



УДК 528.88

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ПЛОЩАДИ ЧИСТЫХ ПАРОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**Э.А. Терехин**

Белгородский государственный  
национальный исследовательский  
университет, Россия, 308015,  
г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: terekhin@bsu.edu.ru

Предложена методика, позволяющая на основе серии многозональных снимков Landsat эффективно оценивать местоположение и площадь полей, находящихся в состоянии чистого пара. Использование продуктов MODISQ1 позволило проанализировать сезонное изменение спектральных свойств таких полей и выявить их категории

Ключевые слова: чистый пар, Landsat, MODIS, композитные изображения, спектральные индексы, Белгородская область.

### Введение

Чистый пар – паровое поле, свободное от возделывания культур в течение всего вегетационного периода. Пары являются лучшими предшественниками для озимых культур, которые на территории Белгородской области занимают около трети посевных площадей [1]. Оценка расположения и площади полей под паром является актуальной задачей, как составляющая мониторинга сельскохозяйственных земель.

Чистый пар включает три основных категории. Черный пар – чистый пар, обработка которого начинается летом или осенью прошлого года (в засушливых районах). Ранний пар – чистый пар, обработка которого начинается с весны данного года. Он может быть улучшенный, если осенью проводится поверхностная обработка (районы с достаточным увлажнением). Поздний пар – чистый пар, обработка которого начинается летом текущего года, в июне, июле.

Детальная информация о площади паровых земель отсутствует в официальной статистике, поэтому возникает необходимость разработки методов эффективного мониторинга площади и расположения чистых паров. Данные дистанционного зондирования Земли могут предоставить объективную информацию о площади и расположении полей на текущую дату или сезон, т.к. космические снимки одновременно покрывают значительные площади и содержат информацию о спектральных характеристиках почвы и растительности. К настоящему времени в России выполнен ряд работ, направленных на разработку подходов по дистанционному анализу пахотных угодий [2, 3]. В частности, для оценки пахотных земель институтом космических исследований РАН разработан специальный интернет-сервис [4], позволяющий в рамках регионов оценивать площадь пахотных земель. Разработан ряд диагностических признаков пахотных земель, позволяющих выполнять их региональное картографирование на основе спектральных индексов типа PVI по данным среднего пространственного разрешения [5]. Перечисленные работы направлены на анализ пахотных угодий в рамках крупных регионов и нацелены решать задачи регионального картографирования. В тоже время, для задач землепользования на уровне административных районов и отдельных хозяйств необходима информация о состоянии угодий в масштабе 1:50 000 и крупнее. Для этого, в свою очередь необходимо привлечение многозональных снимков высокого пространственного разрешения.

Диагностические признаки чистых паров и пахотных земель, на которых возделываются культуры в период отсутствия на них растительности (например, когда поле засеяно, но посевы еще взошли), на космических снимках идентичны, что осложняет идентификацию паров по одиночным снимкам. Таким образом, встает задача разработки методики, позволяющей на высокодетальном уровне выполнять картографирование и оценку площадей чистых паров. Задачи исследования заключаются в поиске диагностических признаков паровых земель, создании алгоритма их детектирования, оценки точности результатов.



### Объекты исследования и исходные данные

В основу разработанной методики детектирования чистых паров положено предположение, исходящее из того, что достоверное выделение чистых паров должно основываться на серии космических снимков. Если поле находится в состоянии чистого пара, то на протяжении длительного срока, включающего не менее 2-х месяцев, на нем должна отсутствовать растительность, и оно должно быть распаханно, т.е. на нем должны проявляться диагностические признаки оголенных почв.

