

Измерительное направление космического мониторинга мест массового размножения саранчовых

В.И. Горный, С.Г. Крицук, И.Ш. Латыпов, Т.Е. Теплякова, А.А. Тронин

Санкт-Петербургский Научно-исследовательский центр
экологической безопасности РАН (НИЦЭБ РАН)
197110, Санкт-Петербург, ул. Корпусная, д.18
E-mail: img@at1895.spb.edu

Объектом исследования явился регион южной части Западной Сибири. Целью исследований – создание технологии космического мониторинга очагов массового размножения саранчовых. В качестве основной методологии выбрано измерительное направление дистанционного зондирования Земли из космоса и максимальная автоматизация процесса обработки информации. Для этого выбраны съемочные системы спутников EOS, преимуществом которых является высокая повторяемость съемки и полное метрологическое обеспечение.

Введение

В связи с экономическими изменениями, произошедшими в странах СНГ за последние 15 лет, значительно сократился объем обрабатываемых земель и противосаранчовых мероприятий. В результате в южных регионах России наблюдались вспышки численности саранчовых, что определило актуальность и экономическую необходимость восстановления системы мониторинга и регулирования численности саранчовых. Учитывая гигантскую территорию Российской Федерации такой мониторинг целесообразно проводить с максимальным использованием материалов космических съемок.

В последние годы на юге Западной Сибири наблюдались вспышки численности итальянского пруса (*Calliptamus italicus* (L.)), ареал обитания, которого не столь локализован, как у марокканской перелетной саранчи [1]. В этом и состоит основная трудность применения космических методов мониторинга саранчовых на территории Российской Федерации.

Целью информационной системы космического мониторинга численности саранчовых является поддержка принятия решений по оптимизации численности саранчовых и минимизации их негативного воздействия на сельскохозяйственные угодья и уровень экологической безопасности.

Существует несколько объективных ограничений по применению спутниковых систем для мониторинга численности саранчовых:

1. Размеры особей саранчи на несколько порядков меньше, чем геометрическое разрешение на местности спутниковых съемочных систем высокого разрешения.
2. Космический мониторинг мест массового размножения саранчовых в производственном режиме требует высокой повторяемости космической съемки (получения ежедневных космических данных).

В связи с этим, отсутствует возможность непосредственного обнаружения особей саранчовых по материалам спутниковых съемок. Более того, из-за низкой повторяемости съемок системами высокого геометрического разрешения (~ 14-15 дней) [2] отсутствует возможность применения таких систем в производственном режиме.

В то же время спутники среднего геометрического разрешения (система EOS) - NOAA(AVHRR), Terra, Aqua (MODIS) (250 м - 1000 м) позволяют получать ежедневные материалы на всю площадь исследуемого региона. Поэтому для таких съемочных систем всегда имеется высокая вероятность получения материалов в безоблачный период.

Поэтому, учитывая высокую повторяемость съемки, в качестве основного инструмента для космического мониторинга численности саранчовых были предложены спутники системы EOS. В то же время, первое вышеприведенное ограничение определило необходимость применения измерительного направления дистанционного зондирования Земли из космоса (ДЗЗ) - так называемое «косвенное картографирование». В рамках этого направления реализуется высокая чувствительность съемочных систем спутников EOS. Более того, измерительное направление, базирующееся на полностью метрологически обеспеченных материалах системы EOS, позволяет распространять на весь исследуемый регион данные, полученные на ограниченной территории.

1. Методологический подход применения материалов системы спутников EOS при мониторинге численности саранчовых

Основная идея применения спутниковых съемочных систем для обнаружения объектов, пространственные размеры которых меньше геометрического разрешения спутниковой системы, приведена на рис. 1.

