

**С. А. Антонов** (Ставропольский НИИСХ)

В 2005 г. окончил Ставропольский государственный университет по специальности «Информатик-географ». В настоящее время — заведующий лабораторией ГИС-технологий ФГБНУ «Ставропольский НИИСХ». Кандидат географических наук.

## Опыт использования космических технологий для нужд сельского хозяйства Ставропольского края

Ставропольский край является одним из ведущих сельскохозяйственных регионов России. Площадь края — 66,2 тыс. кв. км, из которых 87% приходится на сельскохозяйственные угодья (5,8 млн га).

В структуре сельскохозяйственных угодий преобладает пашня — 4 млн га (69%), сенокосы и пастбища занимают около 1,75 млн га (30%) и менее 1% — многолетние насаждения. В сельском хозяйстве Ставропольского края доминирует зерновое направление, которое обеспечивает производство 9% зерна от общероссийского объема [1].

Сельское хозяйство Ставрополя довольно остро отреагировало на кризисные явления, последовавшие за распадом СССР и аграрной реформой 1994-2001 гг. Однако за последние 10 лет в крае отмечается повышение эффективности сельскохозяйственного производства в связи с его перевооружением, благоприятными тенденциями изменения климата и более широким внедрением современных достижений науки и техники. Информационные технологии, в частности, географические информационные системы (ГИС) и космические технологии, позволяют повысить эффективность сельскохозяйственного производства.

Первые работы по использованию космической съемки для нужд сельского хозяйства края были проведены в 1978 году на базе Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства РАН (Ставропольский НИИСХ) совместно с Институтом космических исследований РАН (ИКИ РАН). Основная задача состояла в проведении мониторинга повреждений посевов болезнями и вредителями с использованием данных космической съемки. Данная программа продлилась один год и была свернута, поскольку на тот момент развитие космических технологий не позволяло эффективно их использовать.

В начале 2000-х годов в крае отмечалось активное развитие ГИС, проводилась подготовка специалистов в области геоинформатики. Важным этапом стало появление в 2005 году сервиса Google Maps, который содержит огромный массив спутниковых данных высокого разрешения. Широкая доступность системы глобального позиционирования GPS также позволила повысить эффективность научных исследований в области сельского хозяйства в Ставропольском крае.

Однако использование подобных сервисов ограничивалось тем, что они предоставляли информацию видимой части спектра, а для повышения эффективности использования космических технологий необходимо анализировать также участки невидимой зоны спектра путем создания синтезированных изображений.

Появление в 1997 году космической программы Earth Observing System (EOS) Национального управления по воздухоплаванию и исследованию космического пространства США (NASA) явилось ключевым моментом в области длительного изучения поверхности материков, океанов, биосферы и атмосферы. Особый интерес для сельского хозяйства представляют данные со спутников Landsat 7 и Landsat 8, Terra (MODIS), которые позволяют оперативно проводить наблюдения за территорией с разным пространственным (от 15 до 250 м) и временным разрешением (1–16 дней).

В 2014 году на базе Ставропольский НИИСХ совместно с ИКИ РАН был создан многоуровневый тестовый полигон для проекта SIGMA «Стимулирование инноваций в области глобального мониторинга сельского хозяйства и его воздействия на окружающую среду в поддержку GEOGLAM», который представляет собой глобальное партнерство научных институтов, ведущих работы в области спутникового мониторинга сельского хозяйства. В задачи полигона входят:

- картографирование и оценка пахотных земель;
- распознавание сельскохозяйственных культур;
- мониторинг наступления фенологических фаз растений;
- прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур.

В настоящее время в Ставропольском крае идет активное внедрение космических

технологий на двух основных территориальных уровнях.

## РЕГИОНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ

Впервые под эгидой Министерства сельского хозяйства Ставропольского края работы по использованию космических технологий начались в 2012 году.

В настоящее время ведется разработка программы поэтапного внедрения современных ГИС и данных космической съемки для нужд сельскохозяйственного производства. Основная задача этих работ состоит в сборе объективной информации о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения, соблюдении севооборотов и мониторинге состояния посевов.

Уточнение границ и площадей сельскохозяйственных угодий является первичной задачей при внедрении космических технологий в сельскохозяйственное производство, поскольку именно эта информация служит географически координированной основой для дальнейших работ. В результате геоинформационного анализа пахотных земель в крае установлено превышение площади пашни на 200 тыс. га в сравнении с декларированной.

Следует отметить, что выявление нецелевого использования земель для сельскохозяйственного производства приводит к развитию процессов водной эрозии. Ярким примером подобной ситуации является распашка склоновых земель. Особенно негативно такие явления сказываются на землях засушливых восточных районов края, на которых преобладают каштановые почвы с низким плодородием, а они наиболее чувствительны к поверхностному смыву.