С другой стороны, чтобы дать достоверный ответ, возделывается поле в текущем сезоне, или находится ли оно в состоянии чистого пара, необходимо основываться на анализе сезонного изменения спектрального отклика полей, который должен быть проанализирован с минимальным временным интервалом на протяжении вегетационного периода. Как правило, космические снимки высокого пространственного разрешения отличаются не слишком высоким временным разрешением, что осложняет их применение для этих целей. Для снимков со спутников Landsat-5,7, например, оно составляет 16 дней. С учетом того, что для территории исследования характерно значительное количество облачных дней в году, многие из снимков с высокой вероятностью будут иметь повышенный процент облачности, что ограничит их использование для анализа сезонной динамики спектрального отклика. Кроме того, для анализа временной динамики спектрального отклика необходимым условием является радиометрическая и атмосферная калибровка снимков. Обозначенных проблем лишены продукты MOD13Q1, представляющие композитные изображения спектральных индексов, рассчитанные на основе ежедневно получаемых снимков MODIS. Они не позволяют визуально анализировать культуры, но дают возможность эффективно анализировать наличие растительности на полях, а также степень ее вегетационной активности. В тоже время, сделать вывод о достоверной распахке конкретного поля можно только по данным высокого пространственного разрешения. Это также важно для отбора тестовых полей.

Таким образом, целесообразным становится совместное использование спутниковых снимков высокого пространственного разрешения серии Landsat и среднего пространственного разрешения MODIS или продуктов на их основе.

Исходя из перечисленных условий, можно сформулировать требования к методике дистанционной оценке чистых паров.

1. Использование не одиночных снимков, а серий разновременных спутниковых изображений.
2. Точность оценки, позволяющая анализировать поля в пределах отдельных фермерских хозяйств или сельскохозяйственных организаций.
3. Применение разных типов спутниковых данных.
4. Использование сведений о сезонной динамике спектрального отклика конкретного поля.

Для разработки и апробации методики была выбрана территория Новооскольского района Белгородской области, общей площадью 1401 км<sup>2</sup>. При этом была создана подборка из спутниковых снимков и продуктов на их основе. Она включала следующие данные.

1. Снимки со спутника Landsat-7 с пространственным разрешением 15–30 м/пиксель, за вегетационный сезон 2012 года. Это снимки, полученные 4 мая, 20 мая, 7 июля, 14 июля, 30 июля и 8 августа.
2. Продукты MOD13Q1 с пространственным разрешением 250 м/пиксель, полученные на основе снимков MODIS в период с 5 марта по 16 ноября 2012 года.
3. Снимки SPOT-5 с пространственным разрешением 5 м/пиксель за лето 2006 года.

Снимки Landsat и продукты MOD13Q1 применялись для оценки площадей распаханых полей и полей в состоянии чистого пара. Снимки SPOT-5 были использованы для создания детального цифрового плана землепользования и достоверной оценки площадей сельскохозяйственных полей. Контурные поля на местности ограничены овражно-балочной сетью, лесными, полосами, дорогами и населенными пунктами. Поэтому они практически не изменяются из года в год, что позволяет для их выделения использовать не слишком актуальные по времени спутниковые снимки.

### Методология и результаты исследования

Несмотря на то, что официальные детальные данные о площади чистого пара, как и заброшенных и неиспользуемых полей отсутствуют, имеется возможность ее косвенной оценки. Имея данные о реальной площади всех сельскохозяйственных полей и совокупной посевной



площади в границах административного района, можно приблизительно посчитать площадь пара и неиспользуемых земель как разность суммарной площади полей, оцененной по снимку, и всей площади посевных полей, полученной из данных официальной статистики.

Первый этап исследования включал создание векторного слоя всех сельскохозяйственных полей в масштабе 1:25000 по снимкам SPOT-5, с последующим вычислением площади каждого поля. Таким образом, был получен достаточно детальный векторный слой сельскохозяйственных полей, по которому была вычислена площадь всех полей и их рабочих участков.

Второй этап исследования заключался в детальном анализе структуры полей района и поиске полей, находящихся в состоянии чистого пара. Необходимо отметить, что кроме чистого пара на территории также могут быть поля в состоянии занятого пара, т. е. находящиеся под растительностью. В Центральном Черноземье для культур, высеваемых на занятых парах, обычно используются однолетние травы. По причине того, что такие поля по спектральному отклику могут быть очень похожи на засеваемые в текущем сезоне поля, оценке их площади должно быть посвящено отдельное исследование.