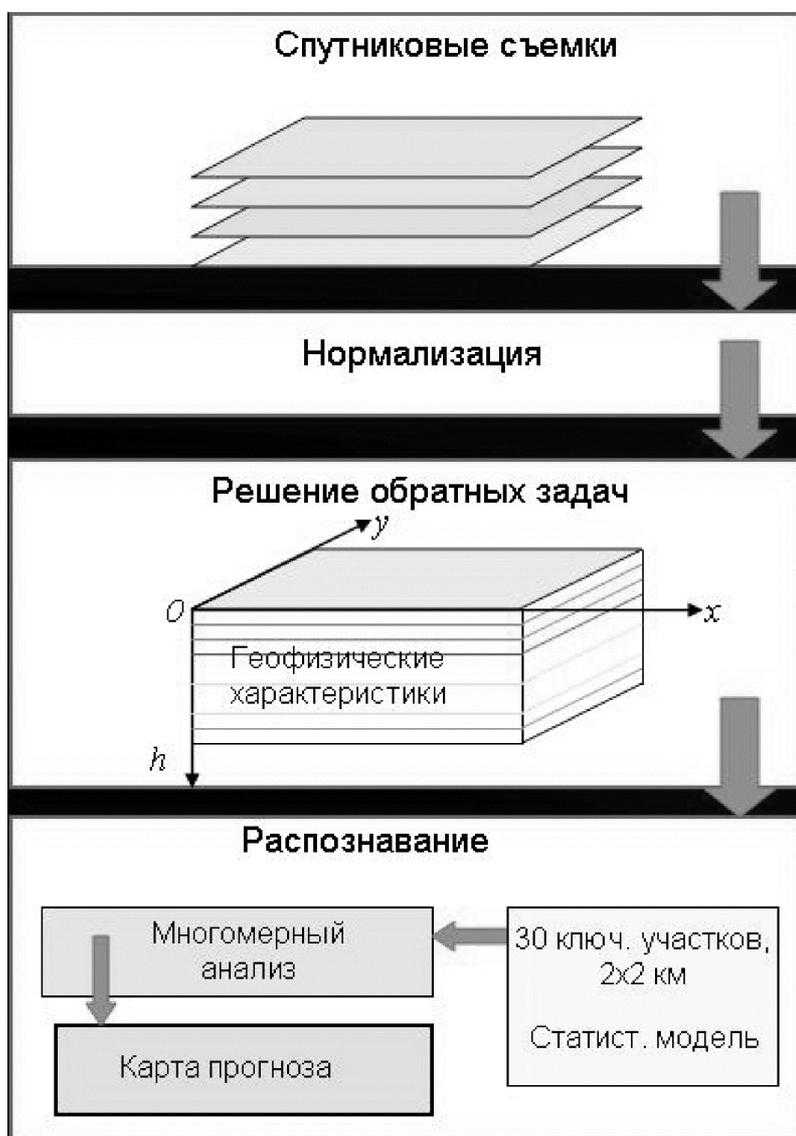


Рис. 1. Технологическая схема картографирования плотности саранчовых на основе обработки спутниковой информации, полученной системой EOS

Первые два этапа – аналогичны стандартным технологическим схемам обработки космических материалов. Основной целью третьего этапа обработки (рис. 1) является восстановление по данным спутниковых измерений физических характеристик поверхности, важных для экологии саранчовых. К ним относятся биомасса и тип растительности, влажность почвы, температура почвы, тип почвенного покрова, угол и азимут склонов рельефа дневной поверхности, и т.д.

Стадия опознавания – последний этап в предложенной технологической схеме. Она может базироваться на многомерном статистическом регрессионном анализе или на применении нейронных сетей с использованием прямой калибровки (учеты численности саранчовых на репрезентативном тестовом полигоне). Результатом применения приведенной методологии является карта прогноза плотности численности саранчовых, сопровождаемая вероятностями прогноза, ложной тревоги и пропуска объекта. Таким образом, результат данной методологии носит вероятностный характер.

