

Спутниковая диагностика долговременных изменений растительного покрова полуаридных территорий Казахстана

А.Г. Терехов

*Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата, МООС
Казахстан, 050013, Алматы, ул. Сейфулина, 597
E-mail: aterekhov1@yandex.ru*

Изменения плотности полога доминирующих в полуаридных зонах полукустарничковых форм или замена их на травяной покров сопровождается значительными изменениями спектральных характеристик в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра в осенний период. Снимки LANDSAT-TM (1985-2007 гг.) и MODIS (USGS: MOD09Q1, 2000-2010 гг.) использовались для диагностики изменений баланса между древесными и травяными формами растительного покрова в сухой зоне Казахстана. Было установлено, что в течение последних 10 лет распространение кустарничковых форм полуаридной растительности существенно уменьшилось. Повсеместно наблюдается экспансия травяных форм, приводящая к остепнению полупустынных территорий. Механизм вытеснения древесных форм строится через накопление растительной морт-массы в период влажных лет, с последующим ее выгоранием в процессе степных пожаров. В случае сильного пожара происходит полное уничтожение древесных видов, восстановление которых занимает свыше 20 лет. Сопоставительный анализ снимков LANDSAT показал 10 кратное увеличение площади следов от пожаров на тестовой территории в центральной части Казахстана в период между 1985 и 2010 гг. По данным MOD09Q1 было проведено картирование деградации кустарничковых форм на территории Казахстана. Уменьшение площади занимаемой древесной полупустынной растительностью составило около 30 млн. гектар или свыше 30 % их ареала на территории Казахстана.

Ключевые слова: растительный покров, полукустарничковая растительность, спутниковые данные, степной пожар, картирование гарей, остепнение территорий.

Введение

Долговременные погодные циклы и изменения климата влияют на состояние растительного покрова. Наиболее сильные изменения растительного покрова можно ожидать в маргинальных экологических системах, обладающих повышенной чувствительностью к погодным параметрам, таких как полуаридные и аридные территории.

Растительный покров полуаридных территорий Евразии представлен смесью травяных и древесных, полукустарничковых видов (Трофимов и др., 2010). Доминирующие полукустарничковые формы растительности представляют собой растения высотой до 50 см с продолжительностью жизни отдельных стволов куста до 30-40 лет, которые затем заменяются новыми. В осенний период происходит сезонное сбрасывание не только листового покрова, но и части годового прироста веточек. Формирующийся опад устойчив к ветровому переносу и поэтому способен накапливаться в течение многих лет. Наличие опада на территории изменяет ее спектральные характеристики, существенно снижая коэффициенты отражения в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра. Отмирающие в конце сезона части травяных форм растительности, наоборот, легко переносятся ветром. В результате, для мест доминирования травяных форм типичен открытый почвенный покров и высокие коэффициенты отражения подстилающей поверхности, особенно в осенний период.

Механизм смены растительной доминанты в полуаридной зоне строится на степных пожарах. Высокая температура и низкая влажность воздуха на фоне повышенного объема высушенных трав и опада от кустарничковой растительности создают условия для передвижения огневого фронта. Сильные пожары приводят к уничтожению древесных форм растительности, которые заменяются быстро восстанавливающимися однолетними и многолетними травяными формами. В дальнейшем древесные формы способны постепенно вытеснять травяные за счет большей устойчивости к остро засушливым условиям.

Баланс между древесными и травяными типами растительности представляет интерес для отслеживания долговременных погодных циклов увлажнения – засушливости. При прочих равных условиях доминанта травяного покрова диагностирует многолетний период увлажнения, а древесного – период засушливости. Спутниковый мониторинг многолетних изменений спектральных характеристик полуаридных территорий в осенний период позволяет диагностировать баланс между древесными и травяными формами.

Дистанционное зондирование с глубиной наблюдений свыше 20 лет (например, LANDSAT) и регулярный ежедневный спутниковый мониторинг (MODIS: 2000-2010 гг.) являются эффективными инструментами для оценки текущего состояния растительного покрова и его многолетних изменений, что связано с долговременными погодными циклами и изменением климата.

