

3. Lozhkin, A. G. Gosudarstvennaya podderzhka sel'skogo hozyajstva – vazhnejshij faktor razvitiya APK CHuvashskoj Respubliki / A. G. Lozhkin, A. A. Valer'yanov, V. L. Dimitriev // Sovershenstvovanie ekonomicheskogo mekhanizma effektivnogo upravleniya v hozyajstvuyushchih sub"ektah sel'skohozyajstvennoj napravlenosti na regional'nom urovne: materialy Mezhdunarodnoj nauchno- prakticheskoy konferencii. – CHEboksary: CHuvashskaya GSKHA, 2017. – S. 234-238.
4. Lozhkin, A. G. Usovershenstvovannaya sistema osnovnoj i predposevnoj obrabotki pochvy v adaptivno-landshaftnoj sisteme zemledeliya CHuvashskoj Respubliki. / A. G. Lozhkin, V. G. Egorov, A. V. Chernov // Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel'. – 2017. – № 8. – S.43-47.
5. Plodovye kul'tury: spravochnik /sost. E. I. YAroslavcev. – M.: Agropromizdat, 1991. – 383 s.
6. Plodovodstvo / YU. V. Trunov [i dr.]. – M.: KolosS, 2012. – 415 s.
7. Polikarpova, F. YA. Razmnozhenie plodovyh i yagodnyh kul'tur zelenymi cherenkami / F. YA. Polikarpova. – M.: VO «Agropromizdat», 1990. – 94 s.
8. Salyukova, N. N. Sovershenstvovanie sistemy obrabotki pochvy v zvene sevooborota: «goroh – ozimaya rozh'» / N. N. Salyukova, M. I. YAkovleva, D. A. Dement'ev // Racional'noe prirodopol'zovanie i social'no-ekonomicheskoe razvitie sel'skih territorij kak osnova effektivnogo funkcionirovaniya APK regiona: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. – CHEboksary: CHuvashskaya GSKHA, 2017. – S. 125-129.
9. Yakovleva, M. I. Dinamika formirovaniya urozhaya kartofelya v posledejstvii po zven'yam sevooborota / M. I. YAkovleva, N. N. Salyukova // Racional'noe prirodopol'zovanie i social'no-ekonomicheskoe razvitie sel'skih territorij kak osnova effektivnogo funkcionirovaniya APK regiona: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. – CHEboksary: CHuvashskaya GSKHA, 2017. – S.49-53.
10. Yagodnye kul'tury: spravochnik / sost. E. I. YAroslavcev. – M.: Agropromizdat, 1988. – 239 s.

Information about authors

1. **Dimitriev Vladislav Lvovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Plant Growing, Breeding and Seed Production, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marks str., 29; e-mail: dimitrieff.Viadislav@yandex.ru, tel. 89030662987.
2. **Chernov Alexander Vladimirovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management, Cadastres and Ecology, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marks str., 29; e-mail: tcher.aleksandr2014@yandex.ru, tel. 89030662987.
3. **Lozhkin Alexander Gennadievich**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Plant Growing, Breeding and Seed Production, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marks str., 29; e-mail: Lozhkin_tmvl@mail.ru, tel. 89278629681.

УДК: 631.45

DOI: 10.17022/6ewg-mv02

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО ИНДЕКСА NDTI ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ

Н.Р. Ермолаев, С.А. Юдин, В.П. Белобров

*Почвенный институт им. В. В. Докучаева
119017, Москва, Российская Федерация*

Аннотация. Не подвергается сомнению актуальность применения технологии прямого посева в современном земледелии. Данная система обработки имеет ряд экологических и экономических преимуществ. Нулевая обработка способствует снижению антропогенного влияния на почву, тем самым предотвращая водную и ветровую эрозию. Одной из характерных особенностей прямого посева является сохранение на поверхности почвы растительных остатков. Для эффективного управления сельскохозяйственным производством и контроля над системой нулевой обработки необходимо вести наблюдение за состоянием растительных остатков на поверхности почвы. Одним из современных способов решения данной проблемы является применение технологий дистанционного зондирования земли. В ряде зарубежных работ анализируется эффективность применения метода, позволяющего вести учет количества растительных остатков при помощи спектрального индекса NDTI. В статье были представлены результаты апробации данного индекса, который был использован в целях учета и картирования растительных остатков, расположенных на поверхности почвы СПК «Архангельский». На основании полученных данных была построена карта, фиксирующая состояние растительных остатков, присутствующих на территории данного хозяйства. Карта отражает состояние поверхности почвы на 28 августа 2019 г. На ней выделено 5 категорий поверхности: поверхность, занятая живой растительностью, поверхность, покрытая на 0 – 25 %, 25 – 50 %, 50 – 75 % и 75 – 100 % растительными остатками. Карты, построенные с помощью индекса NDTI,

помогают вести наблюдения за состоянием растительных остатков: эта информация актуальна для хозяйств, применяющих технологию нулевой обработки. Систематизация полученных данных производилась с помощью компьютерных программ с использованием космических снимков, необходимых для расчета спектральных индексов.

