

А. А. Глотов (компания «Совзонд»)

В 2009 г. окончил Воронежский государственный университет по специальности «география». В настоящее время — ГИС-специалист компании «Совзонд».

Использование ЦМР для эффективного управления природопользованием

Создание информационно-аналитических систем для поддержки принятия решений и управления природопользованием должно базироваться на комплексной модели объекта управления. В области природопользования, мониторинга и прогнозирования развития природных процессов теоретической основой создания подобных систем может выступать концепция геоинформационного моделирования ландшафта [1, 2], которая позволяет интегрировать разнородные данные о различных компонентах природной среды в единую геоинформационную сущность.

Одним из важнейших факторов развития природных процессов и дифференциации природной среды выступает рельеф территории, который во многом определяет локальные особенности распределения воды и солнечной радиации. Подобная информация имеет исключительно важное значение для эффективного использования ресурсов, планирования и прогнозирования в таких сферах деятельности, как сельское хозяйство, лесное хозяйство, городское планирование, моделирование экологических ситуаций и т. д.

В настоящее время в геоинформатике сформировано научное направление, занимающееся цифровым анализом рельефа с целью получения практически значимой информации — геоморфометрия (англ. geomorphometry, digital terrain analysis) [4, 5]. В основе геоморфометрии лежит анализ

цифровой поверхности рельефа методами дифференциальной геометрии.

В огромном спектре решаемых задач с использованием цифровых моделей рельефа (ЦМР) можно выделить основные:

- * изучение и количественная оценка современного состояния природной среды;
- * территориальное планирование (городское, ландшафтное и др.);
- * моделирование экологических ситуаций;
- * прогнозирование ландшафтных процессов и др.

В целом можно выделить несколько категорий морфометрических параметров:

- * геометрические (величина уклона, экспозиция 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-микrokлиматические (показатели потенциальной солнечной радиации и инсоляции, дифференциации температуры земной поверхности, воздействия ветра

и др.) — данная группа показателей характеризует влияние земной поверхности на особенности распределения солнечной радиации, температурного поля и воздействия ветра;

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

Применительно к сельскому хозяйству [3] особый интерес представляет расчет потенциальных (максимальных) показателей фотосинтетически активной солнечной радиации (ФАР) — части солнечной энергии, используемой растениями для фотосинтеза, а также количественная оценка площадной и линейной эрозии и влияния рельефа на распределение влаги. 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.

Показатели площадной и линейной эрозии основаны на двух производных морфометрических показателях — водосборной

площади и уклоне местности. Это позволяет оценить особенности эрозионных процессов с учетом гидрологических ресурсов для их развития: чем больше удельная водосборная площадь, тем больше вероятность развития эрозии.

Важным аспектом при размещении сельскохозяйственных культур выступает показатель гидроморфности почвенного покрова, который во многом определяется особенностями рельефа территории. Топографический индекс влажности (Topographic Wetness Index) позволяет оценить предпосылки к развитию переувлажненных земель и учесть данный фактор при планировании оптимизационных (мелиоративных) мероприятий.

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.

На рис. 1 представлена карта классификации сельскохозяйственных угодий по количеству фотосинтетически активной солнечной радиации.

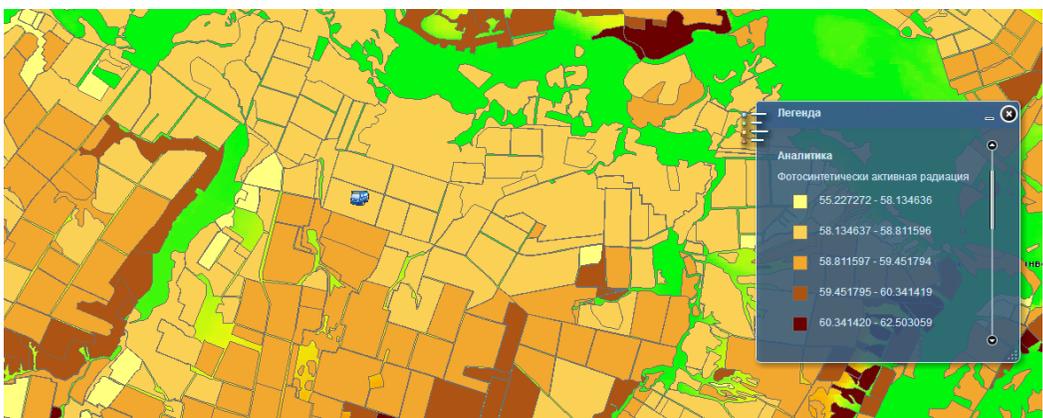


Рис. 1. Классификация сельскохозяйственных угодий по потенциальному количеству фотосинтетически активной солнечной радиации (кнал/кв. см)

Особенности рельефа территории оказывают значительное влияние на условия произрастания лесов. Это проявляется в характере увлажнения территории, величине уклона и экспозиции склона, на котором располагаются участки леса. Разноплановая информация об особенностях земной поверхности может быть использована для более детальной оценки лесорастительных условий и выявления предпосылок для развития негативных природных процессов, оказывающих влияние на качество лесных ресурсов (выявление переувлажненных участков лесов и др.).

