НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И РАБОТЫ С ДАННЫМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (ДДЗ)

УДК 502.5+528.88

DOI: 10.23885/2500-123x-2018-2-3-94-100

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

О.Е. Архипова^{1,2}, К.А. Кравченко²

¹Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

arkhipova@ssc-ras.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследования состояния почвенного покрова Ростовской области на основе данных дистанционного зондирования. Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью изменения и обновления базы исследований почвенно-географического районирования. В качестве модельных объектов выбраны два района Ростовской области существенно отличающиеся по составу почвенного покрова. Для оценки состояния почвенного покрова был использован метод, основанный на вычислении коэффициентов почвенной линии. Информационной базой исследования являются данные почвенных карт Ростовской области, данные земельного реестра Российской Федерации и собранный архив космических снимков Landsat 8 за период 2013–2018 годы. Построенные модели показали, что значения коэффициентов хорошо согласуются с типом почвенного покрова, увеличение коэффициентов соответствует изменению в плодородии почв. Изменение коэффициента от минимума к максимуму соответствует повышению плодородия почв. Наибольшие значения соответствуют южным черноземам, а наименьшие – солончакам. Спектральные индексы, рассчитываемые на основе параметров почвенной линии, могут успешно применяться для дешифрирования оголенной пашни.

Ключевые слова: почвенные ресурсы, почвенная линия, дистанционное зондирование земли, спектральные индексы, модели

Введение. Неоднородности почвенного покрова являются важным фактором, определяющим ресурсный потенциал земель и возможности их сельскохозяйственного использования. При этом вопрос оперативного и низкзатратного картографирования неоднородностей почвенного покрова на сегодняшний день все еще остается не решенным. Изучению неоднородностей и контрастности почвенного покрова уделяется значительное внимание при любых почвенно-картографических и земельно-оценочных работах [1,2,3]. Современной тенденцией в решении проблем классификации почвенного покрова для решения проблем её кадастрового учёта является использование электронной картографии и дистанционного мониторинга, анализ состояния почвенного покрова, его изменение или деградация, накопление объективных данных в связи с перераспределением земельного фонда по категориям, образованием новых и упорядочением существующих землевладений и земель находящихся в землепользовании

В период с 2008–2016 год изучение почвенных ресурсов в Ростовской области значительно активизи-

ровалось. Множество наземных съёмок, полевых исследований региона, лабораторные исследования подтверждают ухудшение качества земель. Оценка экологического состояния почв производится с помощью химических и биологических критериев, а также показателей физической деградации сельскохозяйственных угодий. Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью изменения и обновления базы исследований почвенно-географического районирования, возможностью следить за тенденцией изменения почвенного покрова с помощью дистанционного зондирования, возможностью представления полной картины состояния земель, их улучшения и сохранения плодородности, с целью расчёта их бонитировки и рейтинговой оценки в государственном кадастровом учёте.

Дешифрирование открытой поверхности почвы является одной из ключевых задач в аэрокосмическом мониторинге земель сельскохозяйственного назначения. Аэрокосмические снимки позволяют выявить структуру почвенного покрова, состояние посевов, а также путем измерения отражательной

способности почв количественно (или полуколичественно) определить содержание гумуса, температуру почв, развитие эрозии и другие характеристики. Данные аэрокосмического зондирования должны контролироваться путем наземного обследования эталонных участков, расположенных в пределах массивов наблюдения. Среди методов автоматизированного дешифрирования особенно перспективен метод спектральных индексов.

Основной задачей исследования является применение одного из известных методов оценки открытых поверхностей, основанном на построении линии почв для оценки почвенных ресурсов Ростовской области.

Материалы и методы исследования. В качестве модельных объектов были выбраны два района Ростовской области – зерноградский и дубовский. Территория Дубовского района расположена в зоне полупустынной степи, климат резко континентальный. Преобладающие почвы Дубовского района – каштановые, пойменные, солонцовые. Зерноградский район располагается в южной части Ростовской области (РО). На юге граничит с Краснодарским краем. Площадь занимаемой территории – 2663 км². Преобладающие почвы – чернозёмы, более 90 %.