Ключевые слова: спектральные индексы, нулевая обработка, No-Till, ГИС.

Введение. В связи с рядом экономических и социальных преобразований в современном обществе становится все более актуальной проблема «экологизации» земледелия, то есть использование «почвосберегающих» технологий в сельском хозяйстве. Одной из наиболее распространённых технологий, направленных на снижение антропогенной нагрузки на почву, является прямой посев – No-till. Нулевая обработка, или прямой посев (ПП), способствует снижению негативных последствий от водной и ветровой эрозии, благоприятно влияет на физические, биологические и агрохимические свойства почв, повышая тем самым почвенное плодородие, приводя его к изначальному, природному состоянию. Применение данной технологии не только способствует улучшению свойств почвы, но и приносит экономическую выгоду, поскольку при ее использовании уменьшается количество задействованных механизмов, а, следовательно, и финансовых затрат. Прямой посев имеет ряд принципиальных отличий от традиционной обработки. По рекомендации Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных наций (FAO) основой No-till является:

1. Отсутствие физического воздействия на почву.
2. Сохранение на поверхности растительных остатков.
3. Внедрение плодосмен.

Все вышеуказанные принципы ведения хозяйства по технологии ПП важны и равноценны. Однако возникает следующая задача – учитывать состояние растительных остатков и определять их «проективное покрытие» на поверхности почвы. Дистанционное зондирование земли (ДЗЗ) и ГИС-технологии являются современными и актуальными методами, помогающими решать эти задачи. Мировой опыт свидетельствует, что применение методов космической оценки природных ресурсов позволяет достаточно точно и оперативно передавать информацию о состоянии той или иной поверхности. Дистанционная оценка почвенно-растительного покрова, и в том числе состояния растительных остатков, необходима в целях мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения. ДЗЗ представляет собой прогрессивный метод выявления закономерностей и взаимосвязей элементов в био - и агроценозах и их изучение. Кроме того, одной из приоритетных задач проекта «Цифровое сельское хозяйство» является внедрение инновационных технологий в сельскохозяйственное производство. Таким образом, исследование растительных остатков при помощи цифровых технологий – это актуальная задача современной науки.

Цель исследований – изучение эффективности применения спектрального индекса NDTI для учета состояния растительных остатков при составлении карт хозяйств, применяющих технологию нулевой обработки почвы.

Объект изучения. В сентябре 2019 г. во время полевых работ производился отбор образцов почв на территории сельскохозяйственного производственного кооператива (СПК) «Архангельский» Буденовского района Ставропольского края (рис.1). Территория кооператива находится в пределах Ставропольской возвышенности, материнскими породами которой являются четвертичные аллювиальные отложения реки Кума в ее западной части, четвертичными водораздельными лессовидными суглинками в центральной части и четвертичными делювиальными лессовидными суглинками в восточной части. Почвы хозяйства – аллювиальные каштановые в западной части и тёмно-каштановые в центральной и восточной части, среднесуглинистые по гранулометрическому составу. Содержание гумуса в пахотном слое – 3 – 2 % [2].



Рис. 1. СПК «Архангельский»

Территория расположена в засушливом агроклиматическом районе. С 2010 г. СПК «Архангельский» полностью перешел на нулевую обработку почвы.

Материалы и методы исследования. В ходе полевых работ была проведена фотофиксация состояния растительных остатков на поверхности почвы. Фиксировались точки на территории прилегающего хозяйства, в котором обработка почвы производится с помощью традиционных технологий. Полученные фотоснимки в дальнейшем были обработаны в графическом редакторе для установления площади покрытия почвы растительными остатками (рис. 2).

