондовые картографические материалы: почвенная карта ЗАО «Имени Кирова» и топографическая карта масштаба 1:100000. Обработка материалов космической съемки проводилась в 3 этапа. Сначала было осуществлено визуальное дешифрирование и выделены границы исследуемого участка. При помощи программного комплекса ArcGIS по космическим снимкам в пределах изучаемой территории векторизовались очертания лесов, населенных пунктов и овражно-балочно-долинной сети. Также была оцифрована почвенная карта. Путем вырезания контуров лесов, населенных пунктов и овражно-балочно-долинной сети из полигона исследуемого участка получена маска пашни. Дальнейшее изучение почвенного покрова проводилось внутри этой маски. Поскольку поля периодически вспахиваются, их почвенный покров можно дешифрировать по прямым дешифровочным признакам. Вся последующая обработка снимков производилась в программе ENVI 4.6.

Украинский Павел Александрович, младший научный сотрудник. E-mail: ukrainski@bsu.edu.ru
Чепелев Олег Анатольевич, кандидат географических наук, начальник отдела геоинформатики. E-mail: chepelev@bsu.edu.ru

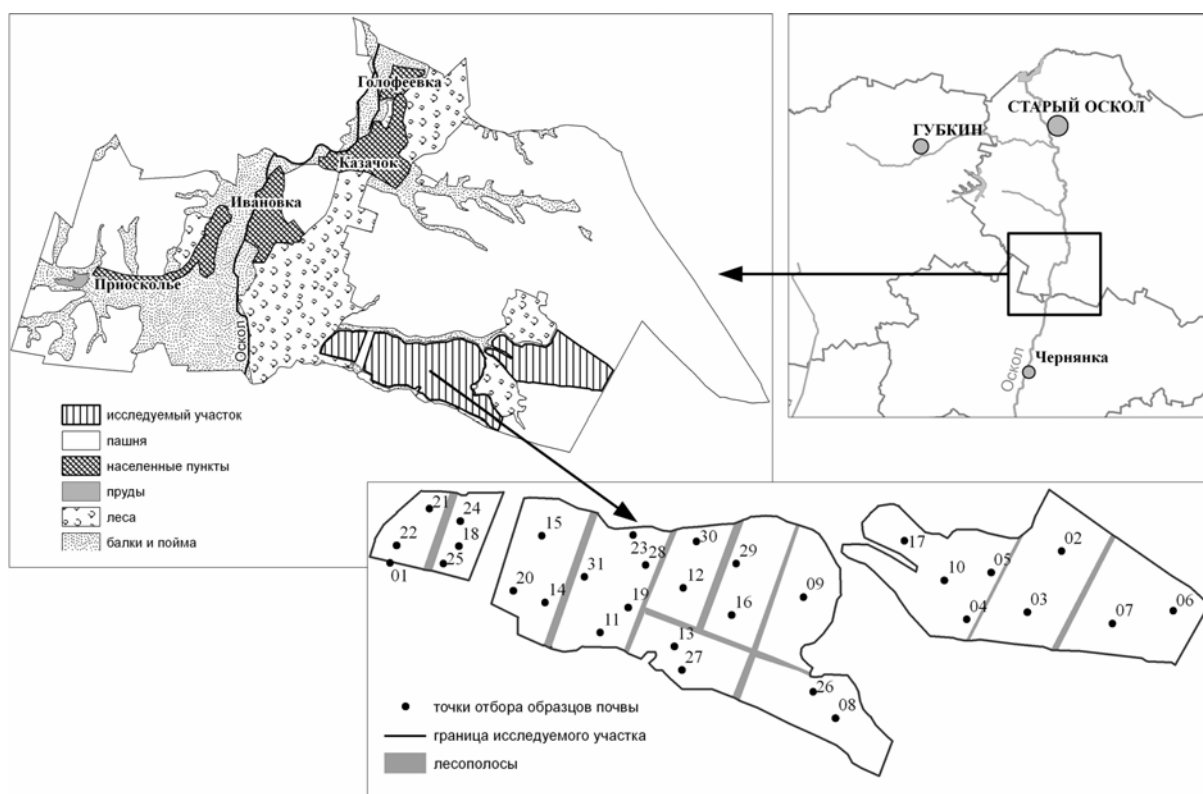


Рис. 1. Схема расположения участка проведения исследований

На втором этапе внутри масок пашни выделяли участки оголенной почвы. Для этого был построен растр значений вегетационного индекса NDVI, отрицательные значения которого указывают на отсутствие растительности. Ареалы с отрицательным NDVI были извлечены в векторном виде и в дальнейшем использовались при классификации снимка в качестве маски голых почв.

Третий этап включал проведение контурного (установления границ почвенных выделов) и генетического дешифрирования (идентификация содержимого выдела). Исходный снимок был преобразован по методу главных компонент, затем проведена неконтролируемая классификация по алгоритму ISODATA для многоканального изображения, созданного из трех первых главных компонент. Порог сходимости был задан на уровне 5%, количество итераций 20, количество классов от 5 до 10. Результаты классификации