

Использование многолетних спутниковых данных различного разрешения для комплексной оценки состояния растительного покрова территории Казахстана

Л.Ф. Спивак, А.Г. Терехов, И.С. Витковская, М.Ж. Батырбаева

*АО «Национальный центр космических исследований и технологий»
Национального Космического Агентства Республики Казахстан
050010, Казахстан, Алматы, ул. Шевченко, 15
E-mail: ivs-iki@rambler.ru*

В статье рассмотрены принципы использования многолетних спутниковых данных различного пространственного разрешения для оценки продуктивности земель в Казахстане, в том числе пашни и залежей. Снимки высокого разрешения (IRS LISS, разрешение 23 м) используются для картирования полей; среднего разрешения (EOS MODIS, разрешение 250 м) для создания определения типа землепользования и создания различных сельскохозяйственных масок; низкого разрешения (NOAA/AVHRR, разрешение 1100 м) для оценки продуктивности земель в рамках различных масок через анализ многолетних данных с помощью вегетационных индексов.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли из космоса, многолетние ряды вегетационных индексов, космический мониторинг, продуктивность земель, тип землепользования, маска сельскохозяйственных земель.

Введение

Площадь пахотных земель Северного Казахстана (Акмолинская, Костанайская и Северо-Казахстанская области), используемых под однолетними яровыми культурами, сильно менялась в различные периоды. Максимум землепользования приходился на Советский период, когда площадь посевов, в основном зерновых культур, составляла свыше 16 миллионов гектар. После распада СССР и в последующие годы экономического

которых потенциально возможно – это объективные трудности, преодоление которых возможно с использованием новых технологий космического мониторинга. Почвенная эрозия или природная низкая продуктивность земель могли быть причиной вывода пашни из оборота. Критерием возврата земель в сельскохозяйственный оборот должна быть их текущая продуктивность. Если информация по природным характеристикам почв пахотных земель накапливалась в результате различных обследований, которые масштабно проводились в Советский период, то информация о степени повреждении почв за счет эрозии в последние десятилетия практически отсутствует. Проведение инвентаризации, районирования и ранжирования земель республики, оценки продуктивности земель сельскохозяйственного назначения на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и ГИС-технологий представляется рациональным подходом к решению столь сложной задачи.

Спутниковые данные предоставляют объективную информацию о спектральных характеристиках подстилающей поверхности с различной периодичностью и пространственным разрешением. Спутниковые вегетационные индексы оценивающие «зеленость» поверхности способны детально и достаточно точно оценивать объем зеленой биомассы, которая является фактором, отображающим текущую продуктивность земель.

Проведенные работы касались двух направлений:

- исследование всей территории Казахстана для оценки межгодовых особенностей в реакции растительного покрова на вариации погодных условий;
- анализ продуктивности залежей, многолетних трав и полей коренного улучшения в основных зерносеющих областях Северного Казахстана.

Исходные данные

В качестве исходных спутниковых данных для проведения исследований использовались снимки спутников NOAA с пространственным разрешением 1 км, охватывающие регион с координатами 45°–88°E, 40°–56°N, за вегетационные сезоны (апрель–сентябрь) 2000–2007 годов.

Для регистрации и анализа долговременных изменений окружающей среды, состояния растительности и землепользования использованы временные ряды вегетационных индексов. Вариации растительности внутри вегетационного сезона хорошо описываются распределениями декадных значений нормализованного дифференциального вегетационного индекса NDVI. Расчет ежедневных значений NDVI проводится по данным 1 и 2 каналов радиометра AVHRR/NOAA:

$$NDVI = \frac{ch2 - ch1}{ch1 + ch2}.$$

Для уменьшения влияния облачности проводился расчет декадных композитных значений NDVI, основанный на выборе в каждом пикселе максимального за 10 дней значения.

Существует устойчивая корреляция между показателем NDVI и продуктивностью для различных типов экосистем. Это свойство используется для регионального картирования и анализа различных типов ландшафтов, оценке ресурсов и площадей биосистем.