Наземные данные

Наземное описание растительного покрова полуаридной зоны Казахстана проводилось в июле 2009 года. Было описано несколько участков на границах степных пожаров севернее оз. Балхаш. Следы от пожаров выбирались по снимку QuickBird (Google Earth) за 20 сентября 2006 года недалеко от автомобильной трассы Алматы – Астана. Описание включало регистрацию типа доминирующих растительных сообществ и фотографирование типичных состояний, рис. 1.

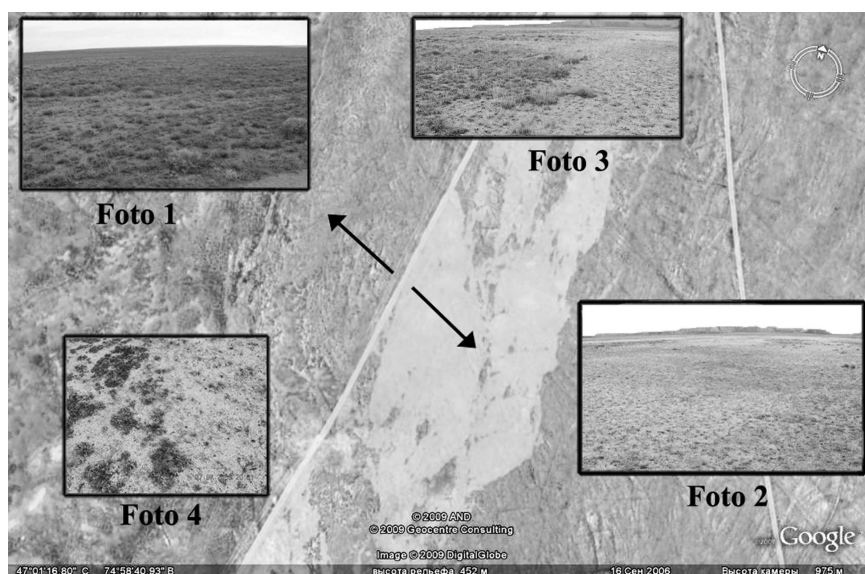


Рис. 1. Типичные виды растительного покрова полуаридной зоны Казахстана (на примере северного Прибалхашья) в районе степного пожара, дата обследования 27 июля 2009. В основе рекогносцировочный снимок Quick Bird на 16 сентября 2006 (Google Earth)

Спутниковые данные

Спутниковый мониторинг широко применяется для описания различных аспектов состояния растительного покрова территории Казахстана (Султангазин и др., 2004, Муратова и др., 2006; Терехов и др., 2007; Терехов, 2008; Спивак и др., 2011).

Снимок Quick-Bird (разрешение 60 см) за 20 сентября 2006, взятый из системы GOOGLE-Earth привлекался для рекогносцировки и выбора наземных участков для описания на полуаридных территориях Прибалхашья.

Спутниковые сцены Landsat-TM в период 1985-2007 гг. по позициям (WRS-2) 155/27; 156/27; 157/27; применялись для картирования долговременных следов от степных пожаров.

Продукт MOD09Q1 (коллекция 5) [<http://glovis.usgs.gov>] представляет собой 8-дневный композит физических коэффициентов отражения в красной (канал 1: 620-670 нм) и ближней инфракрасной (канал 2: 841-876 нм) частях спектра с разрешением 250 м. Данные за сентябрь – октябрь 2000-2010 годов использовались для картирования долговременных спектральных изменений подстилающей поверхности Казахстана, вызванными степными пожарами.

Методика обработки спутниковых данных

Снимки LANDSAT-TM

Первоначально формировались псевдоцветные композиты RGB, которые служили основой для картирования. Картирование многолетних следов после степных пожаров осуществлялось с помощью фотоинтерпретации.

