

# ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ О РЕЛЬЕФЕ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

**А.А. Готов** (Компания «Совзонд»)

В 2009 г. окончил Воронежский государственный университет по специальности «география», а в 2012 г. — аспирантуру университета. После окончания аспирантуры работает в компании «Совзонд», в настоящее время — ГИС-специалист.

Активное внедрение в сельское хозяйство геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли ставит целью создание информационно-аналитических систем мониторинга и управления, а также различных автоматизированных сервисов получения информации для эффективного использования земельных ресурсов. Подобный подход должен опираться на комплексное представление о сельскохозяйственных угодьях как агроландшафте с привлечением информации о различных компонентах природной среды.

Одним из важнейших факторов развития природных процессов и их влияния на агроландшафты выступает рельеф территории, который во многом определяет локальные особенности распределения воды и солнечной радиации, энергию склоновых процессов. В геоинформатике сложилось отдельное научное направление, занимающееся анализом рельефа, представленного в цифровом виде, с целью получения практически значимой информации — геоморфометрия (geomorphometry, digital terrain analysis). Основу геоморфометрии составляет анализ цифровых моделей рельефа (ЦМР) мето-

дами дифференциальной геометрии.

В огромном спектре решаемых задач с использованием ЦМР можно выделить основные:

- изучение и количественная оценка современного состояния природной среды;

- планирование размещения сельскохозяйственных угодий и оптимизация существующей системы использования земельных ресурсов;

- моделирование экологических ситуаций и их воздействия на агроландшафты;

- прогнозирование развития ландшафтных процессов (водная и ветровая эрозии, суффозия и др.) и их воздействия на сельскохозяйственные угодья.

Выделяется несколько категорий морфометрических параметров:

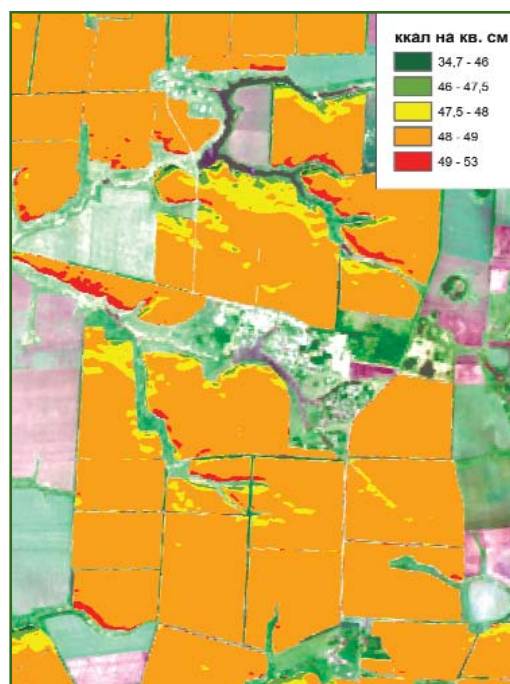
- геометрические (величина уклона, экспозиция (ориентирование) склона, различные виды кривизны земной поверхности, оценка зон видимости и др.) — описывают морфологические особенности территории, определяющие скорость и интенсивность потоков вещества и энергии, динамику склоновых процессов;

- гидрологические (направление стока, бассейновое моделирование, топографический

индекс влажности, индекс мощности линейной эрозии, индекс баланса геомасс, оценка зон потенциального затопления и др.)

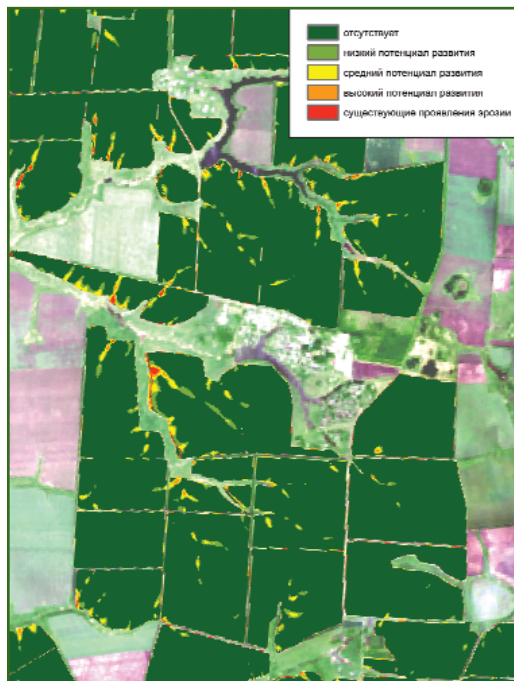
- используются для оценки поверхностного стока, степени увлажнения почвы и перемещения обломочного материала;