При анализе долговременных изменений продуктивности растительного покрова эффективнее использовать интегральный вегетационный индекс IVI [1, 2], характеризующий накопление общего объема зеленой биомассы за вегетационный сезон и вычисляющийся суммированием NDVI-композигов за период апрель–сентябрь конкретного года в каждом

пикселе: $IVI = \sum_{i=1}^{18} NDVI_i$, здесь индекс «i» означает номер декады.

Анализ пространственных и временных изменений растительного покрова Казахстана с использованием базы данных IVI

По цифровым картам суммарной сезонной продуктивности растительной биомассы за исследуемый период проведено зонирование территории Казахстана [1, 2]. Для выделения зон различной продуктивности использовались пороговые критерии, рассчитанные по величине отклонений от среднего медианного значения $(IVI_{max})_{med}$ за рассматриваемый период: зона 5 – $IVI/(IVI_{max})_{med} \geq 0,4$ (высокая продуктивности); зона 4 – $0,3 \leq IVI/(IVI_{max})_{med} \leq 0,4$ (умеренная продуктивность); зона 3 – $0,2 \leq IVI/(IVI_{max})_{med} \leq 0,3$ (средняя продуктивность); зона 2 – $0,1 \leq IVI/(IVI_{max})_{med} \leq 0,2$ (низкая продуктивность); зона 1 – $IVI/(IVI_{max})_{med} \leq 0,1$ (очень низкая продуктивность, пустыня).

Расположение выделенных зон различной продуктивности растительности для всего восьмилетнего временного ряда представлено на рисунке 1.

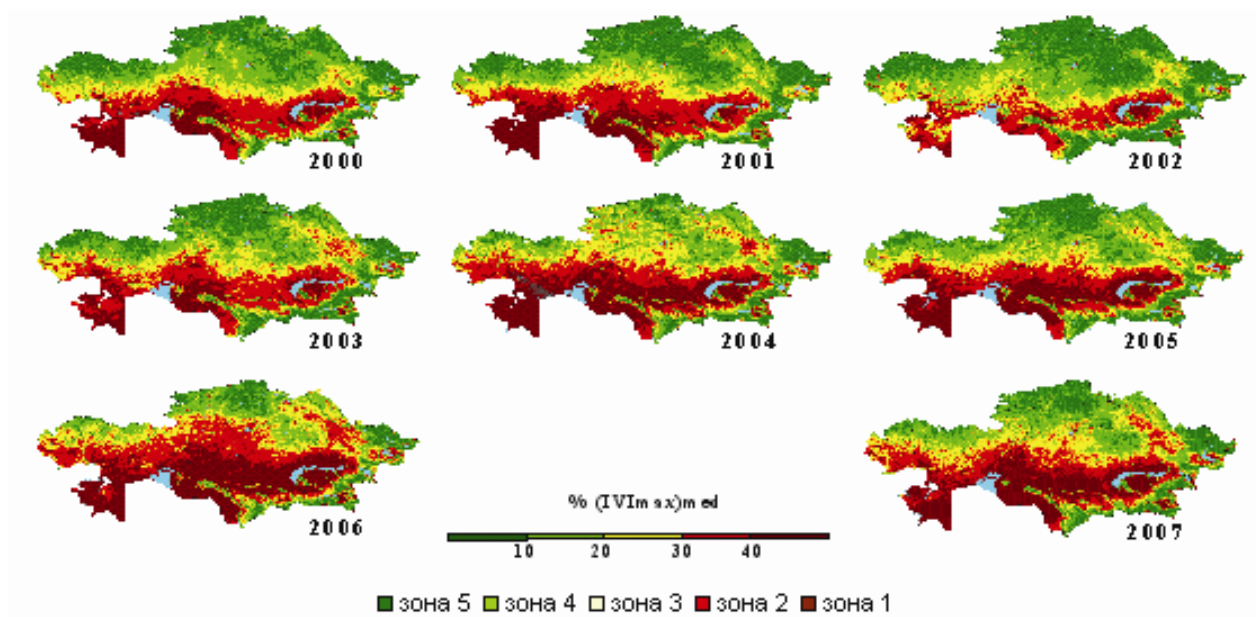


Рис. 1. Динамика расположения зон различной продуктивности за 2000-2007 гг.