Для идентификации полей, находящихся в состоянии чистого пара, был использован прием, основанный на том, что поле, находящееся под чистым паром, должно обладать спектральными признаками оголенной почвы основную часть вегетационного сезона. Исходя из длительности и сроков, в которые поле было распашано, делается вывод о том, к какому типу чистого пара следует его отнести (черный, ранний или поздний). Снимки высокого пространственного разрешения позволяют эффективно выделять распашанные на текущий момент времени поля на основе их спектральных признаков. Если говорить о визуальном или автоматизированном выделении распашанных полей на снимке, то предварительно необходимо выбрать каналы, наилучшим образом для их идентификации. Экспериментальными исследованиями установлено, что в случае снимков Landsat TM, ETM+ для выделения большинства сельскохозяйственных культур и распашанных полей подходит комбинация каналов из двух диапазонов невидимого спектра и одного видимого спектрального диапазона, 7-5-3. Параллельно с ней для визуального анализа можно применять комбинацию натуральных цветов RGB 3-2-1 и комбинацию, основанную на контрасте свойств растительности по отношению к другим объектам 4-3-2.

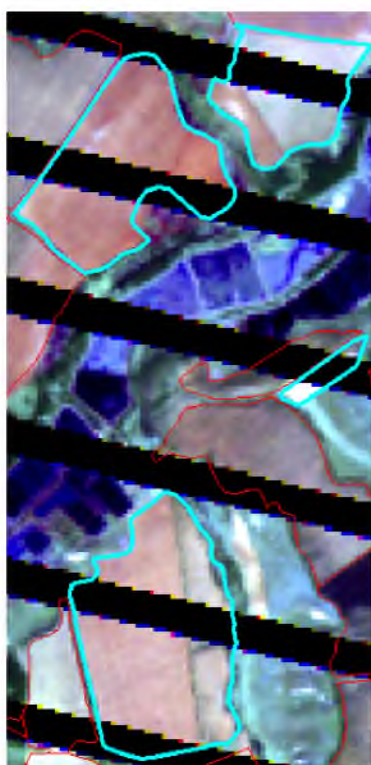
Так как распашанные поля обладают достаточно четкими спектральными отражательными свойствами, то для их автоматизированного дешифрирования методом классификации спектральных яркостей можно использовать как все каналы одновременно, так и комбинации наиболее информативных диапазонов. Главным условием является применение приема, исходя из которого, распашанные поля отбираются не на основе всех классифицированных пикселей снимка, а на основе большинства пикселей, соответствующих оголенной почве в границах конкретных полей.

Таким образом, существенно повышается точность результатов классификации спектральных яркостей снимка. Предложенный прием можно успешно применять не только для автоматизированного дешифрирования всех распашанных полей, но и отдельных сельскохозяйственных культур [6].

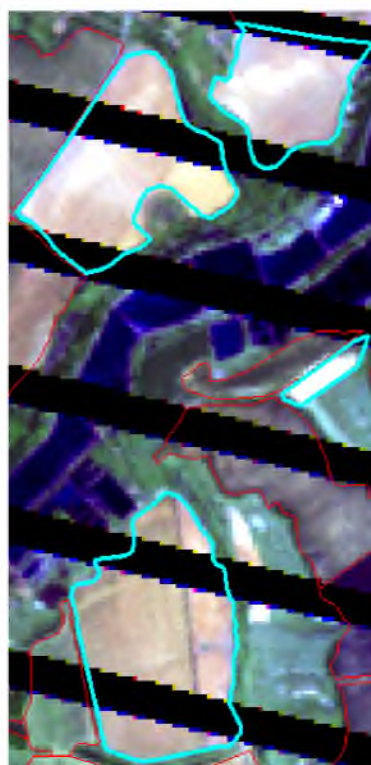
В процессе исследования были параллельно изучены спектральные отражательные свойства распашанных на протяжении вегетационного сезона полей с точки зрения визуального дешифрирования снимков.

