Карта озимых культур сезона 2017 года, размещенная на сервисе ВЕГА: результаты выборочной проверки качества

И.Ю. Савин^{1,2}, С. Джан³, Е.А. Шишконокова¹, А.В. Жоголев¹, Б.С. Габдуллин¹

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, 119017, Россия

² Аграрно-технологический институт РУДН, Москва, 117198, Россия

³ Институт дистанционного зондирования и цифровой Земли, Пекин, 100094, КНР

E-mail: savin_iyu@esoil.ru

На интернет-сервисе ВЕГА в качестве одного из оперативных продуктов регулярно выкладываются маски посевов озимых культур, построенные по спутниковым данным сенсора MODIS. Большое значение для практического использования имеет информация о качестве подобных масок, но на сервисе ВЕГА данная информация отсутствует. В статье представлены некоторые результаты полевой проверки качества маски озимых культур на территории Московской и Тульской областей России, выложенной на сайт 12 мая 2017 г. Установлено, что пиксели изображений MODIS, идентифицированные на маске как «озимые», могут не покрывать все пахотное поле, но могут «захватывать» и соседние поля. Встречается много случаев, когда в пределах поля есть лишь несколько пикселей, идентифицированных как «озимые». Скорее всего, это связано с состоянием посевов озимых на поле и свидетельствует, что используемый алгоритм детектирует лишь посевы в хорошем состоянии. Ожидаемо ошибочно классифицированы многие пиксели на границах между полями. Ошибки детектирования отдельных полей с озимыми также достаточно велики. Это связано с размером и формой полей, с достаточно мелким пространственным разрешением данных MODIS, а также с особенностями используемого алгоритма. Как первое приближение о географии размещения посевов озимых маски сервиса ВЕГА вполне могут быть использованы, но подсчет по ним площадей посевов озимых (и, соответственно, оценка их состояния и прогнозирование урожайности) для территории Московской и Тульской областей вряд ли может быть успешным.

Ключевые слова: спутниковый мониторинг, дешифрирование посевов, озимые культуры, MODIS, проверка качества

Одобрена к печати: 28.06.2017
DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-125-131

Введение

Для регулирования рынка сельскохозяйственной продукции необходима оперативная и объективная информация о состоянии посевов сельскохозяйственных культур, получаемая с момента их сева и до уборки урожая. Министерства сельского хозяйства России и субъектов РФ в качестве источника подобной информации используют сообщения с мест, а также данные официальной статистики. Информация, поступающая с мест, по разным причинам может быть искажена, а данные официальной статистики становятся доступными с большой задержкой. В связи с этим большое значение приобретает разработка методов оценки площадей сева и состояния отдельных сельскохозяйственных культур на основе спутниковых данных, которые теоретически в состоянии обеспечить и оперативность, и независимость от товаропроизводителей. Разработками подобных подходов за рубежом занимаются достаточно много (Blaes, Vanhalle, 2005; Gallego, 2004; Gallego et al., 2010; Stehman, 2009). В России подобные продукты (площади сева и состояние посевов) для отдельных групп культур производит ИКИ РАН и размещает их, по мере готовности, на интернет-сервисе ВЕГА (Лупян, Барталев, Савин, 2009). На уровне всей страны основным таким продуктом является маска озимых культур. Первый вариант маски производится, как правило, в октябре предыдущего года и затем обновляется с периодичностью раз в месяц

(за исключением зимнего периода). В основе создания маски озимых культур лежат данные MODIS, а также специально разработанные алгоритмы (Плотников, Барталев, Лупян, 2008). Большое значение для практического использования имеет информация о качестве подобных масок, но на сервисе ВЕГА данная информация отсутствует. Несколько лет назад нами уже была предпринята попытка выборочной полевой проверки маски озимых ИКИ РАН (Савин, Вернюк, Исаев, 2014), которая показала ее невысокую точность для того региона, где проверка проводилась. В этом году мы сделали повторную попытку выборочной оценки качества маски озимых на территории Московской и Тульской областей.

