

В.Н. Антонов (Западно-Сибирский региональный центр приема и обработки спутниковых данных, Новосибирск)

В 1982 г. окончил Новосибирский электротехнический институт по специальности «радиотехник». С 1974 г. работает в Западно-Сибирском региональном центре приема и обработки спутниковых данных, в настоящее время – заместитель начальника.

Л.А. Сладких (Западно-Сибирский региональный центр приема и обработки спутниковых данных, Новосибирск)

В 1976 г. окончила Иркутский государственный университет по специальности «география». С 1977 г. работает в Западно-Сибирском региональном центре приема и обработки спутниковых данных, в настоящее время – ведущий инженер отдела тематической обработки данных ДЗЗ.

Мониторинг состояния посевов и прогнозирование урожайности яровой пшеницы по данным ДЗЗ

Использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в сельском хозяйстве представляет собой быстро развивающееся и перспективное направление. Важным преимуществом спутниковой съемки является оперативность получения информации о пространственном размещении используемых пахотных земель, а также объективность и независимость получаемой информации [1].

Для мониторинга состояния посевов зерновых культур использовалась информация со спутника Terra (сканер MODIS; ширина полосы захвата 2330 км, пространственное разрешение 250 м, в двух спектральных диапазонах – 0,62-0,67 мкм (в красной области спектра) и 0,84-0,87 мкм (в инфракрасной)) и спутников SPOT-2 и SPOT-4 (пространственное разрешение 20 м, ширина полосы съемки 60 км). Данные со спутников оперативно принимаются и обрабатываются 2-3 раза в сутки в Западно-Сибирском региональном центре приема и обработки спутниковых данных (ЗапСибРЦПОД), расположенном в Новосибирске.

Получение производных изображений по спутниковым данным путем обработки по специальным алгоритмам в избранных зонах спектра позволяет изучать продуктивность растений, биомассу и интенсивность фотосинтеза [2]. Наблюдения за динамикой развития

сельскохозяйственных культур по данным ДЗЗ показали, что в спектральном признаковом пространстве каждый вид культуры в определенные сроки и в определенной фазе развития образует компактный кластер [3] (совокупность однородных фотометрических точек). Количественной характеристикой состояния посевов служит нормализованный вегетационный индекс NDVI (Normalised Vegetation Index). В определенной точке изображения NDVI – это отношение разности интенсивностей отраженного света в инфракрасном и красном диапазонах спектра к их сумме. В красной области спектра находится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а в инфракрасной области спектра – максимум отражения клеточными структурами листа [4]:

$$NDVI = r_{nir} - r_{red} / r_{nir} + r_{red}.$$

При появлении всходов, в течение вегетационного периода, росту биомассы яровой пшеницы соответствует увеличение значений NDVI, а с наступлением периода созревания снижается содержание хлорофилла и, соответственно, значения NDVI (рис. 1).

Снижение значений NDVI в период активной вегетации (до наступления фазы молочной спелости) свидетельствует о стрессовом состоянии посевов. Это может быть поражение посевов вследствие стихийных явлений (град, ливни, засуха, пожары), а также пора-

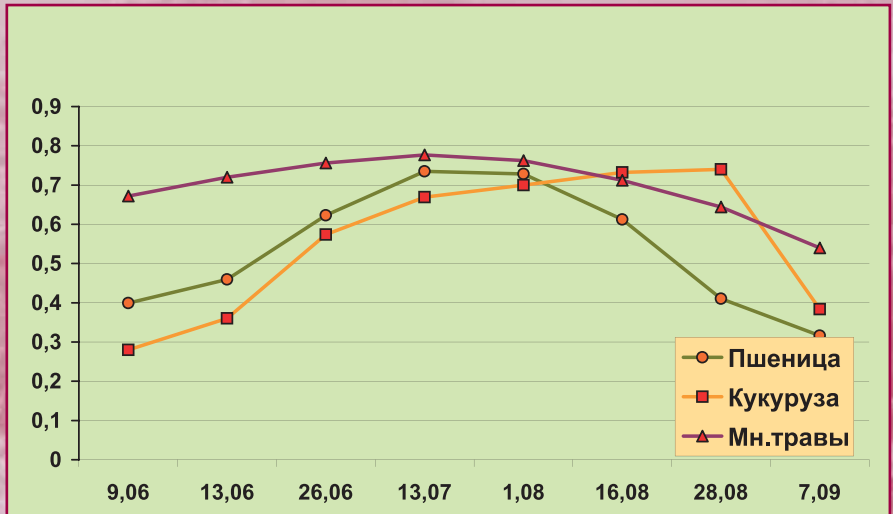


Рис. 1. Сезонный ход значений вегетационного индекса на полях: яровой пшеницы, кукурузы и многолетних трав