Информация о рельефе является во многом определяющей для решения множества задач в рамках городского планирования: выявления участков избыточного увлажнения (рис. 2), развития склоновых процессов, анализа освещенности и затененности территории и др. Использование подобной информации позволяет осуществить комплексный подход к планированию городской среды и минимизировать возможные негативные последствия.



Рис. 2. Оценка городской территории на предмет развития зон избыточного увлажнения с использованием геоморфометрического анализа и данных ДЗЗ (на примере г. Воронежа)

ЦМР выступает значимым источником информации при оценке пространственного охвата и потенциала развития опасных ландшафтных процессов. В частности, информация о рельефе является необходимой при оценке и прогнозировании последствий

половодий и паводков, так как позволяет достаточно точно определить границы затопляемой области, а также социальные и инфраструктурные объекты, которые подвергаются опасности.

Для оценки уровня затопления во время паводков использование непосредственно ЦМР целесообразно лишь для небольших участков рек, где величины уклона речного русла незначительны и не сказываются на расчетных результатах. Для более протяженных участков необходимо получение цифровой модели относительных высот от уреза воды, т. е. с учетом уклона реки. На данный момент существует ряд алгоритмов, позволяющих перейти от матрицы абсолютных высот к относительным превышениям над урезом воды. В частности, модуль Vertical Distance to Channel Network (вертикальное расстояние до речной сети) в открытой ГИС SAGA (System for Automated Geoscientific Analysis), использующий в качестве входных данных ЦМР и растр русловых систем, создает матрицу относительных высот, с помощью которой можно достаточно достоверно оценить пространственный охват области затопления по заданному уровню подъема воды.

С использованием данной методики была осуществлена оценка зон затопления для рек Толучеевка и Подгорная в окрестностях города Калач Воронежской области. Данная территория характеризуется периодическими подтоплениями отдельных участков населенных пунктов, что приводит к необходимости эвакуации населения из зон подтопления и приносит значительный материальный ущерб в плане восстановления жилых зданий и инженерных коммуникаций. Использование информации о рельефе в цифровом виде позволяет учесть характер развития опасных природных процессов при городском планировании, создании защитных инженерных сооружений и организации мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций. На рис. 3 представлена трехмерная визуализация зоны подтопле-

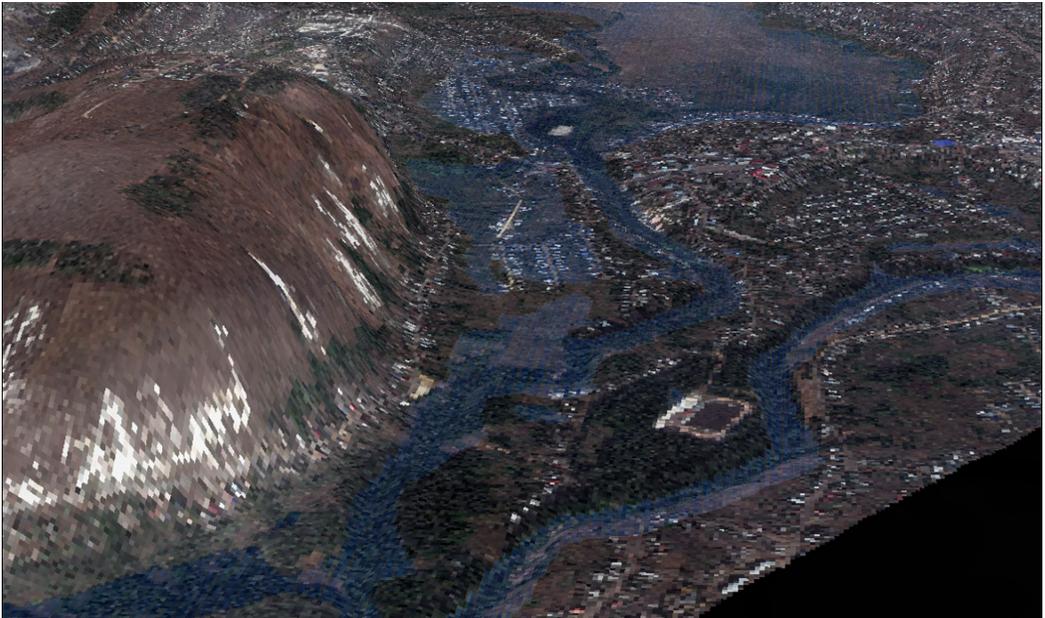


Рис. 3. Оценка площади затопления во время половодья для рек Толучеевка и Подгорная в районе г. Калач (Воронежская область)

ния для уровня подъема воды 3 м. Результаты моделирования соответствуют реальной площади, определенной по данным космической съемки.