Основные материалы исследования представлены Почвенной картой Ростовской области, мас-

штаб 1:100 000, с градацией по основным видам почв представленных в РО, Почвенной картой Единого государственного реестра почв Российской Федерации (ЕГРПР) и архивом космоснимков Landsat 8 за период 2013–2018 гг.

В соответствии с концептуальной структурой ЕГРПР, раздел «Почвы» представлен:

– семантической частью, включающей диагностику и описание почв, которые реализуются через название почв и характеристики объектов: «Горизонт > Профиль»

– геометрической частью, включающей полигоны цифровой почвенной карты РСФСР масштаба 1:2 500 000 [4].

На рисунке 1 и 2 представлены фрагменты карт Дубовского и Зерноградского района: А – фрагмент карты административного деления, Б – фрагмент оцифрованной почвенной карты по делению на основные типы почв, В – фрагмент карты с наложением космического снимка естественной цветовой палитры с открытыми и засеянными полями, Г- фрагмент публичной кадастровой карты с кадастровым номером (тип – кадастровый округ) с количеством кварталов, количеством границ участков и объектов капитального строительства (ОКС) для более детального и полного представления данных.

Рис. 1- Дубовский район: А- исследуемый участок (ИУ); Б – структура землепользования(ИУ); В – космический снимок Landsat 8 (ИУ); Г- кадастровая карта (ИУ).

Рис. 2- Зерноградский район: А- (ИУ); Б – структура землепользования на (ИУ); В – космический снимок Landsat 8 (ИУ); Г- кадастровая карта (ИУ).

В качестве спутниковых данных были использованы космические снимки спутниковой системы Landsat 8, 14 космических изображений с разными каналами спектра (11), с выбранными для анализа 4(RED) и 5(NIR) красного и инфракрасного каналов за период с 2013 по 2018 год.

Критериями для отбора космических снимков, являлись: дата съёмки, применительно к почвам – период ранней вспашки почвы, почв на этапе под-

готовки к засеванию, погодные условия (облачность не более 10 %), а также пространственный охват территории (табл.1,2).

На спектральную отражательную способность (СОС) пахотных почв влияет множество факторов. На спектральное отражение, поглощение и излучение почв влияют постоянные параметры и ежегодно меняющиеся, из которых выделяются: минеральный состав, фракционность (размер частиц) содержание

Таблица 1

Список отобранных для исследования космических снимков

Дубовского района периода 2013–2018 года.

№ снимка	Имя каталога/название сцены	Дата съёмки
1	LC08_L1TP_172027_20170504_01_T1	03.05.2013
2	LC08_L1TP_172027_20170422_01_T1	07.06.2014
3	LC08_L1TP_172027_20170420_01_T1	10.08.2014
4	LC08_L1TP_172027_20170406_01_T1	13.08.2015
5	LC08_L1TP_172027_20170405_01_T1	29.08.2015
6	LC08_L1TP_172027_20170403_01_T1	03.09.2015
7	LC08_L1TP_172027_20170328_01_T1	08.03.2016
8	LC08_L1TP_172027_20170327_01_T1	09.04.2016
9	LC08_L1TP_172027_20170323_01_T1	14.07.2016
10	LC08_L1TP_172027_20170322_01_T1	03.07.2016
11	LC08_L1TP_172027_20170317_01_T1	11.03.2017
12	LC08_L1TP_172027_20170515_01_T1	28.04.2017
13	LC08_L1TP_172027_20170826_01_T1	18.08.2017
14	LC08_L1TP_172027_20180415_01_T1	15.04.2018

Таблица 2

Список отобранных для исследования космических снимков

Зерноградского района периода 2013–2018 года.