Участки полей с оголенной почвой практически постоянно присутствуют на снимках разных сроков всего вегетационного сезона. Обусловлено это тем, что значительная часть полей весь вегетационный сезон поддерживается в состоянии чистого пара. Весной и осенью процент распашанных полей находится еще на более высоком уровне.

В основных рабочих комбинациях каналов снимков серии Landsat (7-5-3 и 3-2-1) оголенная почва имеет коричневатый оттенок различной гаммы, отличающейся в зависимости от состояния почв полей. Указанный признак, отличается простотой и надежностью применения при его использовании для результатов визуального дешифрирования распашанных полей. Используя его, можно последовательно провести идентификацию полей с оголенной почвой по серии снимков, после чего установить поля, которые на протяжении всего вегетационного сезона, или его части были распашаны и находились без растительного покрова. Предложенный прием был успешно применен для выявления паровых земель на территории Новооскольского района в вегетационный сезон 2012 года. На рис. 1 представлены фрагменты космических снимков Landsat-7ETM+ в комбинации 7-5-3, полученные за разные даты. Распаханные поля, выделены голубым цветом. Из рисунка видно, что, несмотря на различия в оттенках, можно достоверно судить об отсутствии растительности на полях.



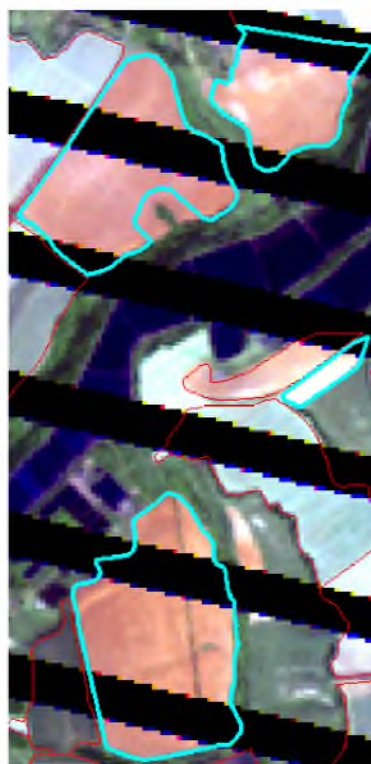
4 мая



20 мая



14 июля



8 августа

Рис. 1. Отображение распаханных полей в разные сроки вегетационного сезона



Различия в оттенках обусловлены, по всей видимости, неодинаковой влажностью почвы, т. к. наличие влаги существенно влияет на отражательные спектральные свойства оголенной почвы [7, 8]. Необходимо отметить, что для того, чтобы сделать вывод о том, что растительность действительно отсутствовала на поле между определенными датами, интервал исследования между сроками должен быть не слишком большим. В приведенном примере минимальный интервал между снимками составляет 16 дней, максимальный – 55 дней. Проведенные полевые исследования 11 июня 2012 года (период между 20 мая и 14 июля) подтвердили отсутствие растительности на тестовых полях. Аналогичным образом было выполнено исследование для всех полей анализируемой территории. Так как все поля представляют собой компоненты векторного слоя, полученного на основе спутниковых данных высокого пространственного разрешения (5 м/пиксель), имеющих геометрические характеристики и географическую привязку, то имеется возможность рассчитать площадь каждого поля. Совокупная площадь всех выявленных полей будет соответствовать реальной площади чистого пара.

Совместное использование предложенных способов автоматического и визуального выделения полей в состоянии чистого пара очень эффективно как с точки зрения достоверности выявляемых полей, так и с позиций оценки их реальной площади, т.к. используется детальный векторный слой полей, также полученный по объективным данным. Анализ серии снимков по предложенному способу позволяет эффективно выявлять все пахотные земли, так как в анализе участвуют снимки различных дат вегетационного сезона, позволяющие выявлять распаханное поле за разные даты.

