

# КОНТРОЛЬ СЕВООБОРОТА ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА ПО ДАННЫМ TERRA/MODIS

У.М. Султангазин, Н.Р. Муратова, А.Г. Терехов

Институт космических исследований МОН РК, ул. Шевченко, 15, Алматы, 050010,  
тел: 73272 939360, факс: 73272 918077, e-mail: nmuratova@mail.kz

Паро-зерновые севообороты – основная схема землепользования в Северном Казахстане. Система севооборота во многом определяет запас питательных веществ в почве и фитосанитарное состояние полей в условиях недостаточного использования удобрений и гербицидов. Разработана методика построения масок зерновых и паровых полей, обрабатываемых механическим способом, по данным спутниковой системы TERRA/MODIS. На основе проведенного спутникового мониторинга за зерновыми угодьями Северного Казахстана в период с 2001 по 2004 года восстановлены четыре класса полей внутри паро-зернового севооборота. Полученная классификация служит основой для более детального анализа состояния зерновых посевов и прогноза урожайности.

## Введение

В настоящее время перед республикой Казахстан с ее обширной территорией, богатой разнообразными природными ресурсами и малой плотностью населения стоит актуальная проблема – разработать и внедрить современные методы и технологии управления устойчивым развитием регионов на основе сбора и комплексного анализа больших объемов разнородной информации. В решении этой проблемы важную роль должен сыграть космический мониторинг территории Казахстана.

В области сельского хозяйства основное назначение системы космического мониторинга – это оперативный контроль использования земельных ресурсов и предоставление государственным и коммерческим структурам оперативной и объективной информацией о параметрах сельскохозяйственного производства на различных (от региона до отдельного сельского округа) административных уровнях.

Ожидаемое вступление Казахстана в ВТО предъявляет дополнительные потребности в развитии объективных методов контроля над параметрами сельскохозяйственного производства, ориентированного на экспорт. Для республики это в основном зерно. Сельскохозяйственное производство во многих странах является «чувствительной» областью экономики, которая имеет развитую систему дотаций и преференций. Конкуренция со стороны дешевой сельскохозяйственной продукции представляет для них определенную экономическую проблему. Поэтому развитие объективных, широко распространенных в развитых странах методов контроля над сельскохозяйственным производством с помощью спутниковой информации представляет большой интерес для Казахстана. Прозрачность зернового производства может способствовать не только продвижению продукции сельскохозяйственных производителей на внешних рынках, но и привлечению иностранного капитала. Опыт проведения космического мониторинга основных зерносеющих регионов Казахстана показал перспективность данного направления [1-5].

Создание системы дистанционного контроля паро-зернового севооборота основано на использовании информации со спутника TERRA/MODIS. Это единственный на сегодняшний день спутник, ежедневно покрывающий всю территорию Северного Казахстана данными о состоянии земной поверхности.

Свыше 12 миллионов яровых посевов Северного Казахстана (рис. 1) включают в основном зерновые культуры, среди которых доминирует пшеница. Основными типами севооборотов в Северном Казахстане являются паро-зерновые схемы. Севооборот варьируется от двухпольного (один год пар, другой зерновые культуры) до десятипольного и более. Финансово устойчивые хозяйства используют короткие севообороты, которые обеспечивают большую урожайность, но требуют значительных оборотных средств. Мелкие крестьянские и фермерские хозяйства не имеют возможности поддерживать рекомендуемые севообороты. Нередко пшеница выращивается как бессменная культура.

Система севооборота во многом определяет запас питательных веществ в почве и фитосанитарное состояние полей. Первая культура после пара имеет наилучшие показатели по запасу усвояемого азота и степени засорения. В последующие годы, засоренность полей возрастает, а запас питательных веществ падает. Таким образом, контроль севооборота важен не только для понимания механизмов формирования высокой урожайности, но и обеспечения лучшего качества зерна.

## 1. Построение масок зерновых и паровых полей

Крупный размер сельскохозяйственных полей в северных областях Казахстана (от 200 до 400 га) позволяет использовать спутниковые данные среднего пространственного разрешения (100-300 м) для оценки их спектральных характеристик. Например, типичное поле площадью 400 гектар описывается матрицей 8x8 пикселей в данных TERRA/MODIS (разрешение 250 м). Данные среднего разрешения имеют широкую полосу сканирования, что практически обеспечивает режим ежедневного мониторинга всех яровых посевов Северного Казахстана.