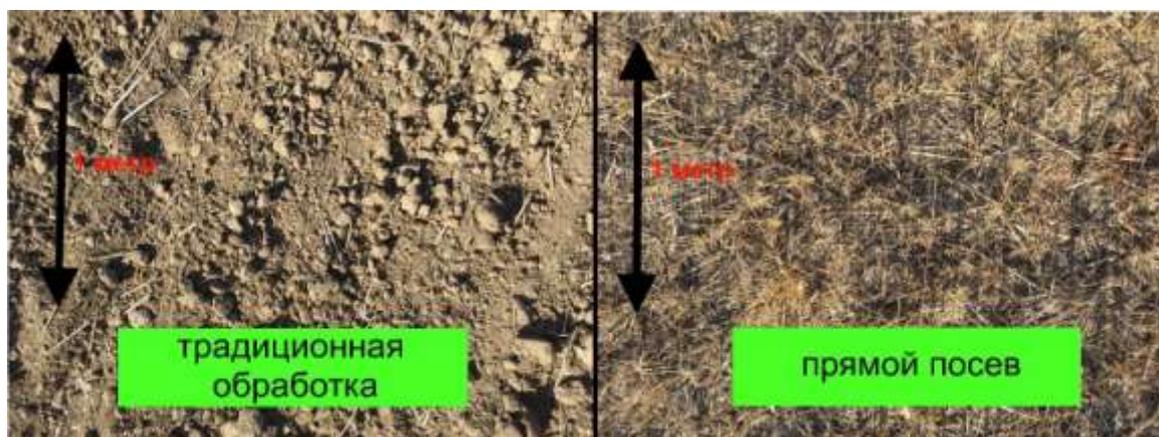


Рис.2. Растительные остатки при традиционной обработке почвы и при прямом посеве

Дешифровка данных ДЗЗ осуществляется с помощью спектральных индексов. Наиболее распространённым индексом такой дешифровки является индекс NDVI. Однако он отражает состояние растительности лишь в момент ее вегетации, и, следовательно, его использование для дешифровки данных о состоянии растительных остатков некорректно. В зарубежной науке для этих целей используется Normalized Difference Tillage Index (NDTI) [3], [4]. В работах, где применяется этот индекс, используются также мультиспектральные индексы Landsat-5 TM, Landsat-7 ETM+ или Landsat- 8 OLI. Формула, по которой рассчитывается данный индекс, такова:

$$NDTI = \frac{SWIR1 - SWIR2}{SWIR1 + SWIR2},$$

где SWIR1 – коротковолновый инфракрасный 1-й канал и SWIR2 – коротковолновый инфракрасный 2-й канал.

Для расчета данного индекса можно использовать снимки других спутниковых сенсоров, обладающих схожими спектральными каналами (таб. 1).

Таблица 1 – Значения длины волн коротковолновых инфракрасных каналов

Канал	Landsat (микрометров)	Sentinel-2 (микрометров)
SWIR-1	1.57 – 1.65	1.56 – 1.65
SWIR-2	2.11 – 2.29	2.1 – 2.28

За весь период проведения полевых работ в СПК «Архангельский» были получены актуальные космические снимки Sentinel-2 при помощи данных геологической службы США (28 августа 2019 г.). Для корректной обработки космических снимков использовался плагин SCP (semi automatic classification plugin) для Q-gis. В дальнейшем при создании карты интересующего нас региона рассчитывались значения индекса NDTI. Финальным этапом обработки данных было создание карты с учетом покрывающих территорию хозяйств растительных остатков с помощью метода регрессионного кригинга в SAGAgis. Кроме индекса NDTI рассчитывался также индекс NDVI для создания на карте «маски растительности». Статистический анализ полученных данных выявил высокую степень зависимости значений индекса NDTI от степени покрытия поверхности растительными остатками (рис. 3). Растительные остатки характеризуются следующими значениями индекса: от 0,4 до 0,18. Остальные значения следует исключить из классификации, так как они характеризуют объекты, не связанные с растительными остатками [3].

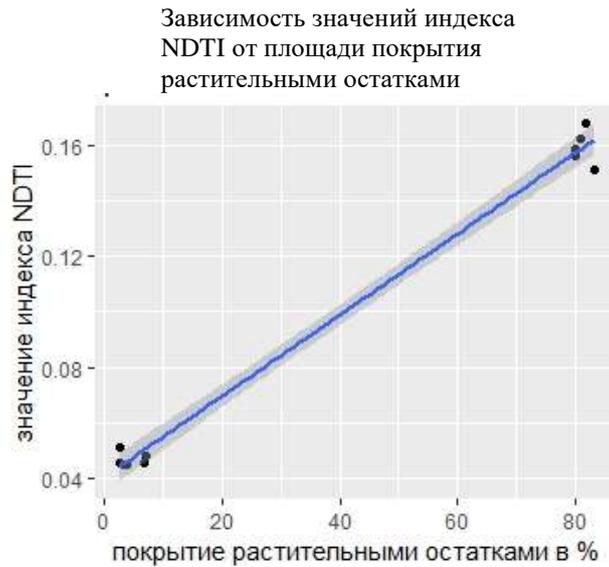


Рис.3. Зависимость значений индекса NDTI и значений степени покрытия территории растительными остатками