Однако, снимки со спутников Landsat, получаемые на территорию Белгородской области, часто характеризуются высоким процентом облачности, ограничивающим или полностью исключающим их использование. В связи с этим часто становится невозможным подобрать репрезентативную подборку снимков на анализируемый сезон, что ограничивает применение предложенного способа. Поэтому нами был разработан метод, позволяющий анализировать спектральные свойства чистых паров на основе данных среднего пространственного разрешения.

Третий этап исследования был направлен на разработку и апробацию метода выявления полей в состоянии чистого пара по продуктам, полученным на основе снимков MODIS. Снимки, полученные аппаратурой MODIS, установленной на спутниках TERRA и AQUA, поставляются ежедневно, что позволяет отобрать безоблачные снимки, и получить на их основе композитные изображения, по которым в свою очередь можно рассчитывать значения вегетационных индексов, например, NDVI, EVI.

При разработке способа исходили из того, что значения индекса NDVI, полученные по атмосферно и радиометрически откалиброванным данным, соответствующие оголенной почве, существенно отличаются от значений индекса, соответствующего различным типам растительности. Соответственно, если установить значения индекса, соответствующие оголенной почве для конкретной территории и проследить их динамику на протяжении вегетационного сезона для отдельных полей, можно сделать вывод о наличии растительного покрова на полях. Если значения индекса все время соответствовали оголенной почве, следовательно, поле было распахано, т.е. находилось в состоянии чистого пара. Продукты MOD13Q1, представляющие 16-дневные композитные значения спектральных индексов [9] и получаемые на основе радиометрически откалиброванных снимков MODIS, позволяют на их основе получать значения индекса для конкретного поля при условии применения векторного слоя полей и использование метода зональной статистики.

Ограничение применения продуктов MOD13Q1 связано с их невысоким пространственным разрешением, составляющим 250 м/пиксель, что не позволяет достоверно оценивать значения индекса для слишком малых полей, площадь которых менее 15-20 га. Однако, для территории Новооскольского района средняя площадь поля составила 62,9 га, что достаточно для анализа спектральных характеристик внутри подавляющего большинства полей (96%). В тоже время, можно предположить, что реальная площадь распаханного полей и полей под чистым паром окажется немного выше вычисленной, так как поля очень малых размеров (15–20 га) будут исключены из анализа.

Реализация предложенного способа заключалась в выполнении группы этапов. Процесс был в значительной степени автоматизирован применением геоинформационной системы ArcGIS 9.3.1.





1. Получение и проецирование продуктов MOD13Q1 на территорию исследования за интервал времени с 5 марта по 16 ноября 2012 г., т.е. за весь вегетационный сезон.
2. Расчет методом зональной статистики средних значений NDVI для каждого поля за каждую дату с применением ранее созданного векторного слоя полей.
3. Вычисление значений индекса, соответствующих оголенной почве в разные сроки.
4. Построение и анализ графиков сезонных значений индекса для каждого поля.
5. Определение полей, значения NDVI которых не превышали значения индекса, соответствующие оголенной почве.

Как и в первом способе, результатом предложенного метода является векторный слой полей, идентифицированных, как находящихся поля, находящиеся в состоянии чистого пара. Метод также можно использовать для дешифрирования всех распаханых полей.

Основная сложность в реализации данного способа заключается в достоверном определении значений NDVI, соответствующих оголенной почве. На этом этапе целесообразно подключение данных высокого пространственного разрешения. Т.е. на тестовых полях следует проанализировать сезонное изменение спектральных признаков. Для этой цели были изучены закономерности изменения значений индекса на протяжении вегетационного сезона полей с сельскохозяйственными культурами и полей под паром. На основе данных Landsat ETM+ и полевых исследований была отобрана совокупность полей, находящихся в состоянии чистого пара весь вегетационный сезон, после чего было проведено изучение сезонной динамики их спектральных свойств.

Анализ сезонных изменений значений NDVI показал, что на основе его динамики можно выделить 2 типа полей находящихся в состоянии чистого пара.