№ снимка	Имя каталога/название сцены	Дата съёмки
1	LC08_L1TP_172027_20170515_01_T1	28.04.2017
2	LC08_L1TP_174027_20170505_01_T1	01.05.2013
3	LC08_L1TP_174027_20170421_01_T1	23.07.2014
4	LC08_L1TP_174027_20170406_01_T1	26.07.2015
5	LC08_L1TP_174027_20170406_01_T1	11.08.2015
6	LC08_L1TP_174027_20170405_01_T1	27.08.2015
7	LC08_L1TP_174027_20170929_01_T1	17.09.2017
8	LC08_L1TP_174028_20170503_01_T1	20.07.2013
9	LC08_L1TP_174028_20170423_01_T1	04.05.2014
10	LC08_L1TP_174028_20170408_01_T1	23.05.2015
11	LC08_L1TP_174028_20170403_01_T1	28.09.2015
12	LC08_L1TP_174028_20170327_01_T1	07.04.2016
13	LC08_L1TP_174028_20170317_01_T1	09.03.2017
14	LC08_L1TP_174027_20170322_01_T1	29.08.2016

соединений железа(окислов и гидроокислов железа) и органических соединений (гумуса), карбонатов, солей, минералогический состав, а также структура и рельефность (сглаженность поверхности) почв.

Изменение указанных выше свойств влияет на изменение спектральной кривой. Если взять во внимание видимую и ближнюю инфракрасную область спектра можно выделить две группы свойств почвы, несущих два типа изменений кривой [3].

Изменения первой группы свойств почв выражается в изменении величины интегрального отражения, при этом распределение энергии по спектру не меняется, соответственно не меняется сама форма спектральной кривой, это такие свойства как влажность, гранулометрический состав, структура почвенного покрова. Изменения второй группы влияют на изменения формы спектральной кривой, это химический и минералогический состав почвы, они изменяют цветовую гамму почв. Прямая зависимость спектральной отражательной способности почв с их классификационной составляющей пока не выявлена, но это не мешает использовать (COC) почв как индикатор неоднородности и их дистанционного мониторинга [3].

Среди всего разнообразия спектральных индексов особый интерес для дешифрирования открытой почвы представляют индексы, основанные на параметрах почвенной линии, концепцию которой впервые предложили Richardson и Wiegand [5]. Одним из таких индексов является индекс TSAVI.

$$TSAVI = \frac{s \cdot (NIR - s \cdot RED - a)}{(a \cdot NIR + RED - a \cdot s + X \cdot (1 + s^2))} \quad (1)$$

TSAVI (Transformed Soil Adjusted Vegetation Index) трансформированный скорректированный почвенный индекс растительности, впервые описан Baret et al. (1990) [7] и Baret and Guyot (1991)[8]. Этот индекс предполагает, что почвенная линия может иметь произвольный наклон и пересечение с осью координат, и использует эти величины для уточнения вегетационного индекса. Параметр «X» введен для «корректировки уменьшения фонового почвенного влияния». В авторской статье этот фактор указан как 0.08. Почвенная линия – это линия, описывающая вариации яркостей почвы в двумерном пространстве спектральных индексов. Осями этого пространства являются отражение в красной и ближней инфракрасной части спектра. Она представляет собой зависимость между отражательной способностью почвы в ближнем инфракрасном (NIR) и красном (R) участках спектра.

$$NIR = \beta_1 \cdot R + \beta_0 \quad (2)$$

где β_1 – угловой коэффициент, β_0 – смещение (величина отрезка, который отсекает прямая на оси ординат, считая от начала координат).

В большинстве случаев почвенная линия используется в основном для оценки состояния растительного покрова, а именно для того чтобы минимизировать влияние почвенного фона на вегетационные индексы. Согласно [6], невозможно получить глобальную почвенную линию, характеризующую все почвенные типы, потому что такая линия будет линейной только на некоторых участках диапазона вследствие колебаний, вызываемых различными почвенными свойствами. Это вполне согласуется с концепцией разделения свойств почв на две группы в соответствии с их влиянием на СОС почв.

Коэффициенты уравнения (параметры почвенной линии) не являются универсальными и различаются по крупным географическим регионам. Поэтому были поставлены, две ключевых задачи:

- определить параметры почвенной линии для районов Ростовской области (наклон, координата пересечения с осью абсцисс «а», угол наклона почвенной линии «s», координата пересечения с осью ординат);
- рассчитать наиболее эффективный спектральный индекс (TSAVI), использующий параметры почвенной линии для оценки почвенных ресурсов Ростовской области.