2. Первые результаты применения методологии

2.1. Выбор тестового полигона

На первом этапе был выполнен выбор тестового полигона, репрезентативного для всего региона юга Западной Сибири. На всю территорию этого региона были подобраны материалы спутников NOAA(AVHRR), Terra(MODIS), а также цифровая модель рельефа дневной поверхности (ЦМР), полученная миссией SRTM (геометрическое разрешение 90 м). По этим материалам для всей территории юга Западной Сибири на основе специального алгоритма [3] в масштабе 1:500000 были восстановлены следующие физические характеристики поверхности: - конвективный тепловой поток, тепловая инерция, среднесуточная скорость испарения влаги с поверхности, вегетационный индекс. Эти физические характеристики вместе с ЦМР были использованы для районирования территории всего региона на основе безэталонной классификации. В результате были картографированы два основных класса, которые отражали степные и лесостепные территории. Тестовый полигон для выполнения прямой калибровки космических данных при прогнозировании плотности саранчовых был выбран в Карасукском районе Новосибирской области. Полигон включает в себя два вышеприведенных класса (зоны степей и лесостепей).

Соотношение площадей этих зон внутри тестового полигона и в целом по региону юга Западной Сибири приблизительно одинаково. Размеры тестового полигона 90 x 60 км. Внутри этого полигона на основе анализа материалов спутника высокого разрешения Landsat TM и результатов безэталонной классификации физических характеристик (конвективный тепловой поток, тепловая инерция, среднесуточная скорость испарения влаги с поверхности, вегетационный индекс, ЦМР) с учетом учета численности саранчовых, выполненных в предыдущие 5 лет, было размещено 30 ключевых участков размером 2 x 2 км каждый (рис. 2).

Размеры ключевых участков выбраны исходя из геометрического разрешения на местности спутника NOAA(AVHRR). Внутри каждого ключевого участка размещены по 30 точек для учета численности саранчовых и наземных наблюдений характеристик поверхности. К настоящему моменту выполнены следующие наземные наблюдения на каждой из 30 точек наблюдения на всех ключевых участках (всего 900 точек наблюдения): - измерена сырая биомасса и дано описания видового состава растительности; - выполнены стандартные почвенные описания; - измерена температура почвы на глубинах 5 и 15 см; - измерены пространственные вариации метеорологических характеристик (температура и влажность воздуха, скорость ветра) и выполнены градиентные измерения в пределах каждого ключевого участка.

2.2. Информационная основа

Численность саранчовых и их видовой состав в течение 2005 и 2006 гг. учитывалась в период весеннего (конец мая), летнего (середина июля) и осеннего (середина сентября) аспектов. Синхронно с наземными учетами были получены ряды спутниковых наблюдений.



Рис. 2. Космический снимок спутника Landsat TM на площадь Новосибирского тестового полигона. Сверху наложены дороги и гидросеть. Черными квадратами с номерами внутри показаны ключевые участки, где выполнялся учет численности саранчовых и проведены наземные наблюдения за растительностью, почвами, температурой, метео-характеристиками

После нормализации космических материалов к ним был применен алгоритм определения теплового потока, тепловой инерции и скорости испарения влаги с поверхности [3] (рис. 3). Дополнительно к вышеуказанным характеристикам по материалам спутника Terra(MODIS) строились карты вегетационного индекса NDVI (Рис. 3).

2.3. Анализ связи физических характеристик с численностью саранчовых

На следующей стадии анализировалась корреляция восстановленных по данным спутниковых измерений физических характеристик и плотности популяции саранчовых на ключевых участках Новосибирского тестового полигона. Пример такой корреляции приведен на рис. 4.

Среднесуточная скорость испарения влаги с поверхности характеризует влажность почвы и способность растительного покрова к испарению влаги. Хорошо известно, что влажность почвы является важным фактором, влияющим на условия размножения саранчовых [1]. Например, для юга Западной Сибири отмечено, что чем выше влажность почвы, тем ниже плотность популяции саранчовых. Объясняется это тем, что при повышенной влажности почвы из-за грибковых заболеваний гибнет большое количество личинок.