1 тип – поле постоянно поддерживаемые в распаханном состоянии, на которых растительность не успевает вырастать на протяжении всего периода, когда поле находится в категории чистого пара. Значения индекса на таких полях никогда не поднимаются высоко до тех пор, пока поля не засеваются, и на нем начинают возделывать культуры (рис. 2).

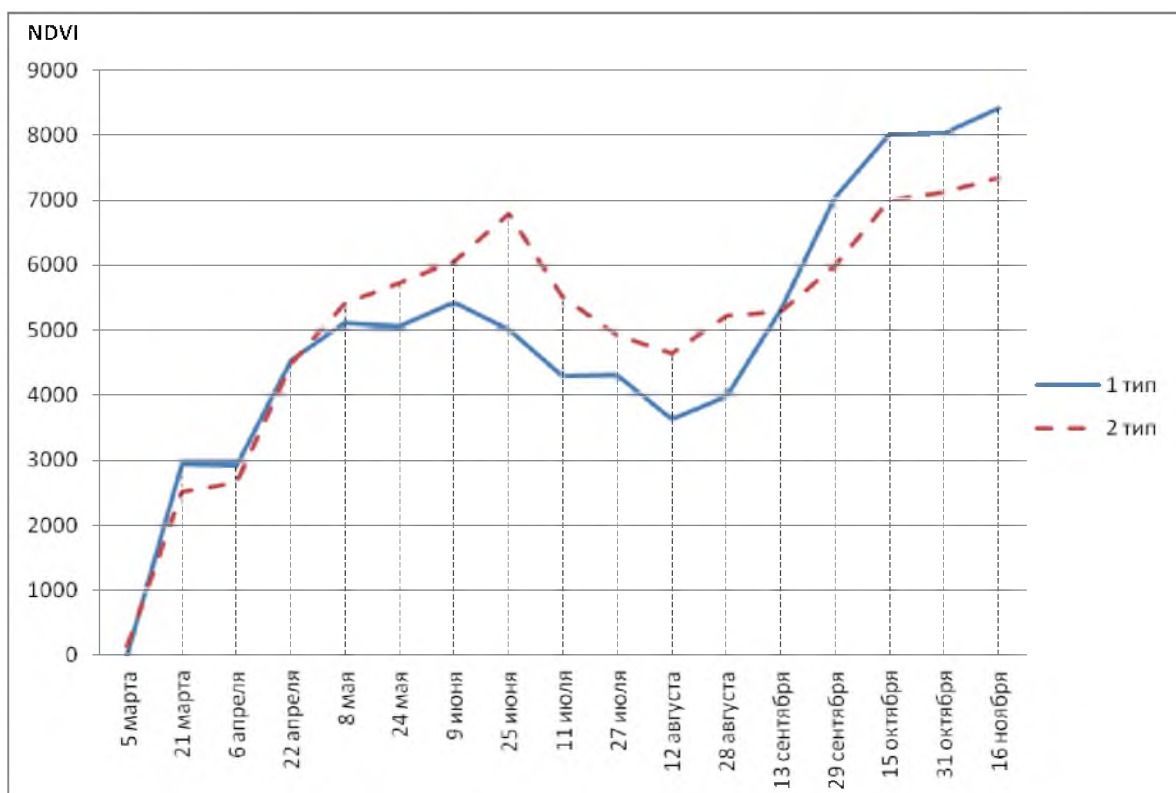


Рис. 2. Динамика значений NDVI типов полей в состоянии чистого пара:  
 1 тип – поля, постоянно поддерживаемые в распаханном состоянии;  
 2 тип – поля, на которых наблюдаются задержки в сроках распахки



Однако не все поля постоянно поддерживаются в распаханном состоянии, в связи с чем, на некоторых полях успевают враси сорная растительность, хоть и на непродолжительный период, до тех пор, пока поле вновь не распашут. В связи с этим в определенные периоды вегетационная активность на таких полях повышается, что позволяет выделить 2-й тип полей, находящихся в категории чистого пара (см. рис. 2). Значения NDVI получены на основе продуктов MOD13Q1 и для удобства обработки умножены на 10 000.