Спутниковые данные TERRA/MODIS, каналы: 1 – 620-670 нм и 2 – 841-876 нм с разрешением 250 м в течение вегетационных сезонов (апрель-сентябрь) 2001-2004 годов использовались для анализа спектральных характеристик сельскохозяйственных полей. В течение вегетационного сезона имеются следующих три периода, когда спектральные различия между естественной растительностью и яровыми посевами максимальны. Это (1) период сева (май - первая половина июня), когда наблюдаются минимальные коэффициенты отражения на вспаханных полях; (2) колошение – цветение (конец июля - начало августа) - высокие коэффициенты отражения во 2 канале у зерновых посевов (максимум зеленой биомассы); (3) созревание и уборка (конец августа - сентябрь). В этот период поля с пожелтевшей и высохшей соломой имеют высокие коэффициенты отражения в 1-м и 2-м каналах. К анализу из имеющегося архива спутниковых данных привлекались наиболее безоблачные, надирные снимки в вышеперечисленные ключевые периоды. В дальнейшем они использовались для классификации и построения необходимых масок.

Система дистанционного контроля паро-зернового севооборота основывается на ежегодном построении масок зерновых культур и парующихся полей. Метод построения масок яровых зерновых культур по данным дистанционного зондирования основан на регистрации весеннего минимума коэффициента отражения в ближней инфракрасной области (TERRA/MODIS канал 2), фиксируемого на сельскохозяйственных полях и связанного с механической обработкой почв в период сева, и летнего максимума периода колошения [2,3], подтверждающего, что обработанное весной поле было засеяно зерновой культурой. Осенний ключевой период необходим для выделения зерновых культур из состава яровых посевов. В северном Казахстане подобная проблема встречается не часто, поскольку яровые зерновые культуры фактически являются монокультурой, занимая свыше 90 % от посевных площадей.

Распознавание паровых полей, обрабатываемых механическим способом, на основе данных мониторинга TERRA/MODIS (1,2 каналы) не встречает трудностей. На рисунке 2 показаны изменения спектральных характеристик зерновых и паровых полей в течение вегетационного сезона. Особенно большие различия спектральные характеристики черного пара имеют в конце июля при максимуме зеленой биомассы на зерновых полях. Таким образом, с помощью простых алгоритмов автоматической классификации выделяются классы зерновых посевов и парующихся полей.

## 2. Реконструкция систем севооборота

В настоящее время оптимальная система севооборота является основой получения высоких урожаев качественной пшеницы и ячменя в Казахстане. Излишняя засушливость климата и высокие температуры не позволяют получать высокие урожаи, типичные, например, для стран центральной и западной Европы (60-80 ц/га). Соответственно уровень используемых химических препаратов за рубежом не может быть экономически оправдан в Казахстане. Поэтому в настоящее время количество минеральных удобрений и гербицидов, используемых на полях, значительно меньше реальной потребности. Этот недостаток частично возмещается парованием полей, при котором не только уменьшается засоренность полей, но и растут почвенные запасы усвояемого азота.

Многолетний контроль системы паро-зернового севооборота через ежегодное построение масок парующихся полей позволяет иметь не только текущую маску ярового зева, но и ее составляющие по культурам после пара. Так по результатам 4-летнего мониторинга яровых посевов определены четыре основных класса севооборота для сезона 2004 года и построены маски полей с первой культурой после пара, второй, третьей и четвертой и более (рис. 3). Разработанный метод позволил на основе данных дистанционного зондирования провести по заказу Министерства сельского хозяйства РК оценку состояния яровых зерновых культур по отдельным составляющим севооборота (рис.4).

Относительно благоприятные погодные условия последних пяти лет (1999-2003) способствовали некоторому улучшению системы севооборотов. Наблюдается увеличение доли паров с 7% - в 2002 году до 11% в 2004 (рис. 5). Однако текущая система севооборота в целом еще далека от рекомендуемой для условий Северного Казахстана четырехпольной схемы (25 % паров).