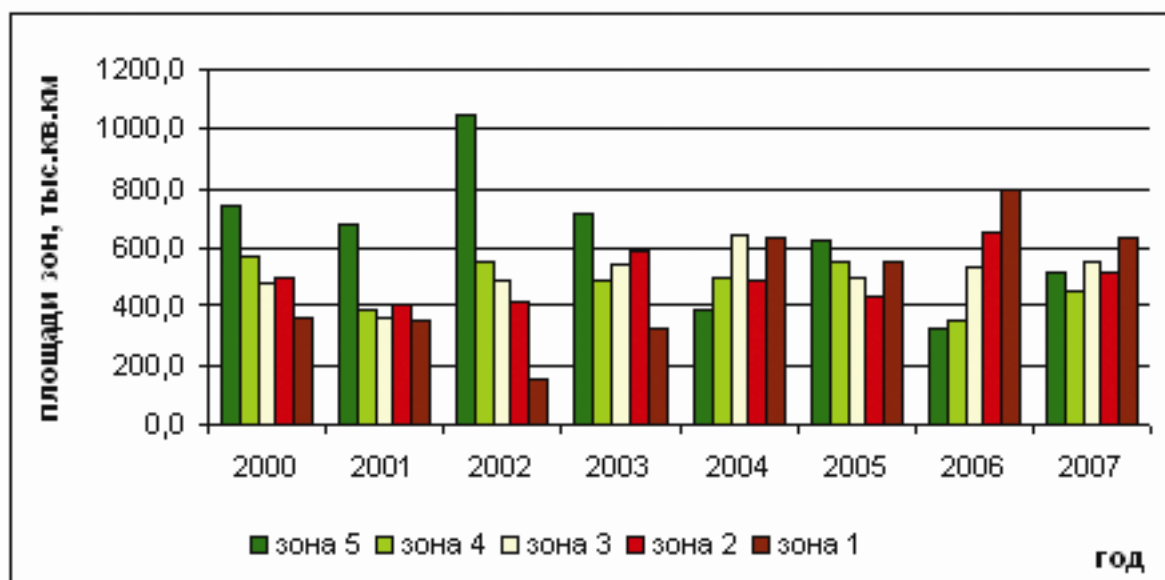


Рис. 2. Динамика изменения площадей зон различной продуктивности на территории Казахстана за период 2000-2007 годы

Растительный покров Казахстана характеризуется явно выраженной широтной последовательностью расположения зон различной продуктивности, связанной с географическими особенностями расположения республики.

Диаграмма, отражающая динамику изменения площадей выделенных зон на территории Казахстана за период 2000-2007 годы, представлена на рисунке 2. Количественные размеры зон с относительно высокой и низкой продуктивностью существенно зависят от сезонных погодных условий.