Используемая методика – определение параметров почвенной линии для отдельных регионов Российской Федерации подробно описана в работах [1,2,3]. Однако для Ростовской области выполняется впервые.

В данной работе изложена последовательная методика определения почвенной линии для различных районов, которая позволяет рассчитать эти параметры для любого региона.

Результаты и обсуждение. Весь процесс обработки данных выполнялся в программе ArcGIS 10.5.

Тематическая обработка состояла из следующих этапов:

- 1) создание сетки с шагом в 200 м на территории исследуемого района
- 2) извлечение данных почвенной карты в точках регулярной сетки
- 3) извлечение данных о спектральной отражательной способности каналов NIR и RED из архивов данных космической съемки
- 4) определение параметров почвенной линии с применением метода наименьших квадратов по каждому типу почвы
- 5) построение спектрального индекса TSAVI, основанного на параметрах почвенной линии
- 6) построение почвенных карт районов с использованием коэффициентов почвенных линий
- 7) проверка точности дешифрирования открытой поверхности почвы

Рис. 3. Классификация почв по коэффициентам почвенной линии (Зерноградский район)

Рис. 4. Классификация почв по коэффициентам почвенной линии (Дубовский район)

Для автоматизации процесса в среде ArcGis были построены геоинформационные модели, с помощью которых были получены данные для построения зависимости NIR-RED. Для определения коэффициентов « β_1 » и « β_0 » почвенной линии был использован метод наименьших квадратов (МНК, англ. Ordinary Least Squares, OLS), основанный на минимизации суммы квадратов отклонений некоторых функций от искомым переменных. Суть метода заключается в нахождении коэффициентов линейной зависимости, при которых функция двух переменных «а» и «b» принимает наименьшее значение. Метод может использоваться для получения точечных значений какой-либо функции.

В результате работы моделей были построены почвенные линии для различных типов почв.

На рисунках 3 и 4 представлены результаты расчетов по моделям. При расчете были учтены только открытые участки почвы. Фильтрация

была осуществлена на основе значений индекса NDVI.

Построенные модели показали, что значения коэффициентов хорошо согласуются с типом почвенного покрова, увеличение коэффициентов соответствует изменению в плодородии почв. Изменение коэффициента от минимума к максимуму соответствует повышению плодородия почв. Наибольшие значения соответствуют южным черноземам, а наименьшие – солончакам.

Спектральные индексы, рассчитываемые на основе параметров почвенной линии, могут успешно применяться для дешифрирования оголенной пашни.

Публикация подготовлена в рамках реализации ПФИ Президиума РАН I.52 «Обеспечение устойчивого развития Юга России в условиях климатических, экологических и техногенных вызовов» (ГЗ ЮНЦ РАН на 2018 г., № гр. проекта АААА-А18-118011990300-9

Список литературы

- Куляница А.Л., Королева П.В., Рухович Д.И., Рухович А.Д., Симакова М.С. Применение почвенной линии для построения карт усредненных спектральных отклонений и их почвенная интерпретация // Информация и Космос. – 2015. – № 3. – С. 125–142.

2. Украинский П.А., Землякова А.В. Определение параметров почвенной линии для автоматизированного распознавания открытой поверхности почвы на космических снимках // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 9. – С. 140–144.
3. Кирьянова Е.Ю., Савин И.Ю. Линия почв как индикатор неоднородностей почвенного покрова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т 8. №4. С.310–318
4. Почвенная карта РСФСР (оцифрованный оригинал одноименной Почвенной карты) / Под ред. В.М. Фридланда. Масштаб 1:2 500 000. М.: ГУГК, 1988
5. Richardson and Wiegand, 1977. A.J. Richardson, C.L. Wiegand Distinguishing vegetation from soil background information. Photogramm. Eng., 43 (1977), pp. 1541–1552
6. Baret et al., 1993. F. Baret, S. Jacquemoud, J.F. Hanocq The soil line concept in remote sensing. Remote Sens. Rev., 7 (1993), pp. 65–82. Bausch, 1993.
7. Baret, F. TSAVI: A vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI or APAR estimation / F. Baret, G. Guyot, D. Major // 12th Canadian Symposium on Remote Sensing and IGARSS 1990, Vancouver, Canada, July' 10–14. – P. 1355–1358
8. Baret, F. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment / F. Baret, G. Guyot // Remote Sensing of Environment. – 1991. – Vol. 35. – P. 161–173.