## Заключение

Таким образом, с помощью спутниковой информации все сельскохозяйственные поля можно разделить на классы по годам их использования после парования. На основе данных космического мониторинга зерносеющих областей Северного Казахстана в течение 2001-2004 годов развит новый подход к оценке состояния зерновых культур и прогнозу урожайности. Проведен анализ состояния зерновых культур для различных классов полей в рамках паро-зернового севооборота. Разработанный подход способствует более точному описанию реальной картины зернового производства Северного Казахстана с помощью спутниковых данных.

## Литература

1. *Sultangazin U., Muratova N., Doraiswamy P., Terekhov A.* Estimation of weed infestation in spring crops using MODIS data // Proceeding of IGARSS'2003. Toulouse. France. July 21-25, 2003.
2. *Султангазин У.М., Муратова Н.Р., Терехов А.Г.* Распознавание типов землепользования в северных областях Казахстана на базе данных спутникового мониторинга среднего разрешения и ГИС // В сб. Космические исследования в Казахстане. Алматы. ROND. 2002. с. 240 – 247.
3. *Terekhov A., Muratova N.* Agriculture Land Use Recognition by Multi-temporary Middle Resolution Satellite Data in Northern Kazakhstan // Proceedings of IGARSS'2002. Toronto. Canada. June 24-28, 2002. v. I. p. 2787-2789.
4. *Закарин Э.А., Спивак Л.Ф., Архипкин К.П., Муратова Н.Р., Терехов А.Г.* Методы дистанционного зондирования в сельском хозяйстве Казахстана. Алматы. Изд-во «Гылым». 1999. 176 р.
5. *Султангазин У.М., Муратова Н.Р., Терехов А.Г.* Использование космического мониторинга в планировании и прогнозировании параметров зернового производства // В сб. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. ИКИ РАН, Москва 2004, с. 291-297.