Данные MOD09Q1

Выгорание полукустарничковой растительности и замена ее на травяной покров приводит к значительным изменениям в спектральных характеристиках подстилающей поверхности, особенно в осенний период. В августе-октябре злаковая доминанта травяного покрова представляет собой полностью высохшую растительную биомассу с высокими коэффициентами отражения в видимой и ближней инфракрасной части спектра. Отсутствие опада, малогумусные и щелбнистые почвы только усиливают эту характеристику. Типичные спектральные градиенты коэффициентов отражения, выделяющие пройденные огнем полуаридные территории с уничтоженными полукустарничковыми формами растительности, составляют: 0,03-0,04 в видимом диапазоне (MODIS канал 1: 620-670 нм); и 0,05-0,06 в ближнем инфракрасном канале (MODIS канал 2: 841-876 нм). В отношении к полным величинам коэффициентов отражения подстилающей поверхности эти различия достигают 15-25 %. Столь значительные контрасты позволяют использовать автоматические алгоритмы распознавания территорий с доминированием травяной растительности.

Характерной особенностью земель, на которых в период спутникового мониторинга (MODIS: 2000-2010 гг.) произошла смена доминанты в растительном покрове, является разовое и значительное повышение коэффициентов отражения подстилающей поверхности в осенний период. Идеология распознавания и выделения таких территорий строилась на формировании многолетних (2000-2010) максимумов и минимумов коэффициентов отраже-

ния на август – октябрь. Разница (MAX – MIN) превышающая определенный, эмпирически выбранный порог выделяла искомые объекты. Дополнительным контролирующим фактором являлась характерная геометрия границ степных пожаров, которая должна присутствовать в выделенных объектах.

Обсуждение полученных результатов

Наземное обследование показало, что сильный степной пожар полностью уничтожает древесную полукустарничковую растительность, доминирующую в полуаридной зоне. Рекогносцировочный снимок QuickBird, датируемый сентябрем 2006 года, отличался от времени наземного обследования (июль 2009 года) почти на 3 года. Однако за прошедшее после пожара время процесс восстановления древесной растительности еще не начался. Обгорелые пеньки полукустарничковых растений не имели новых побегов, также как и отсутствовали молодые растения этого вида, рис. 1.

Был проведен анализ времени восстановления спектральных характеристик подстилающей поверхности после степного пожара в полупустынной зоне, рис. 2. Даже после 23 лет спектральные различия выгоревших территорий хорошо заметны, что указывает на незавершенность восстановления кустарничковой растительности.