Из рисунка 2 четко видно, что на обоих типах полей до середины сентября поддерживался режим чистого пара, однако на втором типе полей, наблюдались задержки в необходимых сроках повторной распашки, в связи с чем, проявлялась вегетационная активность.

Если теоретически подходить к вопросу выделения полей под чистым паром по значениям индекса NDVI, то следует выбрать все поля, у которых за каждый анализируемый срез вегетационного сезона значения индекса будут невысокими и соответствовать оголенной почве. Однако выполненные исследования и обнаружение полей, у которых режим чистого пара поддерживается с нарушениями, осложняет применение этого условия. Таким образом, экспериментальные исследования выявили еще одну проблему автоматической идентификации полей в состоянии чистого пара (кроме проблемы достоверной оценки значений индекса, соответствующих оголенной почве) по значениям NDVI. Для ее решения необходимо усложнение условия отбора. Его можно представить как сумму всех значений индекса за анализируемый период времени, меньшую определенной величины. Т. е. необходимо задать интервал времени, за который будет суммироваться значения индекса отдельных срезов, а также предельную величину суммарных значений.

За предельную величину целесообразно выбрать сумму значений индекса второго типа полей. Обусловлено это тем, что сумма значений индекса таких полей за вегетационный сезон должна быть меньше, чем у засеянных полей, и все поля, отобранные по предложенному критерию, достоверно будут относиться к полям в состоянии чистого пара. Кроме того, предложенному критерию будут удовлетворять все поля 1 типа. За период, в который будут суммироваться сезонные значения индекса целесообразно выбрать сроки от конца весны до времени засева полей, находящихся основную часть вегетационного сезона в состоянии чистого пара. Для территории Белгородской области это период начала-середины сентября, т. к. в него начинается сев озимых культур на полях, находившихся под паром.

В настоящем исследовании суммировались значения индексов за 7 временных срезов для 2-го типа поле с 24 мая по 28 августа. Сумма значений NDVI, умноженных на 10000 за этот период составила порядка 39000. Этой величиной с учетом стандартного отклонения мы воспользовались для детектирования полей в состоянии чистого пара сезона 2012 года. В геоинформационной системе ArcGIS были посчитаны суммы значений индекса для каждого поля, после чего были выбраны поля с суммой меньшей, вычисленной экспериментально. Несмотря на учет ряда факторов, точность дешифрирования полей под паром оказалась ниже, чем у полей, детектированных с помощью первого метода по снимкам Landsat. Ряд полей, которые достоверно не находились под паром в текущем сезоне, были к ним отнесены. В процессе исследования было установлено, что сумма значений индекса для полей не находящихся в состоянии чистого пара может быть ниже, чем у полей под паром по ряду причин, хотя, теоретически такого не должно быть. Обусловлено это следующими причинами.

1. Различная влажность почвы полей. Засеянные поля, на которых еще не возшла растительность, могут иметь меньшие значения индекса, чем у полей в состоянии чистого пара, обусловленные влажностью почвы.

2. Особенность исходных данных MOD13Q1. Так как продукты MOD13Q1, по которым производится расчет значений индекса, характеризуют не реальные значения индекса на текущую дату, а усредненное или одно из значений за 16-дневный интервал, то значений индекса для ряда полей с растительностью, быстро проходящей стадии фенологического развития, могут быть меньше реальных.

Наряду с невысоким пространственным разрешением, обозначенные проблемы ограничивают применение значений NDVI на основе продуктов MOD13Q1 для детектирования паровых земель. В то же время, предложенный способ может существенно дополнять результаты дешифрирования полей в состоянии чистого пара на основе снимков Landsat (1-й способ). Таким образом, предложенную методику дистанционной оценки степени полей в состоянии чистого пара можно представить в виде схемы (рис. 3).