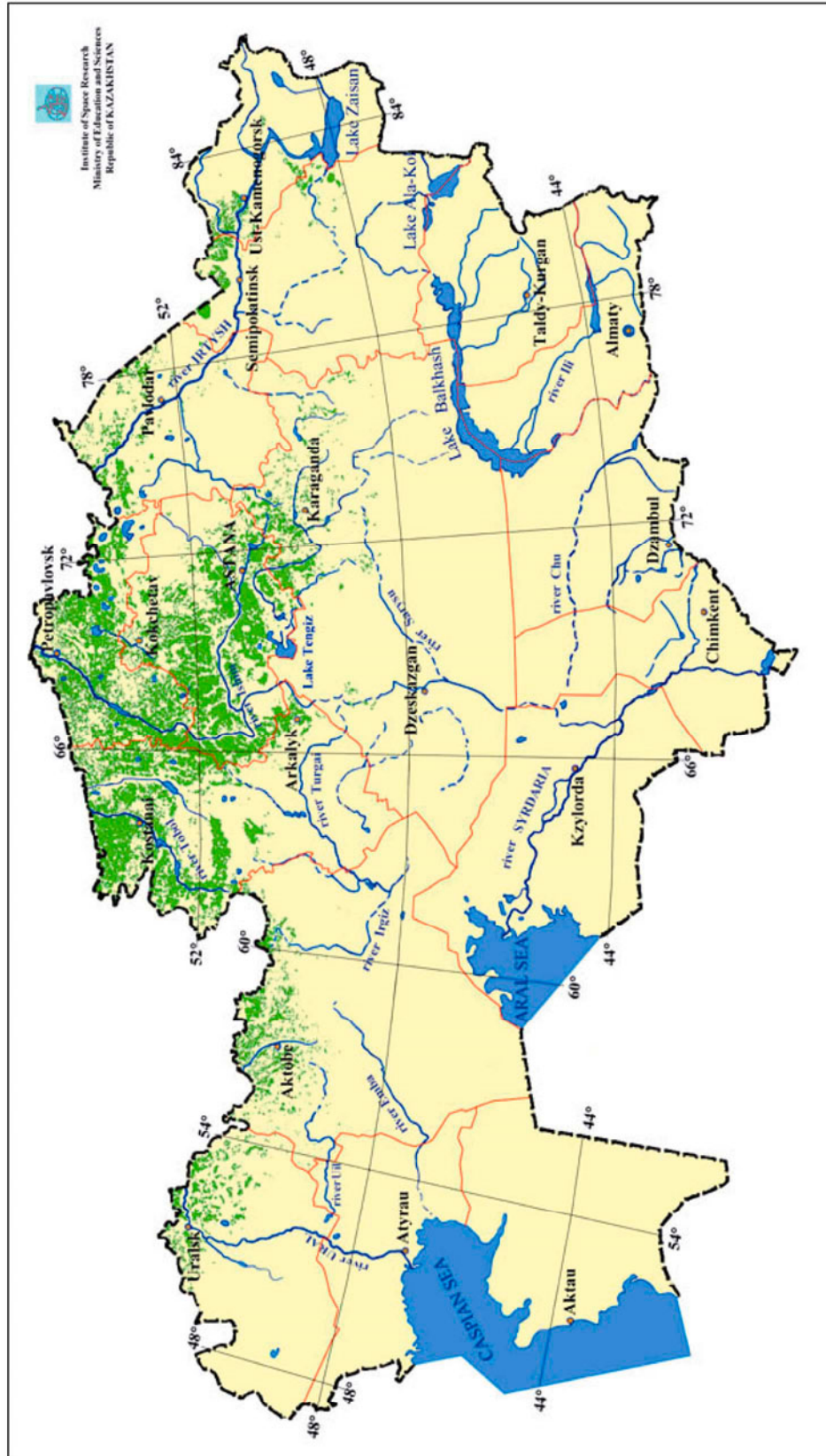


Рис. 1. Спутниковая маска яровых зерновых посевов Северного Казахстана.

Reflectance, ch2

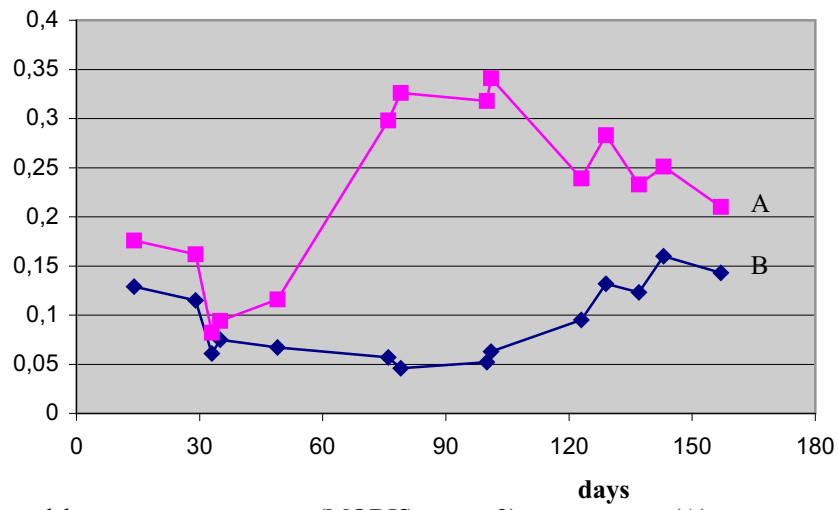


Рис. 2 Динамика коэффициентов отражения (MODIS, канал 2) пшеничного (А) и парового (В) полей в течении вегетационного периода (0 - 1 мая).