жение вредителями, такими как хлебная полосатая блошка, ячменная шведская муха и др. Так, в 2005 г., снижение NDVI с конца июня до начала июля в южных районах Новосибирской области было следствием дефицита влажности почвы. Увеличение значений NDVI на паровых полях свидетельствует о засоренности паров, при росте NDVI и достижении значений 0,3700 и выше на парах уже необходимо проводить агротехнические мероприятия по борьбе с сорняками.

В период активной вегетации значения NDVI раз-

личных сельскохозяйственных культур группируются в определенных пределах (см. таблицу). Синтезирование разновременных изображений индекса NDVI позволяет достаточно точно распознать зерновые культуры, паровые поля и многолетние травы [5].

Количественные характеристики, полученные в результате обработки мультиспектральных снимков, позволяют не только оценить состояние сельскохозяйственных культур на обширных территориях, но и рассчитать урожайность.

Систематические ошибки геопривязки ортоснимков без использования опорных точек

Наименование культуры	NDVI	NDVI
	10.06.2006	30.06.2006
Ячмень	0,2385	0,6152
Ячмень (раннего сева)	0,6978	0,7512
Овес	0,4263	0,7054
Кукуруза	0,2537	0,4625
Яровая пшеница	0,2930	0,7283
Многолетние травы	0,7615	0,7683

Для прогноза урожайности используется модель биопродуктивности, разработанная в Сельскохозяйственной научно-исследовательской лаборатории (Grassland Soil and Water Research Laboratory; США, штат Техас). Модель позволяет рассчитывать урожайность различных сельскохозяйственных культур. В условиях Западной Сибири результаты непосредственного использования модели, без внесения корректировок, получаются недостаточно адекватными. Адаптация и настройка модели биопродуктивности для агроклиматических условий Новосибирской области выполнена на основе методических данных и данных о фактической урожайности за 1985–2004 гг. В модель были введены:

- климатические характеристики, включающие параметры: максимальную и минимальную температуру воздуха, суммарные суточные осадки, относительную влажность воздуха, среднюю скорость ветра, суммарную солнечную радиацию;
- агрохимические характеристики метрового слоя почвы;
- агрогидрологические характеристики и механический состав метрового слоя почвы;

- запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы.

Для работы в модели по перечисленным выше климатическим параметрам создана база данных за 23 года по 32 метеостанциям Новосибирской области за период с 1985 г. по 2009 г. В соответствии с агроклиматическим районированием Новосибирской области было выбрано 15 административных районов. Практически в каждом районе было взято по 2 тестовых хозяйства. Хозяйства представили схемы размещения культур с датами сева. Используя архивную информацию со спутника Landsat (пространственное разрешение 15 м) и спутников SPOT-2, SPOT-4 (пространственное разрешение 20 м), в геоинформационной системе ArcView были построены уточненные схемы полей всех тестовых хозяйств. По уточненным схемам осуществлялась идентификация полей на основе оперативной информации со спутников Terra и SPOT. После первичной обработки (калибровка, геопозиционирование изображения) данные со спутников импортировались в программный комплекс ENVI 4.3, и после трансформации исходного изображения была получена тематическая карта с кластеризацией территории Новосибирской области по значениям NDVI. В результате были получены усредненные значения NDVI в рамках отдельного поля яровой пшеницы. В период от появления всходов до 20 июля на каждом исследуемом поле были вычислены значения NDVI от 3 до 8 сроков. В 2004–2009 гг. на конец второй декады июля выполнялось прогнозирование урожайности яровой пшеницы по хозяйствам и районам Новосибирской области.