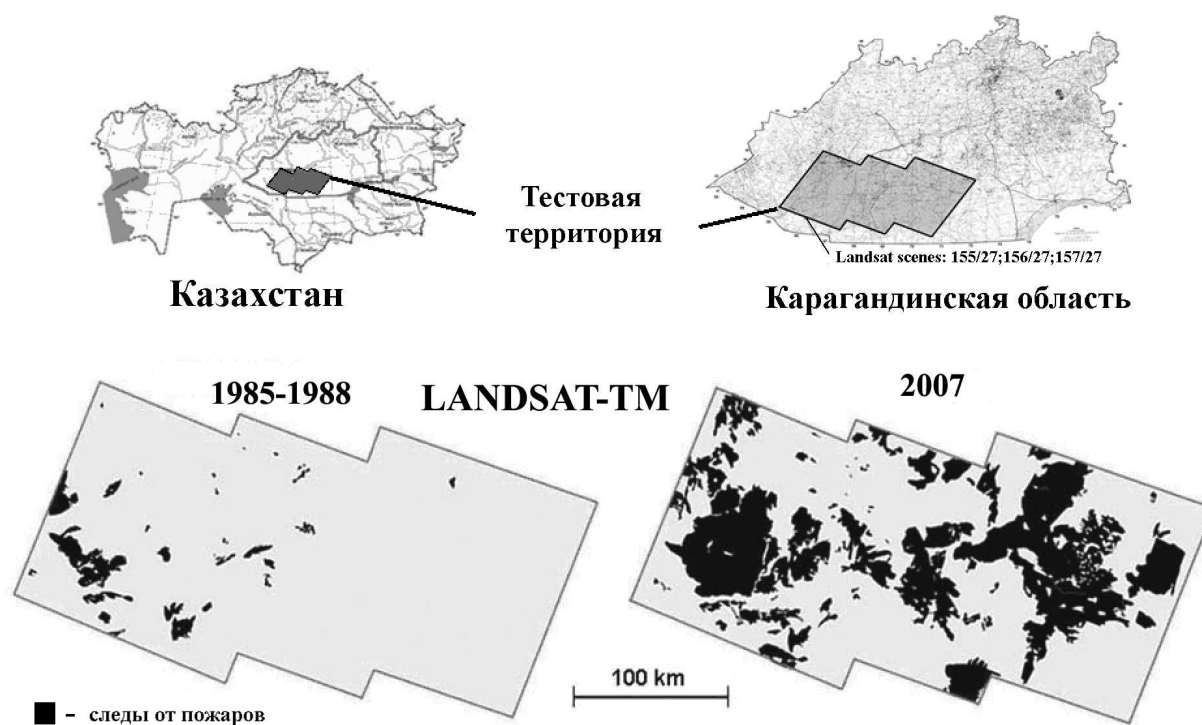


Рис. 2. Результаты экспертного картирования долговременных следов от степных пожаров в центральной части Казахстана по данным LANDSAT – TM (сценовые позиции WRS-2: 155/27, 156/27, 157/27) для двух временных профилей: 1985-1988 и 2007 года

Картирование следов от степных пожаров в период между 1985-1988 и 2007 годами по 3 сценам LANDSAT (WRS-2 [155,156,157]/27) показало 10 кратное увеличение площади территорий с измененной пожарами растительностью, рис. 3. Поскольку следы от степных пожаров в полуаридной зоне заметны еще как минимум 20 лет, после события, картирова-

ние по снимкам 1985-1987 годов, фактически, диагностирует период, начиная примерно с 1965 года. Таким образом, состояние по распространению степных пожаров в полуаридной зоне Казахстана второй половины 70-х годов прошлого века кардинально отличалось от последнего десятилетия.

Картирование следов от степных пожаров по всей территории Казахстана на основе автоматического распознавания данных MOD09Q1 оценивает площадь повреждения свыше 30 млн. гектар, что составляет около 30% всего ареала полупустынной кустарничковой растительности Казахстана.

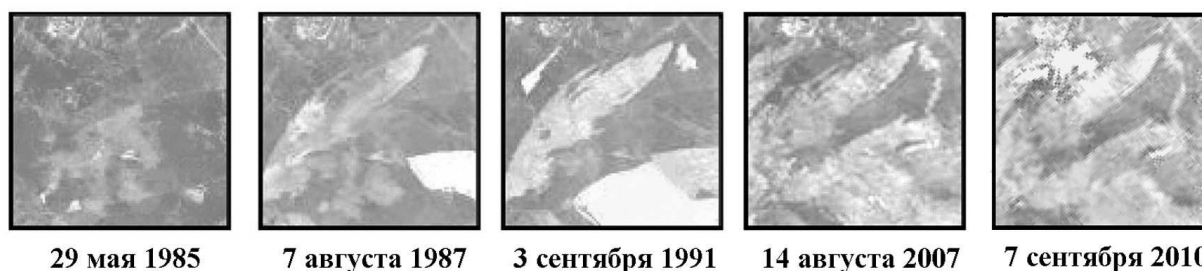


Рис. 3. Долговременные изменения спектральных характеристик (повышение коэффициента отражения) на полуаридных территориях после степных пожаров, снимки LANDSAT-TM (фрагмент сцены WRS-2 157/27; канал 3: 630-690 нм)

Выводы

Таким образом, в последнее десятилетие наблюдается масштабный процесс экспансии травяной растительности в полуаридной зоне Казахстана. Древесные формы этих территорий, представленные доминировавшими ранее кустарничковыми видами, заменяются злаковыми травяными сообществами.