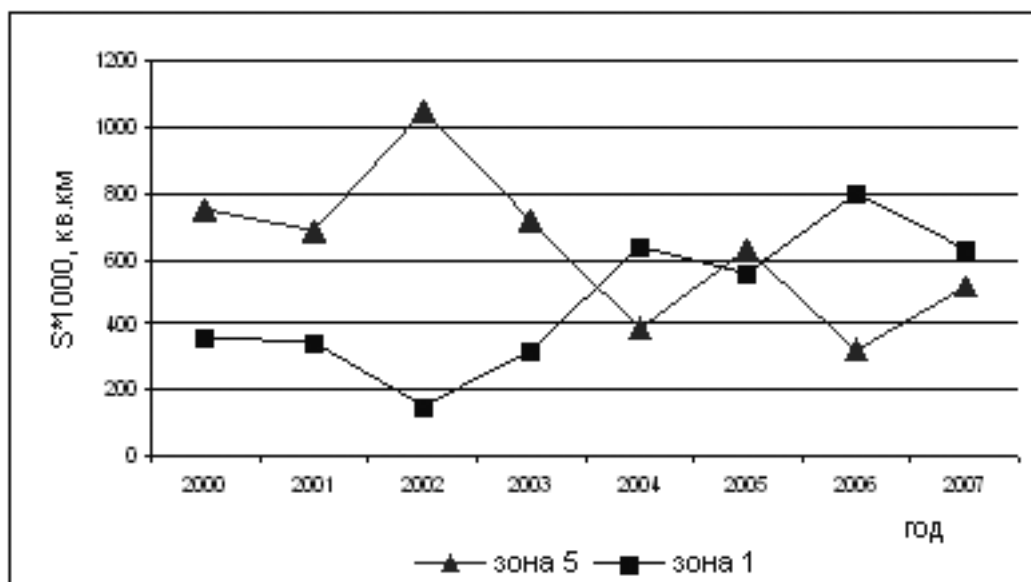


Рис. 3. Динамика изменения площадей зон высокой и низкой продуктивности растительности на территории Казахстана за период 2000-2007 годы

Анализ спутниковых данных показал, что за рассматриваемый период 2002 год является наиболее благоприятным годом для продуктивности растительности. В то же время наиболее стрессовыми для растительности являются 2004 и 2006 годы.

Динамика изменения площадей зон с высокой и очень низкой продуктивностью имеют выраженные тенденции развития, как следует из рисунка 3.

В рассматриваемом периоде для территории Казахстана в целом 2002 год является экстремальным. Как следует из графиков, вторая часть рассматриваемого временного интервала (с 2002 года) характеризуется тенденцией увеличения пустынных и полупустынных территорий и уменьшением зоны 5. В то же время, при наличии межсезонных вариаций площади зоны с умеренными значениями IVI остаются практически неизменными.

Распознавание и районирование земель сельскохозяйственного назначения на примере Костанайской области

Погодные условия последних лет сложились неодинаково для различных территорий. Наблюдались как явления засухливости, так и относительного переувлажнения. Поэтому дешифровка основных классов объектов должна базироваться на многолетних данных, что дает возможность отделять погодную составляющую от естественных характеристик того или иного класса подстилающей поверхности и определять, как места со стабильно высокой продуктивностью, так и зоны устойчивой депрессии растительности, связанной с недостатком увлажнения и низким плодородием земель. Дополнительные проблемы создаются различием в календарных датах сельскохозяйственных работ на разных полях, что влияет на динамику их вегетации.

Последующий анализ состояния растительности земель различного назначения и их рационального размещения проводился на примере Костанайской области (рис. 4).