Методы

В середине мая 2017 г. на сайте сервиса ВЕГА была размещена версия маски озимых для сезона 2016/2017 гг., датированная 12 мая 2017 г. Эта информация и послужила основой для полевой проверки. В полевых условиях вдоль случайно определенного маршрута проводилась фиксация полей с озимыми культурами (*рис. 1*). Проверка проведена 25 мая 2017 г. Всего вдоль маршрута было обследовано 85 полей. В выборку включались все поля, на картах которых имелись пиксели, помеченные на маске озимых как озимые, а также все поля с озимыми, которые не были детектированы по спутниковым данным. Кроме информации о наличии на поле посевов озимых культур, фиксировались данные об их состоянии, а также о форме и размере полей. Для этого помимо полевых данных использовались также спутниковые изображения Landsat, полученные в текущем году. На отдельных полях было проведено фотографирование озимых культур и определение спектральной отражательной способности посевов в диапазоне спектра электромагнитных волн 350–1050 нм с использованием полевого спектрорадиометра HandHeld-2 (ASD, США).

Рис. 1. Маршрут обследования полей

Результаты и обсуждение

Наложение нами маски озимых культур на изображения пахотных полей на спутниковых данных Landsat или Sentinel-2 (цветовой композит в цветах, близких к натуральным) показывает, что говорить в рассматриваемом случае о детектировании именно полей с озимыми культурами вряд ли корректно.

Пиксели изображений MODIS, идентифицированные как «озимые», могут не покрывать все пахотное поле, могут «захватывать» смежные части и соседних полей и участков. Много случаев, когда в пределах поля есть лишь несколько пикселей, идентифицированных как «озимые» (рис. 2).

Рис. 2. Маска озимых культур (ярко зеленые пиксели) на фоне изображения Sentinel-2A

Подобная ситуация может быть связана с несколькими факторами. Основными из них, по-видимому, являются тип возделываемой культуры и состояние посевов.

В класс «озимые» на маске ИКИ РАН могут входить посевы разных сельскохозяйственных культур, набор которых сильно зависит от региона исследований. В Московской и Тульской областях это могут быть такие культуры, как пшеница, ячмень, рожь, тритикале и рапс. По физиологии и фенологии в этой группе выделяется рапс. Но и различия между перечисленными зерновыми культурами также существуют и выражаются как в спектральной отражательной способности посевов, так и в сроках фенологического развития. В результате подобных различий в момент спутниковой съемки на полях посевы этих культур могут находиться в разной фазе фенологического развития, что может приводить к ошибкам их детектирования.

В зависимости от погодных условий перед установлением снежного покрова осенью озимые культуры могут находиться в разном состоянии (от полного отсутствия всходов, до достаточно густых посевов в состоянии третьего листа). В зимний период практически

ежегодно часть посевов на полях гибнет или от низких температур воздуха при отсутствии достаточно мощного снежного покрова, или от переувлажнения при теплой зиме или при мощном снежном покрове (Справочник агронома..., 1986). В результате этого после схода снежного покрова посевы озимых могут находиться в разном состоянии (от полного отсутствия надземной зеленой фитомассы до густых не пострадавших зимой посевов). Также важно отметить повсеместное присутствие пространственных неоднородностей состояния посевов озимых культур на обследуемых полях, что может быть связано с неоднородностью почвенного покрова, неравномерностью внесения удобрений, сложностью рельефа полей и распределения на них снега зимой. Причем эти различия в состоянии посевов на разных полях могут прослеживаться достаточно долго. Так, например, некоторые обследованные нами поля с плохим состоянием посевов озимой пшеницы (*рис. 3*) не были детектированы как «озимые» именно из-за этого фактора. На *рис. 4* показан пример кривой спектральной отражательной способности посевов на подобном поле с кривой открытой поверхности почв на этом же поле. Из рисунка следует, что разница кривых явно недостаточно велика для детектирования наличия растительности на поле. Подобные пространственные неоднородности состояния посевов озимых весной и могут быть основной причиной того, что на отдельных полях лишь часть пикселей изображений MODIS классифицируется как «озимые». Также это свидетельствует, что используемый алгоритм детектирует посевы лишь в хорошем состоянии. Но в настоящее время оценить степень «хорошести», начиная с которой посевы детектируются, невозможно. Для этого необходимо проведение специальных исследований.