В Ставропольском НИИСХ в настоящее время проводятся работы по использованию космической съемки для мониторинга раз-

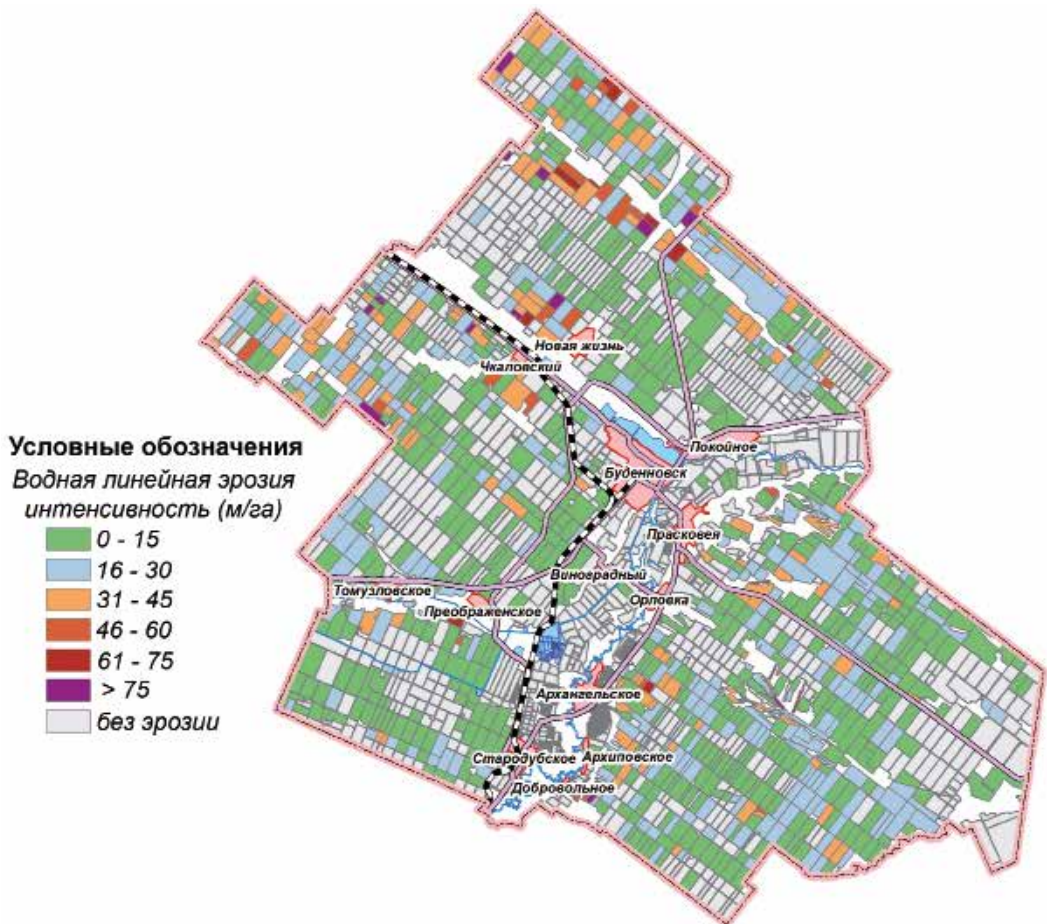


Рис. 1. Карта пространственного распределения линейной водной эрозии по территории Буденновского района Ставропольского края (восточный район)

вития линейной водной эрозии на пахотных землях. Были проведены анализ и сравнение развития эрозионных процессов на востоке (засушливая зона, каштановые почвы) и западе края (зона достаточного увлажнения, черноземные почвы). Установлено, что на территории отдельных восточных районов края суммарная длина линейных водных эрозионных размывов на пашне превышает 2,5 тыс. км (10 м/га), при этом для западных районов этот показатель

значительно ниже — 600 км (4 м/га) (рис. 1).

Важным направлением является проведение работ не только по выявлению, но и по предупреждению развития эрозионных процессов. Для этого на базе радарных данных SRTM проведен морфометрический анализ пахотных земель, с целью выявить потенциально опасные эрозионные участки (рис. 2). Результаты исследования доказывают

эффективность использования космических технологий для мониторинга эрозионных процессов [2].