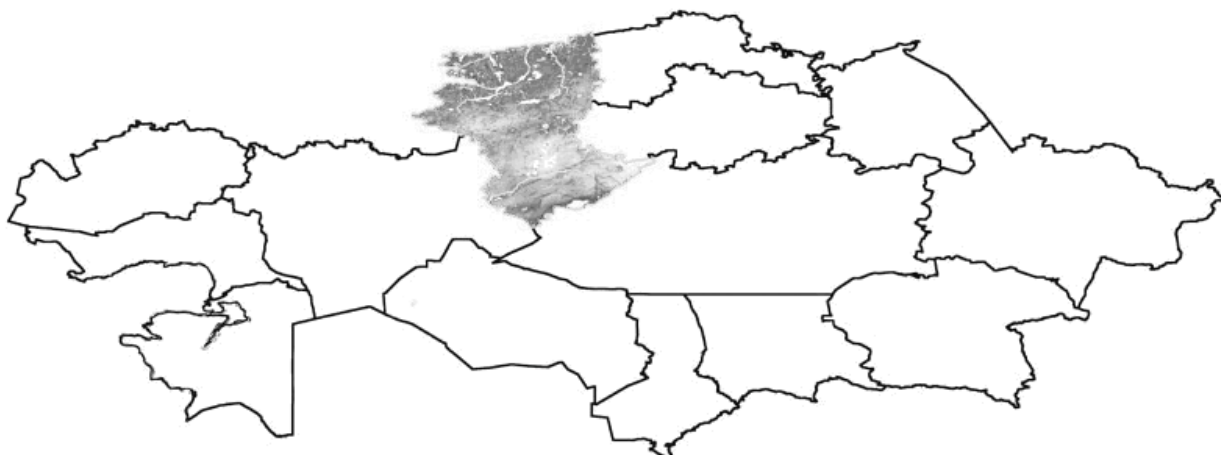


Рис. 4. Расположение Костанайской области на территории Казахстана

Вышеописанная методика районирования территорий по продуктивности растительности с применением данных ДЗЗ была применена к территории Костанайской области. Полученные результаты для данных 2007 года представлены на рисунке 5.

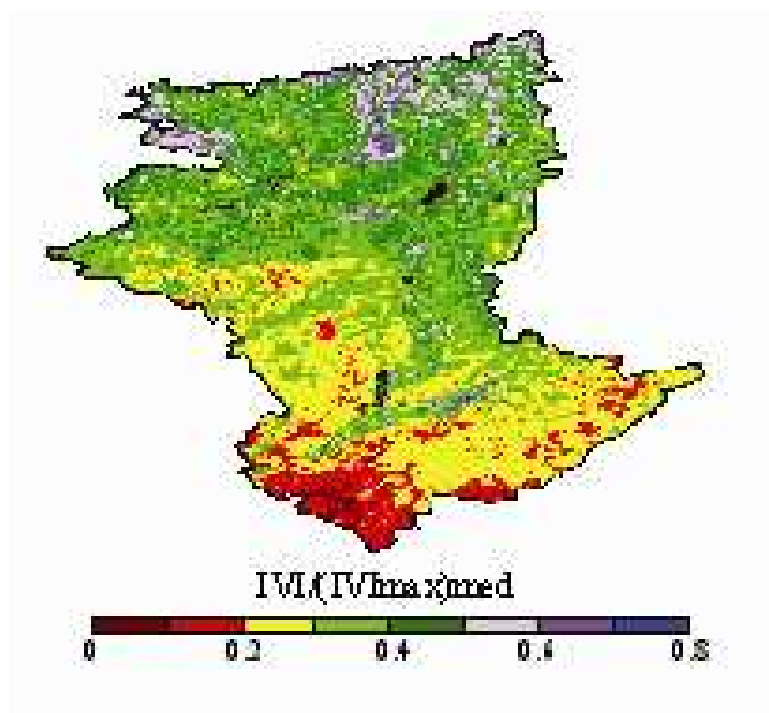


Рис. 5. Распределения зон с различной продуктивностью растительности по территории Костанайской области (2007 г.)

Методика районирования территории Казахстана на основе данных дистанционного зондирования, изложенная выше, была применена при определении участков с различной продуктивностью растительности в Костанайской области по цифровым картам нормированного интегрального вегетационного индекса $IVI/(IVI_{max})_{med}$.

Как видно из рисунка, на территории исследуемой области, относящейся к Северному Казахстану, представлены все типы выделенных зон продуктивности растительности.

Для оценки продуктивности пахотных земель предлагается использовать спутниковые данные различного разрешения [3]. При этом, для картирования границ сельскохозяйственных

полей, дешифровки их типа землепользования и создания масок земель различного назначения используются спутниковые данные высокого разрешения. Последующий анализ различий в их динамике в пределах вегетационного сезона проводится на базе спутниковой съемки низкого разрешения по данным спутников NOAA.