Рис. 3. Состояние посевов озимой пшеницы на одном поле (слева — плохое, справа — хорошее); расстояние между точками около 50 м

Ожидаемо ошибочно классифицированы многие пиксели на границах между полями (*рис. 2*).

Таким образом, судя по этим данным, прямой попиксельный подсчет площадей с посевами озимых культур по маске ИКИ РАН вряд ли может дать хорошие результаты для региона исследований.

Этого можно было бы избежать, если использовать маску посевов озимых, полученную по данным MODIS для классификации реальных пахотных полей (границы которых

получены, например, по данным более крупномасштабной съемки), а не только пикселей (т.е., например, если несколько пикселей класса «озимых» по данным MODIS попали на поле, то оно все классифицируется как поле с посевами озимых, или же на основе каких-либо иных подходов).

Рис. 4. Примеры кривых спектральной отражательной способности на одном из обследованных полей: открытая поверхность почвы (красная линия); посевы озимой пшеницы в хорошем состоянии (зеленая линия); посевы озимой пшеницы в плохом состоянии (синяя линия).
Данные за 25 мая 2017 г., Тульская область

Если рассматривать пахотное поле как единицу анализа, то на маске ИКИ РАН посевов озимых культур доля полей, ошибочно детектированных как «озимые», составила около 18%, а доля полей с озимыми культурами, которые не были отражены на маске, — около 28%. Следовательно, ошибки детектирования отдельных полей с посевами озимых культур достаточно велики. Это связано с размером и формой полей, с достаточно низким пространственным разрешением данных MODIS, а также с особенностями используемого алгоритма (недостаточный учет состояния посевов озимых на полях).

Выводы

Проведенные исследования показали, что в качестве первого приближения о географии размещения посевов озимых культур маски ИКИ РАН, без сомнения, могут быть использованы, но подсчет по ним площадей посевов озимых культур (и, соответственно, оценка их состояния и прогнозирование урожайности) для территории Московской и Тульской областей может привести к существенным ошибкам.

Основной причиной недостаточно высокой точности детектирования посевов озимых культур является невысокое пространственное разрешение данных MODIS, а также недостаточный учет в используемом алгоритме состояния посевов и его внутривополевого варьирования.

Создание карты озимых и ее опубликование на сервисе ВЕГА обязательно должно сопровождаться оценкой и указанием на сайте ее точности. Без этой информации рекомендовать такую карту для практического использования вряд ли правильно.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 15-16-30007.

Литература

1. Лупян Е.А., Барталев С.А., Савин И.Ю. Технологии спутникового мониторинга в сельском хозяйстве России // *Аэрокосмический курьер*. 2009. № 6. С. 47–49.
2. Плотников Д.Е., Барталев С.А., Лупян Е.А. Метод детектирования летне-осенних всходов озимых культур по данным радиометра MODIS // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2008. Вып. 5. Т. 2. С. 322–330.
3. Савин И.Ю., Вернюк Ю.И., Исаев В.А. Оперативный спутниковый мониторинг посевов // *Вестн. рос. сельскохозяйственной науки*. 2014. № 1. С. 22–23.
4. Справочник агронома по сельскохозяйственной метеорологии. Л.: Гидромет, 1986. 340 с.
5. Blaes X., Vanhalle L. Efficiency of crop identification based on optical and SAR image time series // *Remote sensing of environment*. 2005. Vol. 96. No. 3-4. P. 352–365.
6. Gallego F.J. Remote sensing and land cover area estimation // *Intern. J. Remote Sensing*. 2004. Vol. 25. No. 15. P. 3019–3047.
7. Gallego J., Craig M., Michaelsen J., Bossyns B., Fritz S. (eds.) GEOSS. Best practices for crop area estimation with Remote Sensing. Ispra: JRC. 2010. 10 p.
8. Stehman S.V. Model-assisted estimation as a unifying framework for estimating the area of land cover and land-cover change from remote sensing // *Remote Sensing of Environment*. 2009. Vol. 113. P. 2455–2462.