Анализ рис. 4 показывает, что в пределах Новосибирского тестового полигона в 2005 г. отсутствовала четкая зависимость плотности популяции саранчовых от скорости испарения влаги. В 2005 г. на этой территории численность саранчовых была низкой. Поэтому основная часть рас-

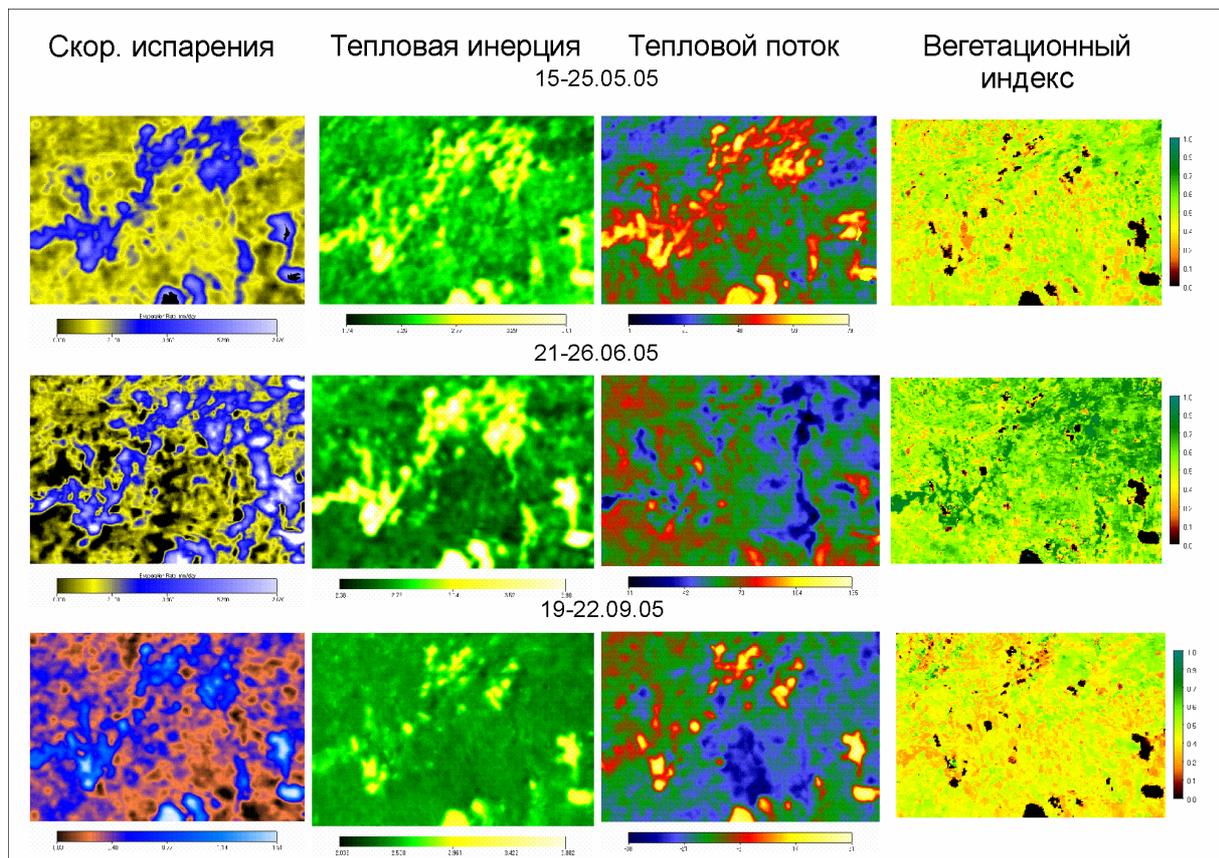


Рис. 3. Сезонные вариации среднесуточной скорости испарения влаги с поверхности, тепловой инерции, теплового потока и вегетационного индекса в течение 2005 г. на Новосибирском тестовом полигоне