Результаты исследований и их обсуждение. На основании полученных данных была построена карта покрытия (рис. 4) растительными остатками полей СПК «Архангельский». На карте было выделено 5 типов поверхности:

- 1) Живая растительность (на основании индекса NDVI).
- 2) 0 – 25 % растительных остатков.
- 3) 25 – 50 % растительных остатков.
- 4) 50 – 75 % растительных остатков.
- 5) 75 – 100 % растительных остатков.



Рис.4. Карта растительных остатков, находящихся на территории СПК «Архангельский»

При помощи статистических методов обработки данных была выявлена высокая степень точности рассчитанных с помощью NDTI значений, характеризующих состояние растительных остатков (таб. 2).

Таблица 2 – Реальные и предсказанные значения степени покрытия растительными остатками исследуемой территории.

Значение индекса NDTI	Реальные значения покрытия растительными остатками %	Предсказанные значения покрытия растительными остатками %
0.045531787	6.6	6.3
0.047852267	7	6.4
0.050950583	2.5	3.6
0.044984009	3.9	4.2
0.044826932	3.3	2.3
0.045625929	2.5	2.8
0.162308812	81	80.6
0.16780439	81.8	83.9
0.156471357	80	79.6
0.151387289	83.1	82.3
0.158743233	79.9	81.1

Подобная методика может быть использована и при исследовании состояния растительных остатков зерновых культур. На пропашных культурах исследования в 2019 г. не проводились. Построенная по результатам обработанных данных карта позволяет анализировать степень покрытия растительными остатками полей. Кроме этого, возможно использование этих карт при моделировании эрозионных процессов. При построении ряда моделей почвенной эрозии, таких, как RUSEL, USEL и WEPP, необходимо учитывать факторы, предопределяющие технологию ведения хозяйства и свойства почв и почвенного покрова.

При построении карт использовались спутниковые снимки, имеющиеся в свободном доступе, распространяемые с помощью программного обеспечения (Q-gis, SAGA), что позволяет осуществлять картирование растительных остатков без привлечения дополнительных финансовых средств.

Список литературы

1. Кулинцев, В. В. Эффективность использования пашни и урожайность полевых культур при возделывании по технологии прямого посева / В. В. Кулинцев, В. К. Дридригер // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 4. – С. 16-18.
2. Система земледелия нового поколения Ставропольского края / В. В. Кулинцев [и др.]. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2013. – 530 с.
3. Eskandari, I. Evaluating spectral indices for determining conservation and conventional tillage systems in a vetch-wheat rotation / I. Eskandari, H. Navid, K. Rangzan // International Soil and Water Conservation Research. – 2016. – № 4. – P. 93–98.
4. Using Thematic Mapper Data to Identify Contrasting Soil Plains and Tillage Practices / A. P. van Deventer [et al.] // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. – 1997. – Vol. 63. – N. 1. – P. 87-93.

Сведения об авторах

1. **Ермолаев Никита Романович**, аспирант, младший научный сотрудник межинститутского отдела по изучению черноземных почв, Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 119017, г. Москва, Пыжевский пер. 7, с. 2; email: hukitoc94@gmail.com, тел. 89154022944;
2. **Юдин Сергей Анатольевич**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, межинститутский отдел по изучению черноземных почв, Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 119017, г. Москва, Пыжевский пер. 7, с. 2; email: yudin_sa@esoil.ru;
3. **Белобров Виктор Петрович**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник межинститутский отдел по изучению черноземных почв, Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 119017, г. Москва, Пыжевский пер. 7, с. 2; email: Belobrovvp@mail.ru.