Map of winter crops of the season 2017 placed on the service VEGA: results of selective quality control

I.Yu. Savin^{1,2}, X. Zhang³, E.A. Shishkonakova¹, A.V. Zhogolev¹, B.S. Gabdullin¹

¹ V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow 119017, Russia

² Agrarian-Technological Institute of RUDN, Moscow 117198, Russia

³ Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Beijing 100094, China

E-mail: savin_iyu@esoil.ru

Winter crop masks, based on MODIS satellite data, are regularly laid out from the Internet service VEGA as one of the operational products. The information of the quality of such masks is important for practical use, however this information is not available on the VEGA service. The article presents some results of the field verification of the quality of the winter crop mask laid out on the site on May 12, 2017 in Moscow and Tula regions of Russia. It is found out that MODIS pixels identified on the mask as “winter crop” cannot cover the entire arable plot, but can also “grab” adjacent fields. There are many cases where within the plot there are only few pixels identified as “winter crops”. Most likely this is due to the status of winter crops on the field and it indicates that the used algorithm detects only crops in good condition. Many pixels are expected to be mistakenly classified on the boundaries between plots. Errors in the detection of individual plots with winter crops are also quite numerable. This is due to the size and shape of the plots, fairly small spatial resolution of the MODIS data, as well as due to peculiarities of the algorithm used. VEGA masks may well be used as a first approximation of geographic location of the winter crops, but the assessment of winter crop sowing areas (and, consequently, the assessment of their condition and the forecast of yields) for the territory of the Moscow and Tula regions can hardly be successful.

Keywords: satellite monitoring, crop recognition, winter crops, MODIS, quality check

Accepted: 28.06.2017

DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-125-131

References

1. Loupian E.A., Bartalev S.A., Savin I.Yu., Tekhnologii sputnikovogo monitoringa v sel'skom khozyaistve Rossii (Satellite monitoring technologies in agriculture of Russia), *Aerokosmicheskii kur'er*, 2009, No. 6, pp. 47–49.
2. Plotnikov D.E., Bartalev S.A., Loupian E.A., Metod detektirovaniya letne-osennikh vskhodov ozimyykh kul'tur po dannym radiometra MODIS (Method of detection of summer-autumn emergence of winter crops based on radiometer MODIS data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2008, Issue 5, Vol. 2, pp. 322–330.
3. Savin I.Yu., Vernyuk Yu.I., Isaev V.A., Operativnyi sputnikovyi monitoring posevov (Operative satellite crop monitoring), *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2014, No. 1, pp. 22–23.
4. *Spravochnik agronoma po sel'skokhozyaistvennoi meteorologii* (Agronomist's reference book on agricultural meteorology), Leningrad: Gidromet, 1986, 340 p.
5. Blaes X., Vanhalle L., Efficiency of crop identification based on optical and SAR image time series, *Remote sensing of environment*, 2005, Vol. 96, No. 3-4, pp. 352–365.
6. Gallego F.J., Remote sensing and land cover area estimation, *International Journal of Remote Sensing*, 2004, Vol. 25, No. 15, pp. 3019–3047.
7. Gallego J., Craig M., Michaelsen J., Bossyns B., Fritz S. (eds.) *GEOSS. Best practices for crop area estimation with Remote Sensing*, Ispra: JRC, 2010, 10 p.
8. Stehman S.V., Model-assisted estimation as a unifying framework for estimating the area of land cover and land-cover change from remote sensing, *Remote Sensing of Environment*, 2009, Vol. 113, pp. 2455–2462.