Другой важнейшей задачей является прогнозирование урожайности зерновых с разной степенью заблаговременности. Основу прогноза составляют данные об агроклиматических условиях возделывания сельскохозяйственных культур в текущем

году и автоматический поиск года-аналога. В дальнейшем это позволяет анализировать критические периоды развития зерновых культур, что непосредственно влияет на прогноз урожая в текущем году. Данная возможность реализована в информационно-аналитической системе «Агроклиматический потенциал Ставропольского края», разработанной в Ставропольском

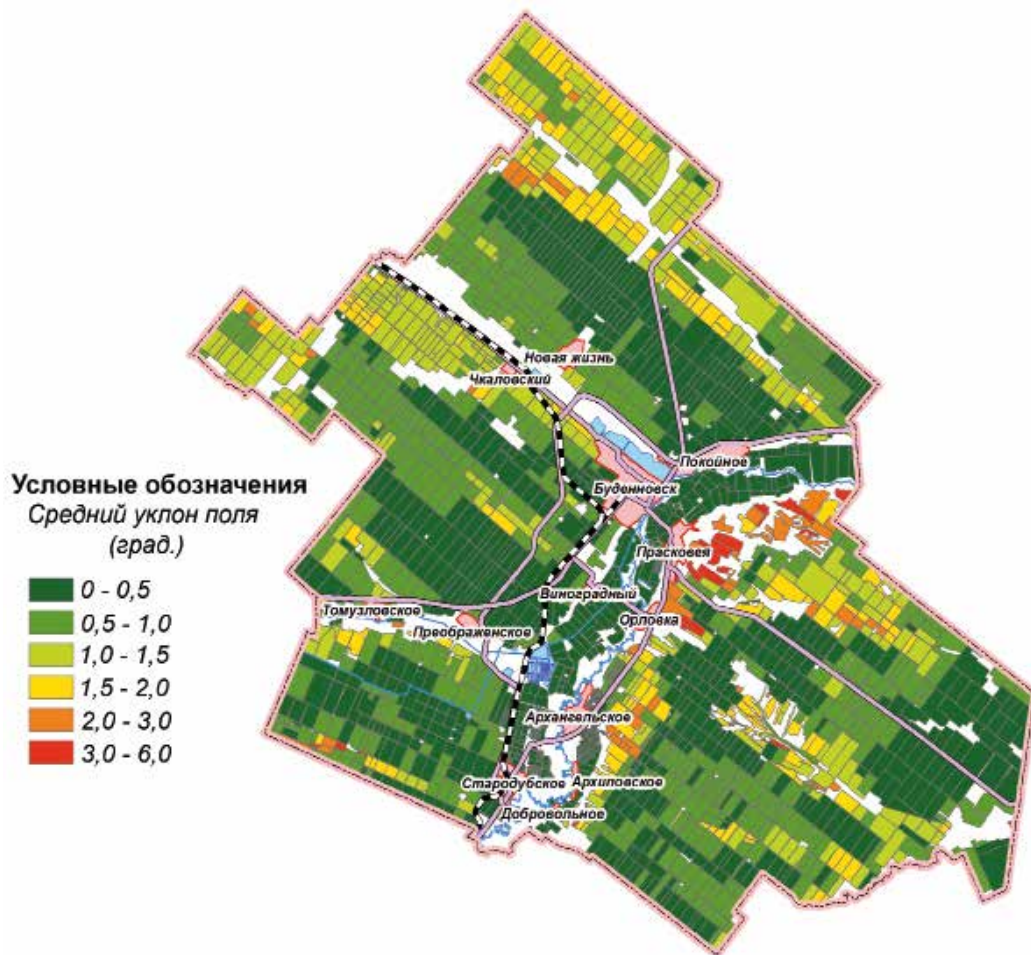


Рис. 2. Карта пространственного распределения уклона пахотных земель по территории Буденновского района Ставропольского края (восточный район)

Год	Время прогноза	Прогнозируемый урожай, ц/га	Фактический урожай, ц/га
2012	Март	менее 25	22
2013	Май	30–32	31
2014	Апрель	37–40	40
2015	Май	38–41	42

Табл. 1. Прогноз урожая озимой пшеницы в Ставропольском крае по годам

НИИСХ в 2012 году [3]. Использование космических снимков, а в частности расчет и анализ вегетационных индексов, позволяет дополнить и повысить точность прогноза. Как показали исследования ученых института, максимальная точность прогноза урожайности озимой пшеницы достигается на этапе колошения за 1,5 месяца до уборки [4].

Прогнозированием урожайности озимой пшеницы в крае НИИСХ занимается в течение последних нескольких лет, при этом точность прогноза достаточно высокая и составляет  $\pm 2$  ц/га в среднем по краю (табл. 1).

На основе данных космической съемки проведен анализ вегетации в 2016 году. В результате урожайность озимых зерновых в среднем по краю прогнозируется на уровне 42 ц/га (рис. 3).

В Ставропольском крае часто отмечаются неблагоприятные явления для возделывания сельскохозяйственных культур, такие, как засухи, пыльные бури, суховеи, ливни, повреждение посевов болезнями и вредителями. Использование космической съемки позволяет точно оценивать площадь повреждения посевов с целью оказания адресной помощи пострадавшим хозяйствам (рис. 4).

### ЛОКАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ

В Ставропольском крае с каждым годом все активнее используются космические технологии для решения конкретных задач производства. Среди всех

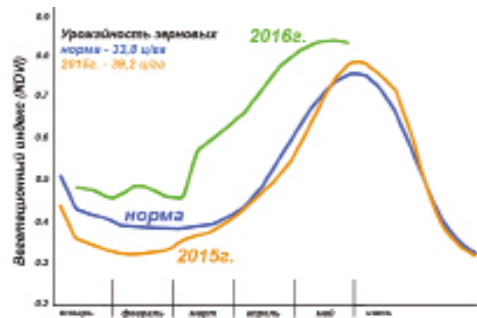


Рис. 3. Ход вегетации озимых зерновых в Ставропольском крае (многолетняя норма, 2015 и 2016 гг.)

возможных направлений преобладают следующие:

- мониторинг положения техники — реализуется на основе GPS или ГЛОНАСС, позволяет осуществлять всесторонний контроль за использованием техники, рассчитывать время и объем работы, эффективно планировать затраты и создавать календарь работ;
- дифференцированное внесение удобрений, средств защиты, контроль уборки урожая и т. д.;
- картирование объемов собранного урожая с каждого конкретного поля;
- мониторинг за состоянием посевов посредством предоставления тематических карт распределения вегетационного индекса, используя данные со спутников Landsat 7 и Landsat 8. Реализован в виде отдельного модуля к комплексной системе ведения сельскохозяйственного производства. Основным ограничением в применении

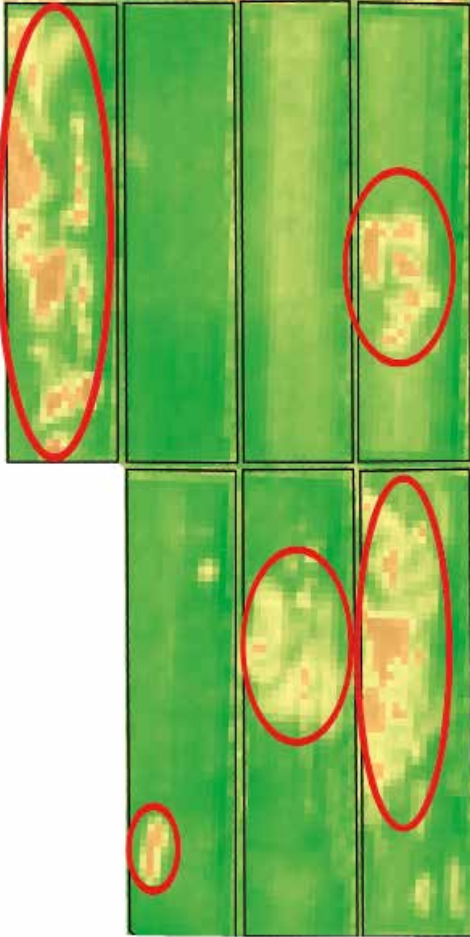


Рис. 4. Повреждение посевов кукурузы саранчой на полях хозяйства Ипатовского района Ставропольского края (август 2015 г.)

подобных систем является отсутствие возможности пространственного анализа вегетационного индекса для его использования в модели урожайности.

Представленные направления являются элементами систем точного земледелия и в той или иной степени реализованы только в отдельных крупных хозяйствах,

поскольку их внедрение требует значительного финансирования.

Ранее основные трудности внедрения современных космических технологий в сельскохозяйственное производство края были связаны с высокой стоимостью данных космической съемки. В настоящее время эта проблема решается за счет появления все большего количества бесплатных космических снимков, предоставляемых максимально оперативно.

Основная задача эффективного внедрения данных космической съемки состоит в изменении отношения аграриев края к современным технологиям путем демонстрации их возможностей для сельскохозяйственного производства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография /В. В. Кулинцев, Е. И. Годунова, Л. И. Желнакова и др. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного университета, 2013. – 520 с.
2. Антонов С. А. Использование современных информационных технологий для выявления и оценки процессов линейной водной эрозии //Бюллетень Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства. – 2015. - №7 – С. 7-12.
3. Антонов С. А., Желнакова Л. И., Петин О. В. Сетевая информационно-аналитическая система «Агроклиматический потенциал Ставропольского края» // Бюллетень Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства. – 2011. - № 2-3 – С. 16-23.
4. Сторчак И. Г., Ерошенко Ф. В. Использование NDVI для оценки продуктивности озимой пшеницы в Ставропольском крае // Земледелие. — 2014. — №7, — С. 12-15