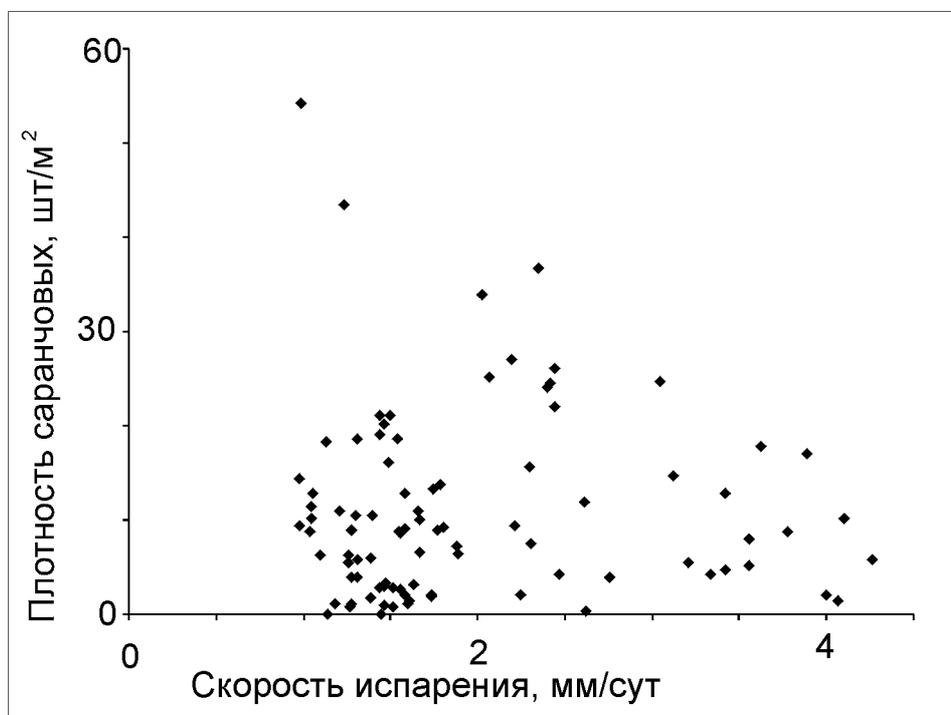


Рис. 4. Распределение плотности популяции саранчовых в зависимости от среднесуточной скорости испарения влаги с поверхности в июле 2005 г. на Новосибирском тестовом полигоне

пределения является, скорее всего, не закономерной, а случайной, т.е. в 2005 г. наблюдалось низкое отношение сигнал/шум. Несмотря на это, отмечается следующая закономерность - высокие значения плотности популяции саранчовых наблюдаются только в районах с низкими значениями скорости испарения влаги. А низкая плотность популяции саранчовых - на участках, как с высокой, так и с низкой скоростью испарения влаги.

Эти предварительные результаты подтверждают исходные предположения о том, что ни одна из физических характеристик поверхности полностью не определяет распределение численности саранчовых. Поэтому необходимо картировать несколько физических характеристик, важных для экологии саранчовых и только на этой основе можно построить практически значимые прогнозные карты плотности распределения популяции саранчовых.

3. Построение прогнозных карт

Первый результат применения измерительного направления при космическом мониторинге численности саранчовых приведен на рис. 5. Сравнение местоположения участков повышенной плотности популяции саранчовых в 2005 г. (более 10 особей на м²) с участками высокой плотности саранчовых, выявленными при наземных учетах в 2000 г., когда наблюдалась вспышка их численности, показывает, что:

- площадь зараженных саранчовыми участков в 2006 г. значительно меньше, чем в 2000 г;
- саранчовые, в целом, предпочитают одни и те же территории;

Полученные результаты позволяют надеяться на то, что в ожидаемый период нового повышения численности саранчовых, когда отношение сигнал/шум повысится, результаты применения измерительной методологии космического мониторинга их численности будут более надежны.