подверглись сглаживанию мажоритарным фильтром с шагом 5x5 пикселей. Полученные классы были объединены друг с другом с учетом информации о схожести соответствующих областей обработки (в терминологии ENVI – ROI Separability) [6]. Итоговое число классов было принято равным числу градаций гранулометрического состава почв исследуемой территории в легенде почвенной карты хозяйства. Для идентификации гранулометрического состава почв полученных выделов без использования сведений почвенной карты, из космического снимка были извлечены кривые спектральной яркости выделов по стандартной шкале из 256

градаций. Известно, что величина отражения для почв уменьшается с утяжелением гранулометрического состава [3]. На этой основе было установлено соответствие полученных классов пунктам легенды почвенной карты хозяйства, которая включает песчаные, супесчаные, легко-, средне- и тяжелосуглинистые почвы.

Результаты и их обсуждение. Результаты дешифрирования были сопоставлены с почвенной картой ЗАО «Имени Кирова» (масштаб 1:20000). Установлено, что общий характер изменения гранулометрического состава почв исследуемого участка по результатам дешифрирования и данным почвенной карты хозяйства совпадают: с востока на запад гранулометрический состав почв становится более легким, меняясь от тяжелосуглинистого до песчаного (рис. 2). В то же время картограмма гранулометрического состава, составленная по результатам дешифрирования, имеет большую детальность, чем почвенная карта хозяйства: выделы отличаются более сложной формой, а их границы – большей извилистостью (периметр выделов почвенной карты хозяйства – 67,8 км, а созданной электронной карты – 142,3 км). Общее число почвенных выделов на созданной нами карте, больше, чем на почвенной карте хозяйства (145 и 25 выделов соответственно). При этом дешифрирование космических снимков позволило обнаружить выделы небольшой площади. Наименьший выдел почвенной карты имеет площадь 1,9 га, наименьший выдел, нанесенный на карту по результатам дешифрирования – 0,21 га.