Причины наблюдающегося остепнения полупустынных территорий до конца не ясны. Наиболее вероятно, что это следствие роста увлажненности территорий в рамках многолетних погодных циклов или изменения климата. Другой причиной может быть реакция полупустынных пастбищ на резкое уменьшение антропогенной нагрузки после распада СССР и глубокого кризиса в отгонном животноводстве Казахстана. В последнем случае, распространение пожаров вызвано накоплением не поедаемой животными растительной биомассы. Соответственно, наблюдаемые изменения растительности могут иметь направленность на возврат состава растительного покрова к естественному балансу между древесными и травяными формами, который был нарушен в результате многолетней антропогенной деградации полупустынных пастбищ в советское время (хронический перевыпас). Также вероятна ситуация значимости обеих причин.

Литература

1. Султангазин У.М., Муратова Н.Р., Дорайсвами Р., Терехов А.Г. Оценка санитарного состояния сельскохозяйственных угодий с помощью данных дистанционного зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. Выпуск 1. С. 286-290.
2. Муратова Н.Р., Северская С.М., Терехов А.Г., Аманова Н.Г., Цычуева Н.Ю. Оценка состояния естественной растительности Прикаспийского региона в зависимости от погодных и ландшафт-

- ных особенностей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2006. Выпуск 3. Том 2. С. 351-358.
3. Терехов А.Г., Кауазов А.М. Подспутниковый MODIS-ориентированный анализ информативности вегетационных индексов в задаче описания состояния яровой пшеницы Северного Казахстана // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2007. Выпуск 4. Т. 2. С. 352-357.
 4. Терехов А.Г. Основные элементы продуктивности яровой пшеницы Северного Казахстана сезона 2007 года в представлении EOS MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Выпуск 5. Т. 2. С. 364-370.
 5. Трофимов И.А., Шамсутдинов З. Ш., Орловский Н. С. и др. Система индикаторов и критериев оценки состояния опустынивания земель России (геоботанические, почвенные, дистанционные индикаторы) // Адаптивное кормопроизводство. 2010. №1. С. 26-30.
 6. Спивак Л.Ф., Витковская И.С., Терехов А.Г., Батырбаева М.Ж. Мониторинг долговременных изменений растительного покрова аридных и полуаридных зон Казахстана с использованием данных дистанционного зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 163-169.

Satellite diagnostic of long time changes of vegetation cover in semiarid territory of Kazakhstan

A.G. Terekhov

*Kazakh Research Institute of Environment and Climate
Kazakhstan, 050013, Almaty, 597, Seifulin str.
E-mail: aterekhov1@yandex.ru*

Small bushy tree species dominate the semi-arid areas of Kazakhstan. In the course of their life cycle, they form a layer of litter that is resistant to wind transport. This small shrub species with its own litter play a significant role in the spectral characteristics of the Earth surface. Changes in the shrub canopy density or replacing them with herbaceous vegetation is accompanied by significant changes in the optical spectral especially in the autumn. LANDSAT-TM during 1985-2007 years and MODIS data (USGS: MOD09Q1, 2000-2010) were used for diagnostics of changes in relation between woody/herbaceous vegetation species in the dry zone of Kazakhstan. It was found that over the past 10 years, spreading of small shrub forms of semi-arid vegetation significantly decreased. There observes a persistent expansion of herbal forms, leading to the formation of new dry steppe areas. The mechanism of repression of woody vegetation constructed through the accumulation of dry plant mass during wet years, with its subsequent burnout during steppe wildfires. In the case of a strong fire, a complete destruction of woody species is observed. The restoration of small shrub cover demands more than 20 years. Comparative analysis of LANDSAT-TM images showed a 10 times increasing of the fire scar areas in the test area in the central part of Kazakhstan between 1985 and 2010 years. According MOD09Q1 was conducted the steppe fire scars mapping in Kazakhstan. Reducing the area occupied by woody vegetation in semi-desert zone was about 30 million hectares or over 30% of their total range in Kazakhstan.

Keywords: vegetation cover, small bushy tree species, satellite images, steppe wildfire, steppe fire scar mapping, formation of new dry steppe area.