Данные IRS LISS (разрешение 23 м) использовались для картирования границ сельскохозяйственных полей. Мониторинг EOS MODIS (разрешение 250 м) в течение 2005-2007 гг. позволил дешифровать тип землепользования для полей, суммарной площадью примерно в 70 тыс. кв. км, с созданием масок: яровых посевов, брошенных полей, и естественной растительности. Первоначально полученные маски с разрешением 23 м были огрублены до разрешения карт нормализованного дифференциального вегетационного индекса (NDVI), построенных по данным спутника NOAA, для последующего анализа различий в параметрах вегетации этих классов в период 2005-2007 гг. На рисунке 6 приведены маски посевов, пахотных земель, не используемых в севообороте однолетних культур, и естественной растительности для Костанайской области.



Рис. 6. Маски основных классов земель сельскохозяйственного назначения для оценки их продуктивности по данным ДДЗ по территории Костанайской области:

- А – земли, используемые в севообороте однолетних яровых культур;*
- Б - земли, неиспользуемые в севообороте однолетних яровых культур;*
- В – пастбища, естественная растительность*

Оценка продуктивности земель различного назначения Костанайской области с использованием многолетних рядов данных ДЗЗ

В пределах выделенных масок земель различного назначения для Костанайской области было проведено районирование по распределению суммарного, накопленного за весь временной ряд, нормированного интегрального вегетационного индекса $\text{sumIVI}/(\text{IVI}_{\text{max}})_{\text{med}}$ по 8-бальной шкале (рис. 7А). Проведенное районирование в рамках выделенных масок позволяет оценить наличие участков с различной продуктивностью растительности и их долю, выраженную через число пикселей, в общей площади.