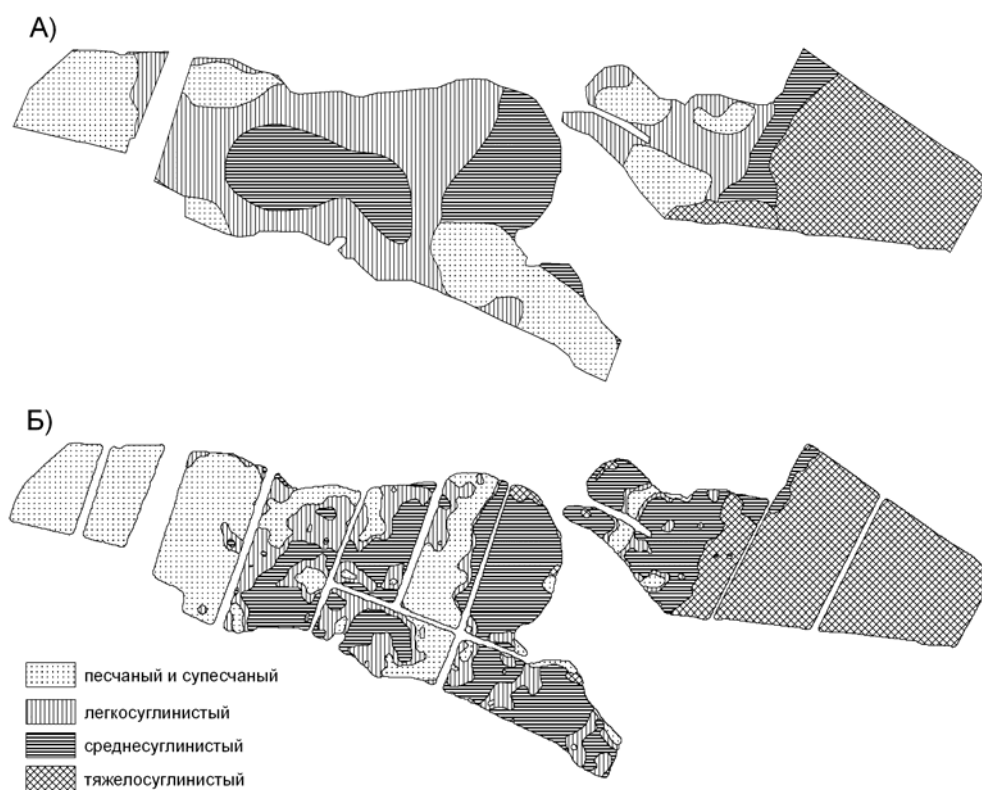


Рис. 2. Гранулометрический состав почв по данным почвенной карты (А) и результатам дешифрирования (Б)

Выявленные отличия между результатами дешифрирования и почвенной картой связаны, прежде всего, с разной степенью генерализации этих материалов. Из-за значительной трудоемкости при почвенной съемке производится закладка минимально возможного количества почвенных разрезов, что ведет к высокой степени генерализации почвенных карт [2]. Космические снимки позволяют извлечь данные о почвенном покрове из каждого пикселя изображения. Тем самым достигается меньшая степень генерализации [4].

На этапе проведения генетического дешифрирования отслеживались только изменения гранулометрического состава почв. Однако справедливо полагать, что и другие характеристики, влияющие на спектральную отражательную способность почв, распределяются согласно границам полученных выделов. К таким характеристикам относят содержание гумуса, влажность, содержание соединений железа. В большинстве случаев отражательная способность почвы формируется в результате совместного воздействия нескольких показателей на ее оптические свойства, т.к. свойства почв, оцениваемые указанными показателями, формируются под комплексным влиянием факторов почвообразования [3]. В результате различные свойства почвы в той или иной степени коррелируют друг с другом.

Для проверки результатов дешифрирования был произведен отбор почвенных образцов и последующее определение гранулометрического

состава методом пипетки. Всего отобран 31 образец из поверхностного горизонта почв, точки отбора достаточно равномерно распределены по исследуемой территории (см. рис. 1). Данные лабораторного изучения гранулометрического состава совпадают с данными почвенной картой хозяйства в 13 случаях из 31, а с результатами дешифрирования – в 16 случаях из 31. При этом наиболее точно были выделены почвы легкого механического состава. Таким образом, можно утверждать, что проведенное по опытной схеме дешифрирование дало результаты, сопоставимые по точности со стандартными методами картографирования гранулометрического состава.