- топографо-микроклиматические (показатели потенциальной солнечной радиации (инсоляции), дифференциации температуры земной поверхности, воздействия ветра и др.) — дан-



**Рис. 1**  
Значения ФАР в пределах полей

ная группа характеризует влияние земной поверхности на особенности распределения солнечной радиации, температурного поля и воздействия ветра;



**Рис. 2**

Индекс мощности линейной эрозии, рассчитанный в пределах полей



**Рис. 3**

Индекс мощности плоскостного смыва, рассчитанный в пределах полей

— параметры вертикальной дифференциации природной среды (относительная высота, глубина речной долины и др.).

Использование ЦМР в области сельского хозяйства базируется на двух уровнях: региональном и локальном. Региональный уровень не несет детальной информации об особенностях рельефа внутри земельного участка и предназначен для определения общих особенностей и планирования размещения различных типов культур, а также выявления потенциальной деградации земельных ресурсов. Региональному уровню соответствует ЦМР с размером сетки до 100 м типа SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission). Локальный уровень (ЦМР с размером сетки 30 м и менее) позволяет достаточно отчетливо проследить геоморфологическую неоднородность внутри угодья и разработать оптимальную стратегию по использованию земельных ресурсов.

Применительно к сельскому хозяйству особый интерес представляет расчет потенциальных (максимальных) показателей суммарной и фотосинтетически активной радиации (ФАР) — части солнечной энергии, используемой растениями для фотосинтеза, а также продолжительности солнечного сияния (освещенности земной поверхности прямыми лучами солнца). Моделирование ФАР основано на информации о географическом положении территории (широта и долгота, зональный фактор) и определенных модельных характеристиках атмосферы. Расчет может быть осуществлен для различных временных периодов с учетом сезонности и позволяет выбрать оптимальные участки под конкретные сельскохозяйственные культуры. ЦМР используется для оценки влияния рельефа на характер распре-

ления солнечной энергии. ФАР складывается из двух составляющих суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) и рассчитывается по формуле [1, 2]:

$$\text{ФАР} = 0,6P_p + 0,4P_n,$$

где  $P_p$  — количество рассеянной солнечной радиации, а  $P_n$  — количество прямой солнечной радиации.

На рис. 1 представлена карта с рассчитанными значениями ФАР (в килокалориях на 1 см<sup>2</sup>) в пределах сельскохозяйственных угодий. Подобная информация позволяет оценить пространственную неоднородность в размещении агроклиматических ресурсов и оптимизировать систему сельскохозяйственного землепользования.

Особенности рельефа территории во многом определяют энергию склоновых процессов, что приводит к деградации земельных угодий и выводу земель из сельскохозяйственного оборота. Использование геоморфометрического анализа предоставляет возможность рассчитать количественные показатели плоскостной и линейной эрозии. Данные показатели основаны на двух производных морфометрических параметрах — водосборной площади и угле наклона местности, что позволяет оценить особенности эрозионных процессов с учетом гидрологических ресурсов для их развития: чем больше удельная водосборная площадь, тем выше вероятность развития эрозии.

Индекс мощности линейной эрозии (Stream Power Index, SPI) рассчитывается по формуле [3, 4]:

$$\text{SPI} = A \tan(\beta),$$

где  $A$  — удельная водосборная площадь,  $\beta$  — угол наклона земной поверхности.

На рис. 2 приведена карта мощности развития линейной эрозии с градацией по категориям: эрозия отсутствует, низкий потенциал развития, сред-

ний потенциал развития, высокий потенциал развития и существующие проявления эрозии. Необходимо отметить, что наличие подобной информации позволяет оценить направление и вероятность развития негативных ландшафтных процессов и осуществить противоэрозионные мероприятия.

Для оценки топографических предпосылок к развитию плоскостного смыва используется индекс LSF (Length-Steepness Factor), вычисляемый по формуле [3, 4]:

$$LSF = (m + 1)(As/22,13)^m (\sin\beta/0,0896)^n,$$

где  $As$  — удельная водосборная площадь,  $\beta$  — угол наклона земной поверхности,  $m$  и  $n$  — эмпирические коэффициенты.