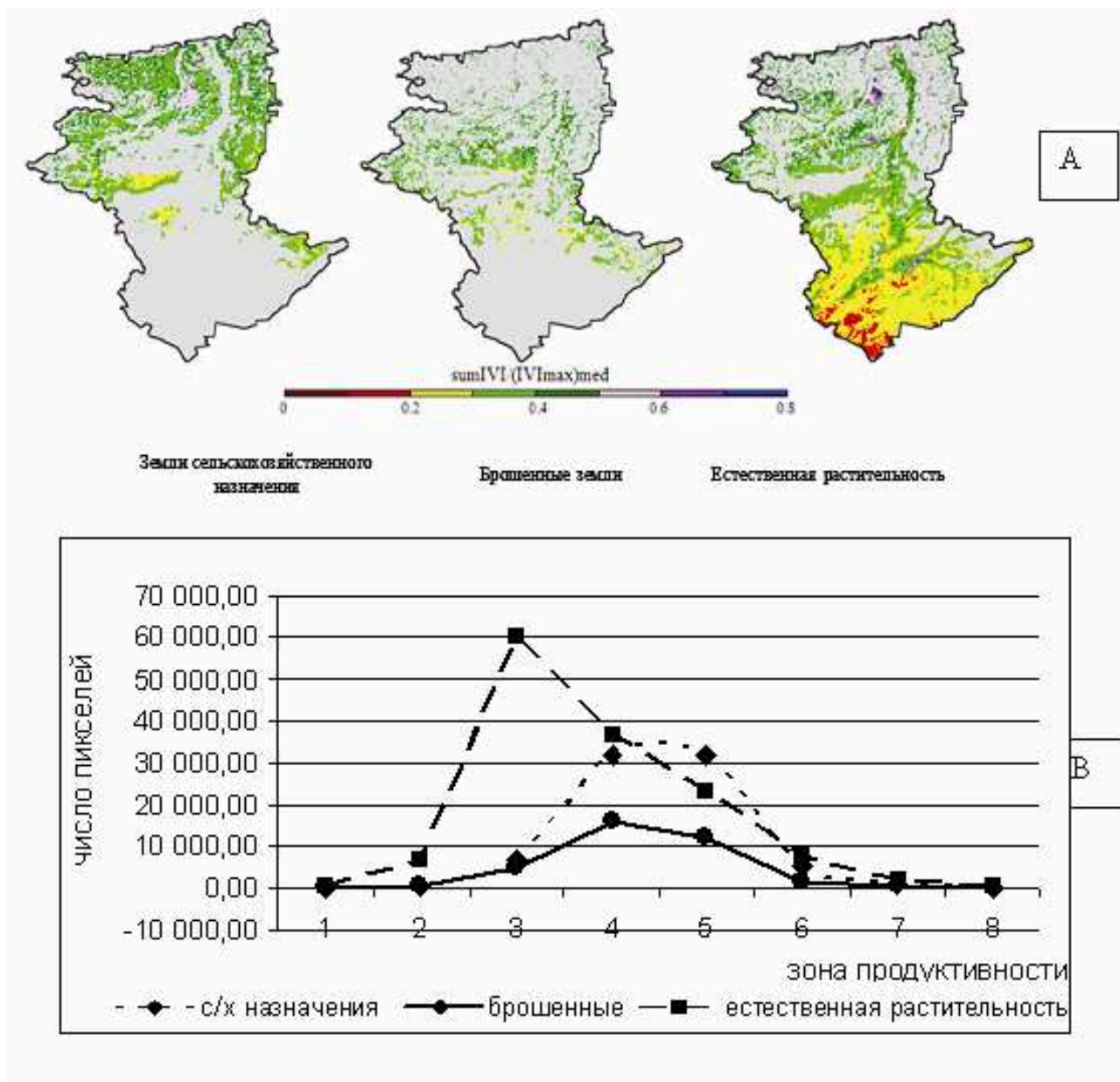


Рис. 7. Расположение участков разных классов продуктивности растительности на землях различного назначения (а) и их распределение по классам продуктивности для Костанайской области

Для естественной растительности наибольшее число пикселей принадлежит классу низкой продуктивности (3), однако, в масках двух других типов земель наибольшее число пикселей относится к двум классам продуктивности (4,5) (рис. 7В).

Таким образом, в границах земель, находящихся в севообороте под однолетними культурами, наблюдаются участки с низким уровнем продуктивности, в то время, как в рамках земель вне севооборота отмечаются участки с высокой продуктивностью растительности.

Далее создаются карты высокой и низкой продуктивности растительности пахотных и брошенных земель Костанайской области на основе многолетних рядов ДДЗ. Пример таких карт для пахотных и брошенных земель приведен на рисунке 8, на котором указаны участки, принадлежащие различным классам продуктивности растительности.

Для более детального анализа продуктивности сельскохозяйственных земель можно привлекать районные планы землепользования и спутниковые снимки MODIS.