Результаты испытания модели биопродуктивности показали, что

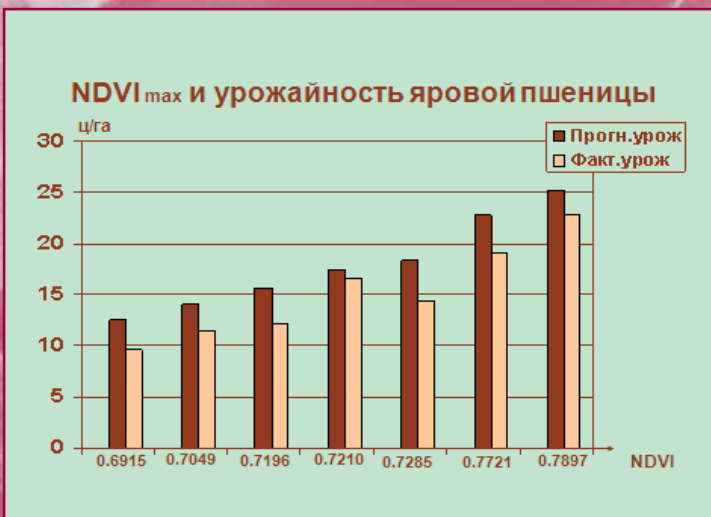


Рис. 2.

Диаграмма зависимости между максимальными значениями NDVI и фактической и прогностической урожайностью

существует достаточно стабильная зависимость между значениями NDVI и урожайностью яровой пшеницы (рис. 2). Коэффициент корреляции, рассчитанный по отдельным полям между максимальными значениями NDVI и фактической урожайностью, составил 0,83.

Подтверждение прогноза урожайности яровой пшеницы в хозяйствах Новосибирской области в 2005 г. составило 88%, в 2006 г. – 82% (рис. 3), в 2007 г. – 97%, в 2008 – 84%, а среднерайонной урожайности в 2008 г. – 85%.

Вариации урожайности существенно зависят от агрохимического состава почвы, соблюдения оптимальных сроков сева и наличия локальных осадков над отдельными хозяйствами, что наиболее актуально для южных районов Новосибирской области.

В заключении следует отметить, что:

- с помощью данных ДЗЗ можно определять площади используемых пахотных земель на обширных территориях, осуществлять мониторинг посевных и уборочных работ;
- применение модели биопродуктивности в сово-

Список литературы

1. Барталев С.А., Лупян Е.А., Нейштадт И.А., Щербенко Е.В. Разработка методов мониторинга пахотных земель России по данным спутниковых наблюдений радиометром MODIS. – М.: ИКИ РАН, 2007. – 222 с.
2. Бондаренко Н.Ф., Жуковский Е.Е., Мутнин И.Г., Полуэктов Р.А., Усков И.В. Моделирование продуктивности агроэкосистем. – Л., 1982. – 221 с.
3. Виноградов Б.В. Преобразованная Земля. – М.: Мысль, 1981. – 295 с.

4. Хворова Л.А., Брыксин В.М. Применение математических методов и математического моделирования для оценки агроклиматического потенциала территорий // Известия Алтайского государственного университета. – 2002. – № 1(23). – С. 41-45.
5. Нейштадт И.А., Барталев С.А., Ершов Д.М. и др. Алгоритмы анализа данных спутниковых наблюдений Terra/Modis для мониторинга сельскохозяйственных земель // Геоинформатика. – 2004. – С. 205-209.

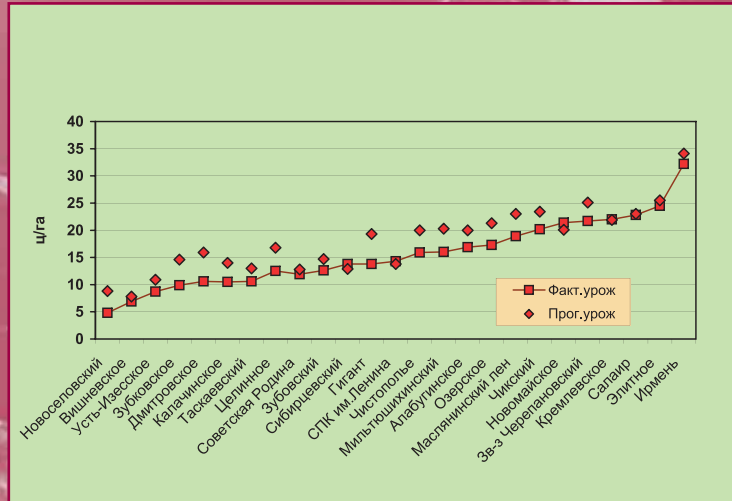


Рис. 3.

Прогноз урожайности яровой пшеницы и фактическая урожайность по хозяйствам Новосибирской области в 2006 г.

купности с данными ДЗЗ позволяет осуществлять оценку состояния посевов и прогнозирование урожайности зерновых культур без проведения дорогостоящих полевых измерений;

- используя метод сравнительного анализа по индексу вегетации, можно идентифицировать зерновые культуры, однолетние и многолетние травы, поля под паром и степень их засоренности.