APPLICATION OF THE NDTI SPECTRAL INDEX FOR MAPPING OF PLANT RESIDUES

N.R. Ermolaev, S.A. Yudin, V.P. Belobrov
Dokuchaev Soil Science Institute
 119017, Moscow, Russian Federation

Abstract. There is no doubt about the relevance of using of No-till (direct sowing) technology in modern agriculture. This processing system has a number of environmental and economic advantages. No-till technology helps

to reduce anthropogenic impact on the soil, thereby preventing water and wind erosion. One of the characteristic features of direct sowing is the preservation of plant residues on the soil surface. To effectively management of agricultural production and control of No-till technology system, it is necessary to monitor the state of plant residues on the soil surface. One of the modern ways to solve this problem is the application of remote sensing technologies. A number of foreign studies analyze the effectiveness of the method, which allows you to keep track of the amount of plant residues using the NDTI spectral index. The article presents the results of testing this index, which was used to record and map plant residues located on the soil surface of the "Arkhangelsky" AIC. On the basis of the obtained data, a map was constructed that fixes the state of plant residues present on the soil territory of this farm. The map reflects the state of the soil surface as of August 28, 2019. Five surface categories are highlighted on it: the surface occupied by living vegetation, the surface covered by 0 - 25%, 25 - 50%, 50 - 75% and 75 - 100% plant residues. Maps built using the NDTI index help to monitor the status of plant residues: this information is relevant for farms using No-till technology. Systematization of the obtained data was carried out using computer programs using space images necessary for the calculation of spectral indices.

Key words: spectral index, No-till technology, No-Till, GIS.

References

1. Kulincev, V. V. Effektivnost' ispol'zovaniya pashni i urozhajnost' polevyh kul'tur pri vzdelyvanii po tekhnologii pryamogo poseva / V. V. Kulincev, V. K. Dridiger // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2014. – № 4. – S. 16-18.
2. Sistema zemledeliya novogo pokoleniya Stavropol'skogo kraya / V. V. Kulincev [i dr.]. – Stavropol': AGRUS Stavropol'skogo gos. agrarnogo un-ta, 2013. – 530 s.
3. Eskandari, I. Evaluating spectral indices for determining conservation and conventional tillage systems in a vetch-wheat rotation / I. Eskandari, H. Navid, K. Rangzan // International Soil and Water Conservation Research. – 2016. – № 4. – P. 93–98.
4. Using Thematic Mapper Data to Identify Contrasting Soil Plains and Tillage Practices / A. P. van Deventer [et al.] // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. – 1997. – Vol. 63. – N. 1. – P. 87-93.

Information about authors

1. **Ermolaev Nikita Romanovich**, post graduate student, Junior Researcher of the Intercollegiate Department for the study of the black soil, Soil Institute named after V. V. Dokuchaev, 119017, Moscow, Pyzhevsky per. 7, p. 2; email: hukitoc94@gmail.com, tel. 89154022944;

2. **Yudin Sergey Anatolyevich**, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Intercollegiate Department for the study of black soil, Soil Institute named after V. V. Dokuchaev, 119017, Moscow, Pyzhevsky per. 7, p. 2; email: yudin_sa@esoil.ru;

3. **Belobrov Viktor Petrovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of the Intercollegiate Department for the study of black soil, Soil Institute named after V. V. Dokuchaev, 119017, Moscow, Pyzhevsky per. 7, p. 2; email: Belobrovvp@mail.ru.

УДК 004.031.2

DOI: 10.17022/zkqh-kw14

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОМПАНИИ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩЕЙСЯ НА ВЫРАЩИВАНИИ ЗЕРНОВЫХ, ТЕХНИЧЕСКИХ И ПРОЧИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР (НА ПРИМЕРЕ ООО «ТЕРРОС-АГРО»), И ЕЕ ОЦЕНКА

Ю.С. Иващук, Л.В. Медведская, Н.П. Орлянская

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,
350044, г. Краснодар, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье предлагается вариант моделирования информационной системы компании, специализирующейся на выращивании зерновых, технических и прочих сельскохозяйственных культур (на примере ООО «Террос-Агро»), и ее оценка. На основе анализа системы управления региональной компании была определена структура информационной системы. Она должна состоять из 2-х взаимосвязанных частей: земледелия и оптовой торговли. Кроме того, необходимо включить в систему блок управления и обеспечения. Была проведена классификация системы управления, исследована организационная структура компании, определены цели системы, ее функции, разработана функциональная модель системы; произведен анализ основной информации, приложений, технологической инфраструктуры, дана оценка информационной системы. В работе была обоснована необходимость информатизации, ведь только актуальность, точность и полнота исходных данных могут обеспечить эффективность работы компании в целом, тогда как фирменные программные продукты не всегда пригодны к использованию из-за излишней