Еще одним значимым с точки зрения прогнозирования опасных склоновых процессов (оползни, обвалы, осыпи) и оценки их воздействия на объекты транспортной и инженерной инфраструктуры (автомобильные и железные дороги, мосты и т. д.) выступает показатель индекса баланса геомасс (Mass Balance Index), который раскрывает топографические предпосылки к разрушению и отложению грунтов (рис. 4). Данный показатель позволяет выявить участки с высокой степенью вероятности развития осыпных склоновых процессов и нанесения вреда значимым объектам инфраструктуры и соответственно учесть эту информацию при проектировании и создании защитных сооружений.

В области экологического мониторинга рельеф выступает в качестве информационной

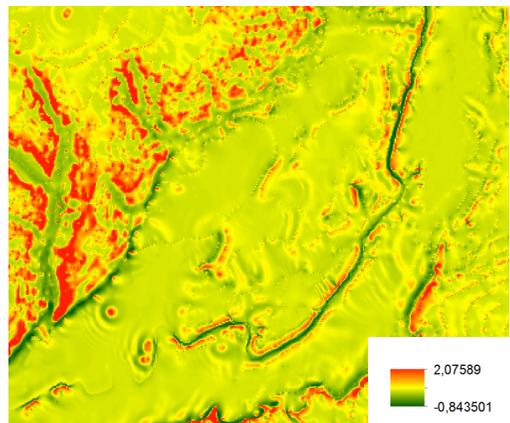


Рис. 4. Индекс баланса геомасс (положительные значения показывают участки разрушения грунтов, отрицательные — отложения)

базы для расчета и моделирования потенциальных зон загрязнения в районах размещения опасных производств. Подобная оценка основана на определяющей роли

рельефа в отношении стокоформирующих процессов и оценке орографических факторов при движении воздушных масс. На основе информации о рельефе территории можно определить направление поверхностного стока и соответственно направление перемещения загрязняющих веществ, которые потенциально могут попасть со стоком в речные системы и районы с социально значимыми объектами. Кроме направления стока, важными параметрами при моделировании зон загрязнения выступают удельная водосборная площадь (т. е. площадь водосбора для конкретной ячейки раstra или области интереса), а также вышележащая и нижележащая области стока. Вышележащая область стока представляет собой участок территории, поверхностный сток из которого попадает в область интереса, а нижележащая область стока — участок территории, на который попадает поверхностный сток из области интереса. Данные показатели представляют особый интерес при моделировании зон загрязнения и влияния негативных антропогенных факторов на сельскохозяйственные угодья и лесные массивы.

ЦМР может быть использована также при оценке перемещения загрязняющих веществ, переносимых при движении воздушных масс (wind-related terrain attributes), и моделировании развития эоловых процессов. Существует целый ряд морфометрических показателей, описывающих различные аспекты взаимодействия атмосферных процессов и топографии. На основе ЦМР рассчитываются индексы наветренного и подветренного эффектов, поверхность так называемого «дирекционного рельефа» — индекс степени превышения каждого элемента поверхности относительно окружающих и ряд других показателей, а также индекс топографической открытости территории.

Подводя итог вышесказанному, необходимо отметить, что информация о рельефе территории выступает исключительно

важным фактором для качественного и точного решения множества научно-практических и производственных задач в области рациональной организации природопользования, прогнозирования и оценки потенциальных зон развития чрезвычайных ситуаций, мониторинга экологической ситуации и территориального планирования. Использование специализированных алгоритмов морфометрического анализа в дополнение к базовой геопространственной основе позволяет строить распределенные геоинформационные системы с аналитическими элементами в виде инструментов геообработки и веб-сервисов (geoprocessing services, web processing services), позволяющими в оперативном режиме получать разноплановую информацию о пространственных процессах и принимать эффективные управленческие решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Глотов А. А. Геоинформационное моделирование долинно-речных ландшафтов средне-русской лесостепи / А. А. Глотов, В. Б. Михно // Вестник Воронежского государственного университета. Серия География. Геоэкология. — 2013. — № 1. — С. 47-52.
2. Глотов А. А. Геоинформационное моделирование эволюции долинно-речных ландшафтов Воронежской области : автореферат диссертации кандидата географических наук / А. А. Глотов. — Воронеж, — 2013. — С. 24
3. Глотов А. А. Применение данных о рельефе для эффективного использования сельскохозяйственных земель / А. А. Глотов // Научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации «Геопрофи». — М., 2013. — № 4 (600). — С. 20-22.
4. Geomorphometry: Concepts, Software, Applications / by editing Tomislav Hengl, Hannes I. Reuter. 2009. — 765 p.
5. Wilson J.P. Terrain Analysis: Principles and Applications / J.P. Wilson, J.C. Gallant. — 2000. — 520 p.