Для выявления количественных зависимостей, после проведения радиометрической калибровки исходного снимка Landsat 5 TM были рассчитаны значения коэффициента отражения поверхности в 6 каналах изображения. Далее в геоинформационной системе ArcGIS значения коэффициента отражения были извлечены в точки отбора почвенных образцов. С целью выявления связи коэффициента отражения и содержания частиц различных гранулометрических фракций в MS Excel произведено построение точечных диаграмм с определением коэффициентов детерминации (R^2). Наибольшие значения коэффициентов детерминации были получены при использовании полиномиальных зависимостей второго порядка (табл.). Как следует из таблицы, коэффициент отражения во всех каналах снимка имеет тесную связь с содержанием частиц размерности 0,25-1 мм. Выявленная закономерность

согласуется с результатами, полученными А.В. Шатохиным и М.А. Лындиным при изучении черноземов Донбасса [9]. Высокие коэффициенты детерминации получены также для уравнений по фракции 0,005-0,01 мм. Следует отметить, что для определения градации гранулометрического состава по Н.А. Качинскому используется

процентное содержание частиц физической глины (с диаметром менее 0,01 мм), которое лучше всего коррелирует с коэффициентом отражения поверхности почвы по данным третьего (630-690 нм) канала сенсора ТМ. График этой зависимости представлен на рис. 3.

Таблица. Коэффициенты детерминации (R^2) зависимостей отражения поверхности почвы от содержания частиц различных гранулометрических фракций для полиномиальных моделей аппроксимации второго порядка

Фракции гранулометрического состава	Каналы сенсора Landsat 5 TM					
	1	2	3	4	5	7
0,250-1,000	0,82	0,86	0,83	0,81	0,85	0,80
0,050-0,250	0,26	0,26	0,21	0,27	0,27	0,28
0,010-0,050	0,37	0,43	0,45	0,37	0,37	0,32
0,005-0,010	0,70	0,72	0,75	0,69	0,68	0,65
0,001-0,005	0,64	0,61	0,69	0,52	0,58	0,55
менее 0,001	0,50	0,52	0,59	0,46	0,50	0,41
сумма >0,010	0,70	0,71	0,77	0,64	0,65	0,62
сумма <0,010	0,70	0,71	0,77	0,64	0,67	0,62

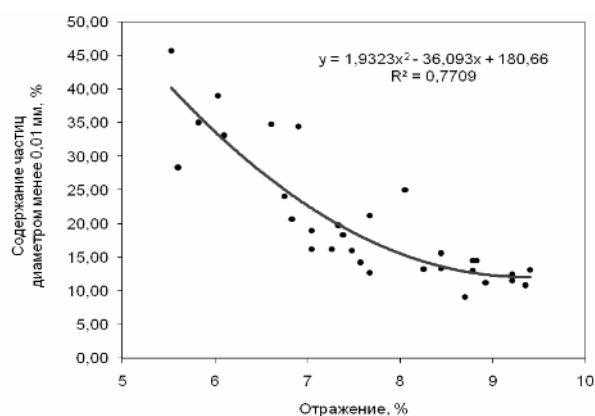


Рис. 3. Связь коэффициента отражения поверхности в третьем (630-690 нм) канале Landsat 5TM и содержания глинистых частиц в поверхностном слое почв

Выводы: исследование показало, что методы автономной классификации изображения с соответствующей постклассификационной обработкой результатов могут применяться при дешифрировании гранулометрического состава почв по данным многозональной космической съемки. Полученные в ходе дешифрирования картограммы согласуются с данными почвенной карты и отличаются большей детализацией. В то же время результаты лабораторного анализа гранулометрического состава почв не позволяют сделать вывод о более высокой точности автоматизированного дешифрирования космических снимков в сравнении с традиционными методами картографирования почвенного покрова.

При анализе спектральной отражательной способности поверхности почв наиболее достоверная связь установлена для значений коэффициента отражения во всех каналах сенсора ТМ

(Landsat 5) и содержания песчаных частиц в почве. Для большинства фракций гранулометрического состава тесной оказалась связь содержания частиц с коэффициентом отражения поверхности в диапазоне длин волн 630-690 нм. Зависимость коэффициента отражения в этом диапазоне от содержания частиц с диаметром менее 0,01 мм в почве описывается квадратным уравнением с коэффициентом детерминации 0,77. Полученное уравнение может быть использовано для прогнозирования содержания физической глины в почвах по данным космической съемки Landsat 5-7. Для повышения точности такого прогноза возможно использование региональных поправочных коэффициентов, учитывающих влияние содержания гумуса и влажности на спектральную отражательную способность почв.