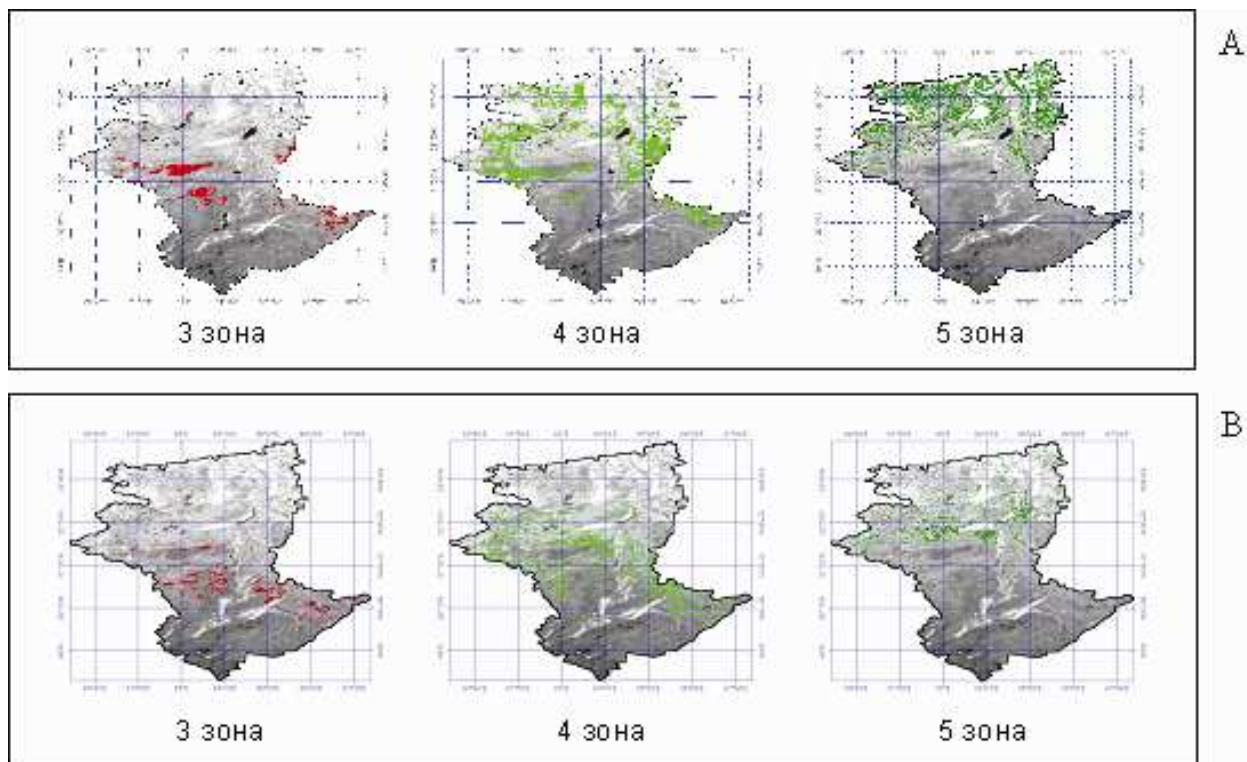


Рис. 8. Выделение участков различных классов продуктивности растительности в пределах масок земель, находящихся в севообороте однолетних культур (а), и пахотных земель вне севооборота однолетних культур (в); по Костанайской области

Заключение

Таким образом, анализ современной продуктивности пахотных земель может базироваться на многолетних данных NOAA/AVHRR/NDVI (разрешение 1 км), EOS MODIS (разрешение 250 м) и однократном покрытии IRS LISS (разрешение 23 м). Количественная оценка многолетних параметров вегетационных динамик в рамках различных сельскохозяйственных масок построенных по снимкам высокого разрешения дает возможность районирования земель, что важно для оптимизации использования пашни в основных зерносеющих областях Казахстана в условиях ежегодного увеличения посевных площадей.

Работа выполнена в рамках республиканской бюджетной программы «Прикладные научные исследования в области космической деятельности» на 2008 год Республики Казахстан.

Литература

1. Spivak L., Vitkovskaya I., Batyrbaeva M. The analysis of long-term time and spatial variations of vegetation productivity using of remote sensing data // IGARSS'07, Barcelona, Spain, 2007.
2. Спивак Л.Ф., Витковская И.С., Батырбаева М.Ж. Анализ межсезонных вариаций продуктивности растительного покрова Казахстана с использованием временных рядов ДЗЗ// Известия НАН РК Серия физ-мат. 2008. № 4, с. 29-32.
3. Спивак Л.Ф., Терехов А.Г., Витковская И.С., Батырбаева М.Ж. Методы мониторинга долговременных изменений растительного покрова Казахстана на базе спутниковой информации. Тезисы доклада на ENVIROMIS 2008, Томск, с. 46-47.

The use of the long-term satellite data of the various resolution for the complex estimation of the vegetative cover condition of territory of Kazakhstan

L.F. Spivak, A.G. Terekhov, I.S. Vitkovskaya, M.J. Baturbaeva

*Joint Stock Company National Center Space Research and Technologies, RK
Shevchenko 28, Almaty 050010, Kazakhstan
E-mail: ivs-iki@rambler.ru*

The opportunity of application of the long-term satellite data of the various resolution for an estimation of productivity of arable lands and realization of monitoring of rational use of the agricultural lands in main grain areas of Kazakhstan for decision of a problem of rational use of ground resources of republic is shown in the article.

Keywords: remote sensing of the earth, long-term rows of vegetative indexes, space monitoring, productivity of the lands, type of land tenure, the agricultural lands mask.