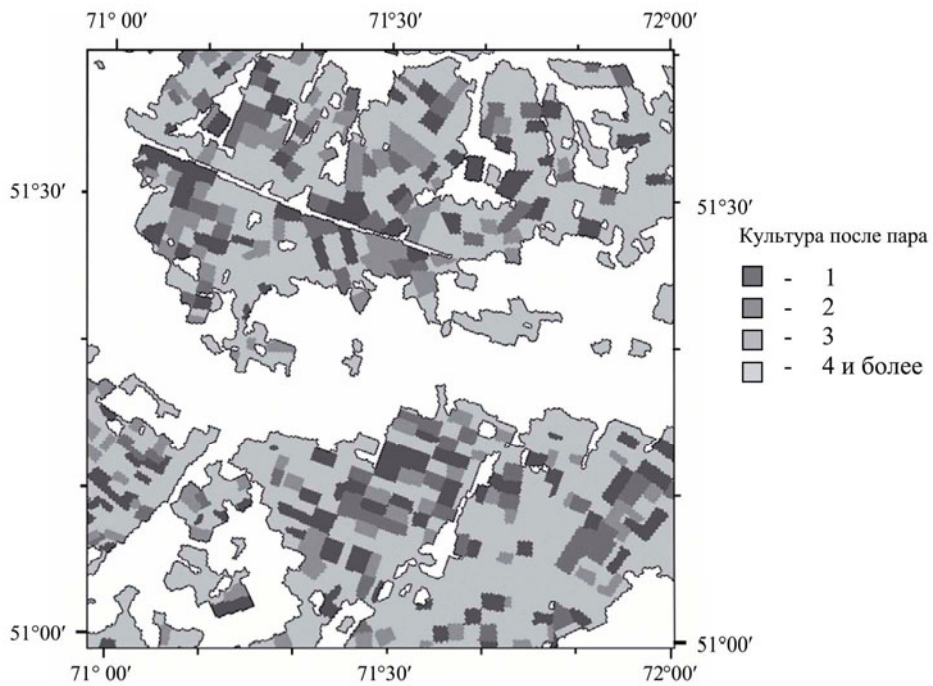


Рис. 3 Фрагмент карты паро-зернового севооборота 2004 года для Акмолинской области.

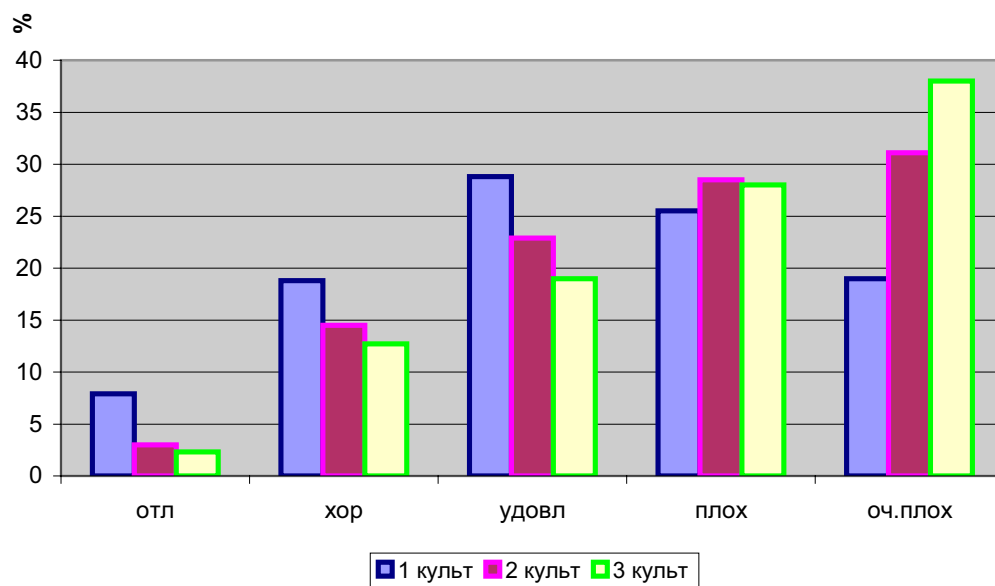


Рис. 4. Дистанционная оценка состояния зерновых культур в зависимости от года после пара. Костанайская область, 2004 год.

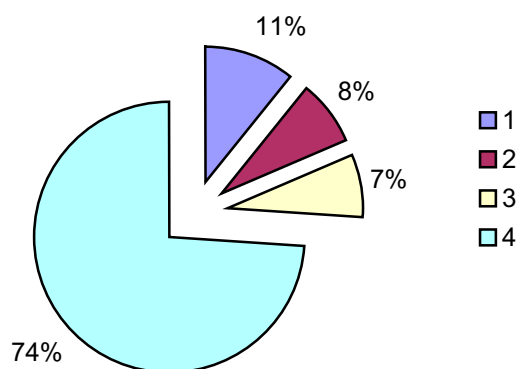


Рис. 5. Структура паро-зернового севооборота 2004 года для Северного Казахстана. 1 – первая культура после пара, 2 - вторая и т.д.