Рис. 3. Структурная схема методики выявления полей в состоянии чистого пара

Предложенная методика была апробирована на территории Новооскольского района (1139 полей и рабочих участков) Белгородской области на предмет выявления пахотных земель и полей в состоянии чистого пара за сезон 2012 года. По результатам оценки было идентифицировано 48 полей в состоянии чистого пара, общая площадь которых составила 3093 га. Результаты были сопоставлены с данными официальной статистики по Новооскольскому району за 2012 год. Суммарная вычисленная площадь полей составила 71534 га, при средней площади 62.7 га. По данным официальной статистики [1] суммарная возделываемая площадь составила 67623 га. Таким образом, разность составила 3911 га. Эта площадь чуть больше оцененной площади чистого пара, что и должно быть, так как к этой площади теоретически должны относиться все земли, находящиеся в состоянии чистого пара, а также залежные земли.

### Выводы

1. Предложена эффективная методика, позволяющая исключительно на основе спутниковых данных Landsat-5.7 проводить оценку площади полей, находящихся в состоянии чистого пара. Использование в методике продуктов MOD13Q1 совместно с данными Landsat ETM+ позволило не только оценить площадь распаханых в текущем сезоне полей и полей в состоянии чистого пара, но и проследить динамику их спектральных свойств.
2. На основе анализа серии спутниковых снимков на территорию Белгородской области установлено, что с точки зрения дистанционного анализа целесообразно выделять 2 типа полей в состоянии чистого пара. Первый тип, поля, которые постоянно поддерживаются в распаханном состоянии без растительного покрова. Второй тип – поля, на которых происходит задержка в сроках распахки, в результате чего в отдельные промежутки времени формируется растительный покров, что четко отражается на спутниковых данных.





3. Установлены положительные стороны и ограничения применения продуктов MOD13Q1 для анализа спектральных свойств пахотных земель и полей, находящихся в состоянии чистого пара.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям социально-экономического развития Белгородской области (в соответствии с приказом № 269 от 28.10.2013г., № проекта 2013.02.03).*

### Список литературы

1. База данных показателей муниципальных образований. Электронный ресурс – <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst14/DBInet.cgi>.
2. Баргалева С.А., Лурия Е.А., Нейштадт И.А. Метод выявления используемых пахотных земель по данным дистанционного зондирования со спутников // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2006. – Т. 3; №2. – С. 271–280.
3. Распознавание пахотных земель на основе многолетних спутниковых данных спектрорадиометра MODIS и локально-адаптивной классификации // С.А. Баргалева, В.А. Егоров, Е.А. Лурия и др. // Компьютерная оптика. – 2011. – Т. 35; №1. – С. 103–116.
4. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («ВЕГА») / Е.А. Лурия, И.Ю. Савин, С.А. Баргалева и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т. 8; № 1. – С. 190–198.
5. Плотников Д.Е., Баргалева С.А., Лурия Е.А. Признаки распознавания пахотных земель на основе многолетних рядов данных спутникового спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. – Т. 7; №1. – С. 330–34.
6. Терехин Э.А. Спектральные отражательные свойства сельскохозяйственной растительности Белгородской области (по материалам космической съемки) // Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки. – 2012. – №15 (134). Вып. 20. – С. 188–193.
7. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984. – 321 с.
8. Дистанционное зондирование: количественный подход / Ш.М. Дейвис, Д.А. Ландгребе, Т.Л. Филлипс и др.; под ред. Ф. Свейна и Ш. Дейвис. – М.: Недра, 1983. – 415 с.
9. Land Processes Distributed Active Archive Center (LPDAAC). Электронный ресурс – <https://lpdaac.usgs.gov>.

## METHODS OF ASSESSING THE AREA FALLOW BASED ON REMOTE SENSING DATA

### E.A. Terekhin

*Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia*

*E-mail: terekhin@bsu.edu.ru*

The technique, which allows through a series of Landsat TM multi-spectral images to effectively evaluate the location and size of the fields in a state of pure steam is proposed. Using products MOD13Q1 allowed to analyze the seasonal variation of the spectral properties of these fields and identify their category.

Key words: fallow, Landsat ETM+, MODIS, composite images, spectral indices, Belgorod region.