На рис. 3 представлен результат расчета потенциала плоскостного смыва для сельскохозяйственных полей, позволяющий получить наглядное представление о характере развития данного процесса и разработать мероприятия по предотвращению деградации земельных ресурсов. Индекс потенциала плоскостного смыва в данном случае разделен на 3 категории: отсутствия процесса, незначительных проявлений с высоким потенциалом развития и значимых проявлений.

Важным аспектом при размещении сельскохозяйственных культур выступает показатель гидроморфности почвенного покрова, который во многом также определяется особенностями рельефа территории. Топографический индекс влажности (Topographic Wetness Index, TWI) рассчитывается по формуле [3, 4]:

$$TWI = \ln[A/\tan(\beta)],$$

где  $A$  — удельная водосборная площадь,  $\beta$  — угол наклона земной поверхности.

Он позволяет оценить геоморфологические предпосылки развития переувлажненных земель, учесть данный фактор при

планировании оптимизационных (мелиоративных) мероприятий и размещении сельскохозяйственных культур.

На основе значений топографического индекса влажности были выделены 5 категорий сельскохозяйственных земель: пониженные участки аккумуляции влаги в верхних горизонтах почв, пониженные участки промывного режима низкой интенсивности, участки промывного режима почв высокой интенсивности, возвышенные участки промывного режима низкой интенсивности, возвышенные участки потенциального переувлажнения. На рис. 4 приведена карта топографического индекса влажности для сельскохозяйственных полей. Информация о влиянии рельефа на особенности распределения влаги представляет существенный интерес, так как дает возможность выделить участки потенциального переувлажнения и вымокания посевов.

Наличие вышеперечисленной информации позволяет оптимизировать структуру сельскохозяйственного землепользования, учесть характер развития негативных природных процессов и потенциальную деградацию сельскохозяйственных угодий с целью рационального использования земельных ресурсов. Кроме того, данные о рельефе имеют важное значение при проектировании мелиоративных систем.

В настоящее время в компании «Совзонд» ведутся работы по апробации расчета геоморфометрических показателей для территорий отдельных сельскохозяйственных предприятий. Особое внимание уделяется анализу применимости того или иного индекса для решения прикладных задач сельскохозяйственного землепользования. Также предметом изучения является качественная интерпретация количественных геоморфометрических показате-

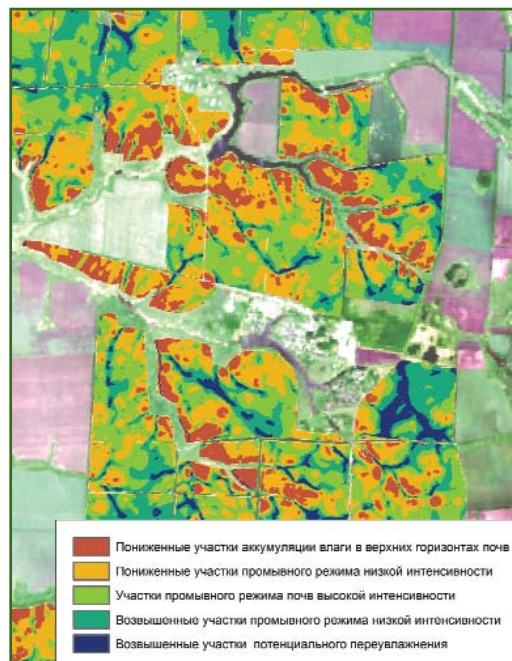


Рис. 4

Топографический индекс влажности, рассчитанный в пределах полей

лей, т. е. их взаимосвязь с реально протекающими процессами и степенью их проявления.

#### Список литературы

1. Дьяконов К.Н. Геофизика ландшафта. Биоэнергетика, модели, проблемы. — М.: Изд-во МГУ, 1991. — 96 с.
2. Дьяконов К.Н. Геофизика ландшафта. Метод балансов. — М.: Изд-во МГУ, 1988. — 96 с.
3. Geomorphometry: Concepts, Software, Applications / by editing Tomislav Hengl, Hannes I. Reuter. — 2009. — 765 p.
4. Terrain Analysis: Principles and Applications / edited by J.P. Wilson, J.C. Gallant. — 2000. — 520 p.

#### RESUME

There are given the description of the relief geomorphometrical indicators and examples of their presentation in the map. It is noted that this information provides for optimizing the agricultural land use structure and considering the both nature of the adverse natural processes and potential degradation of agricultural land. Currently, the Sovzond company is working on testing the application of geomorphometrical indicators for the areas of individual farms.