Работа выполнена в рамках мероприятия 1.3.2. «Проведение научных исследований целевыми аспирантами» ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (Проект П141)

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ (проект МК-1189.2010.5)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Ахтырцев, Б.П.* Почвенный покров Белгородской области: структура, районирование и рациональное использование / *Б.П. Ахтырцев, В.Д. Соловченко.* – Воронеж: Изд-во Воронеж гос. ун-та, 1984. 268 с.
2. *Евдокимова, Т.И.* Почвенная съемка. Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1987. 272 с.
3. *Кондратьев, К.Я.* Аэрокосмические исследования почв и растительности / *К.Я. Кондратьев, В.В. Козодеров, П.П. Федченко.* – Л.: Гидрометеоздат, 1986. 229 с.
4. *Кравцова, В.И.* Космические методы исследования почв / *В.И. Кравцова.* – М.: Аспект Пресс, 2005. 190 с.

5. Природные ресурсы и окружающая среда Белгородской области / П.М. Авраменко, П.Г. Акулов, Ю.Г. Атанов и др.; под ред. С.В. Лукина. – Белгород, 2007. 556 с.
6. Программный комплекс ENVI: Учеб.пособие. – М.: компания «Совзонд», 2007. 265с.
7. Савин, И.Ю. Автоматизированная инвентаризация почв на основе материалов дистанционных съемок: возможности и перспективы // Региональные проблемы экологии, географии и картографии почв. – М.: Изд-во МГУ, 1998. С. 91-101.
8. Шатохин, А.В. Использование современных технологий при картографировании почвенного покрова Северной Донецкой степи / А.В. Шатохин, А.Б. Ачасов // Почвоведение. 2005. № 7. С. 790-798.
9. Шатохин, А.В. Сопряженное изучение черноземов Донбасса наземными и дистанционными методами / А.В. Шатохин, М.А. Лындин // Почвоведение. 2001. № 9. С. 1037-1044.
10. Nanni, M.R. Spectral Reflectance Methodology in Comparison to Traditional Soil Analysis / M.R. Nanni, J.A.M. Dematte // Soil Sci.Soc.Am.J., 2006. V. 70, № 2. P. 393-407.
11. Sullivan, D.G. IKONOS Imagery to Estimate Surface Soil Property Variability in Two Alabama Physiographies / D.G. Sullivan, J.N. Shaw, D. Rickman // Soil Sci.Soc.Am.J. 2005. V. 69, № 6. P. 1789-1798.

STUDYING OF SOILS GRANULOMETRIC STRUCTURE AT POOSKOLYE ACCORDING TO SPACE PICTURES DECODING

© 2011 P.A. Ukrainskiy, O.A. Chepelev

Belgorod State National Research University

Work is devoted a problematics of deciding the soils granulometric structure according to Earth distance sounding of the Earth. On pictures of Landsat 5TM it was studied the soils granulometric structure at key area located on the left coast of Oskol river, in Old Oskolsky region in Belgorod oblast. Decoding results are compared with soil card and data of the granulometric structure laboratory analysis. Dependence between the maintenance of particles in the size less than 0,01 mm and reflective ability of soils in range of wave lengths of 630-690 nanometers is revealed.

Key words: *Earth distance sounding, soils granulometric structure, decoding*

Pavel Ukrainskiy, Minor research Fellow. E-mail:

ukrainski@bsu.edu.ru

*Oleg Chepelev, Candidate of Geography, Chief
of the Geoinformatic Department. E-mail:*

chepelev@bsu.edu.ru