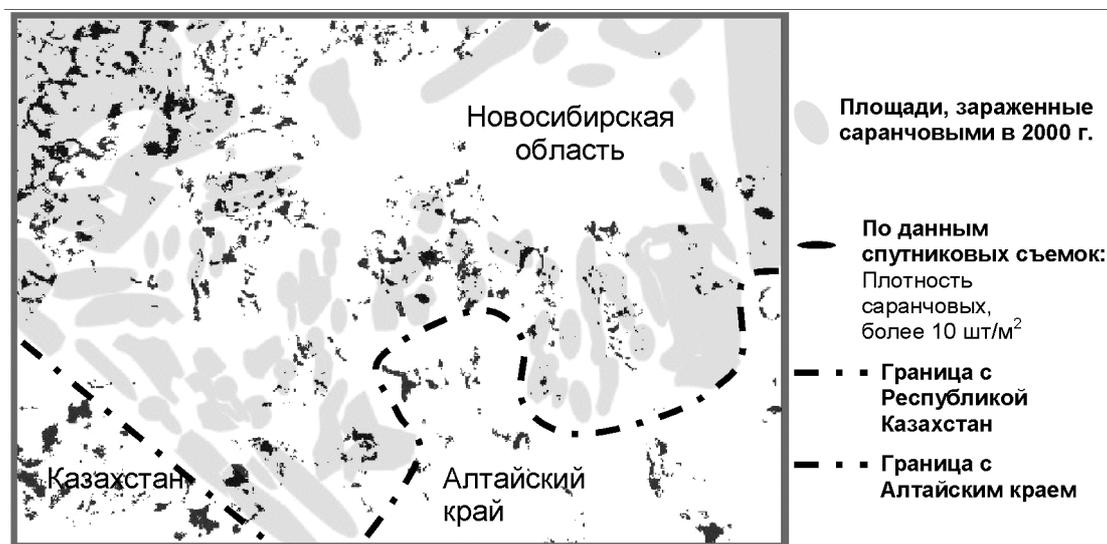


Рис. 5. Карта прогнозирования плотности саранчовых в пределах Новосибирского тестового полигона (по данным космических и наземных наблюдений, сентябрь 2005 г.). Данные по учетам 2000 г. имеются только на территорию Новосибирской области

Выводы

Первый этап применения измерительной методологии космического мониторинга численности саранчовых подтвердил исходные предположения:

1) Система спутников EOS среднего геометрического разрешения на местности NOAA(AVHRR) Terra/Aqua(MODIS) обеспечивает высокую вероятность получения космических материалов в климатических условиях юга Западной Сибири. Поэтому система этих спутников может являться основным информационным источником при оперативном региональном космическом мониторинге численности саранчовых на юге Западной Сибири.

2) Чувствительность спутников системы EOS достаточна для регистрации вариаций физических характеристик поверхности, важных для экологии саранчовых.

3) Совпадение участков высокой плотности саранчовых, отмеченных при наземных учетах в период вспышки их численности в 2000 г. и участков повышенной плотности саранчовых, выявленных по данным космических измерений в 2005 г. указывает на то, что саранчовые предпочитают определенные природные условия. Это облегчает проведение мероприятий, направленных на регулирование численности саранчовых.

Литература

1. *Лачининский А.В. и др.* Саранчовые Казахстана и Средней Азии и сопредельных территорий. Международная ассоциация прикладной акридологии и Университет Вайоминга. Ларами. 2002. С.387.
2. *J. Ma et al.* Monitoring East Asian migratory locust plagues using remote sensing data and field investigations. *Int. J. of Remote Sensing.* 2005, 26 (3), pp. 629–634.
3. *Горный В.И.* Космические измерительные методы инфра-красного теплового диапазона при мониторинге потенциально опасных явлений и объектов. Труды Всероссийской конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды. 10-12 Ноября 2003 г. Москва. Полиграфсервис. 2004. С.10-16.