USING REMOTE SENSING DATA FOR EVALUATING SOIL ROSTOV REGION

O.E. Arkhipova^{1,2}, K.A. Kravchenko²

¹ Federal Research Center Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

² Southern Federal University, Rostov-on-Don

arkhipova@ssc-ras.ru

Abstract. The article presents the results of a study of the state of the soil cover of the Rostov Region based on remote sensing data. The relevance of the research topic is due to the need to change and update the database of soil-geographical zoning studies. As the model objects, two regions of the Rostov region are chosen which differ significantly in the composition of the soil cover. To assess the state of the soil cover, a method based on the calculation of the coefficients of the soil line was used. The information base of the study are the data of soil maps of the Rostov Region, the data of the land registry of the Russian Federation and the collected archive of the Landsat 8 space images for the period 2013–2018. The constructed models showed that the values of the coefficients are in good agreement with the type of soil cover, the increase in the coefficients corresponds to a change in soil fertility. The change in the coefficient from a minimum to a maximum corresponds to an increase in the fertility of soils. The highest values correspond to southern fertile humic soil of dark color, and the smallest to salt marsh. Spectral indices calculated based on the parameters of the soil line can be successfully applied to deciphering stripped arable land.

Key words: soil resources, soil line, remote sensing of the earth, spectral indices, models

References

1. Kulyanitsa A., Koroleva P., Rukhovich D., Rukhovich A., Simakova M. Postroyeniye kart koeffitsiyentov "a" i "b" liniy pochv, rasschitannykh po 34 raznovremennym kadram LANDSAT (Construction of maps of soil lines coefficients "a" and "b" calculated on 34 different times Landsat images) Informatsiya i Kosmos, 2015, No 3, pp. 125–142.
2. Ukrainskiy P., Zemlyakova A. Opredeleniye parametrov pochvennoy linii dlya avtomatizirovannogo raspoznavaniya otkrytoy poverkhnosti pochvy na kosmicheskikh snimkakh (Determination of parameters of the soil line for automated recognition of the open soil surface in space images) Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy, 2014, No 9, pp. 140–144.
3. Kir'yanova Ye.YU., Savin I.YU. Liniya pochv kak indikator neodnorodnostey pochvennogo pokrova (Soil line as an indicator of soil cover heterogeneities) Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa, 2011, V 8, No 4, pp.310–318
4. Pochvennaya karta RSFSR. Otsifrovannyy original odnoimennoy Pochvennoy karty. Masshtab (Soil map of the RSFSR (digitized original of the soil map of the same name. scale 1:2 500 000) Ed. V.M. Fridland, Moscow, GUGK, 1988
5. Richardson and Wiegand, 1977. A.J. Richardson, C.L. Wiegand Distinguishing vegetation from soil background information. Photogramm. Eng., 43 (1977), pp. 1541–1552
6. Baret et al., 1993. F. Baret, S. Jacquemoud, J.F. Hanocq The soil line concept in remote sensing. Remote Sens. Rev., 7 (1993), pp. 65–82. Bausch, 1993.
7. Baret, F. TSAVI: A vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI or APAR estimation / F. Baret, G. Guyot, D. Major 12th Canadian Symposium on Remote Sensing and IGARSS 1990, Vancouver, Canada, July' 10–14. – P. 1355–1358
8. F. Baret, G. Guyot. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment Remote Sensing of Environment, 1991, Vol. 35, pp. 161–173.