

4. Почвенное картирование: учебно-методическое пособие / под ред. Б.Ф. Апарина, Г.А. Касаткиной. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2012.

5. Рожков В.А., Столбовой В.С. Геоинформационные системы (ГИС) в мониторинге и рациональном использовании почв // Экологические проблемы. Минск, 1991.

6. Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования. Сборник статей. М: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2012.

МЕТОДЫ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ВЫСОТНЫХ ДАННЫХ

Е.А. Подсадняя, Я.В. Павлюк

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Белгород*

Цифровая модель рельефа (ЦМР) – это математическое представление участка земной поверхности. При использовании ГИС-технологий, этап получения новых представлений о рельефе за счет его трехмерной визуализации должен сопровождаться решением ключевой задачи – обеспечения качества и адекватности построенных моделей [1].

Целью нашего исследования является определение наиболее корректного метода интерполяции исходных высотных данных для построения ЦМР. Нами выполнен анализ высотных данных на Белгородский район Белгородской области, полученных с топокарты М 1 : 100 000 путем оцифровки горизонталей.

Исследование проводили с использованием модулей Spatial Analyst и Geostatistical Analyst ГИС ArcGIS 10.4. Модуль Spatial Analyst предоставляет возможность оценки поверхности с помощью методов: Сплайн, ОВР (обратно-взвешенных расстояний), Кригинг, Естественная окрестность, Топо to Raster, Тренд. Модуль Geostatistical Analyst включает модели кригинга, предоставляя измерения достоверности или точности прогнозируемых значений [2, 3].

Инструмент Топо в растр – это метод интерполяции, специально разработанный для создания гидрологически корректных цифровых моделей рельефа. Нами были построены ЦМР на основе интерполяции горизонталей методом Топо to Raster (рис. 1а).

Геостатистический модуль интерполяции предлагает большой выбор методов. Использование последних предполагает наличие исходных данных в точечном виде. Вследствие чего, изолинии были разбиты на вершинах и конвертированы в точки. С помощью методов интерполяции модуля Geostatistical Analyst были построены ЦМР. На основе измерения достоверности и точности прогнозируемых значений предполагалось отобрать лучшую модель. Ошибки прогнозирования геостатистическими и детерминированными методами интерполяции представлены в таблице 1.

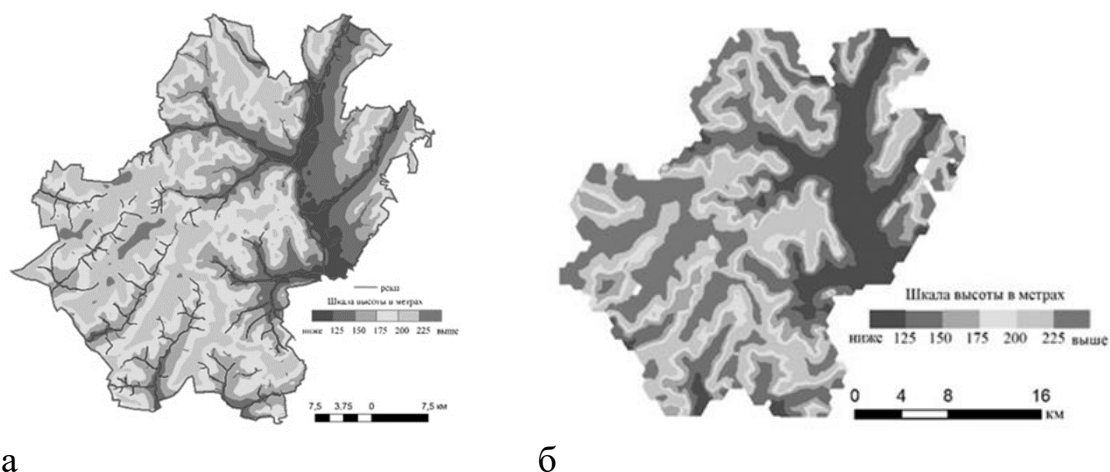


Рис. 1 – Интерполяция высотных данных на Белгородский район с помощью методов: а) Торо to Raster б) Кригинг

Таблица 1

Ошибки интерполяции

Методы интерполяции	средняя	среднеквадратичная	среднеквадратичная нормированная	средняя стандартная
Кригинг	0,555	11,960	0,563	21,184
Кригинг2	0,464	11,423	0,527	21,678
Методы обратных взвешенных расстояний	-0,581	8,030	–	–
Радиальные базисные функции	-0,310	7,089	–	–
Интерполяция по методу локальных полиномов	0,226	7,588	–	–
Эмпирический байесовский кригинг	-0,051	6,329	0,858	7,104
Ядерное сглаживание	0,291	9,317	0,968	9,704
Диффузионное ядро	-0,410	14,730	–	–

Статистические величины, рассчитанные по ошибкам интерполяции, используются для диагностики, определяющей правдоподобность модели для принятия решения и создания карты. Наиболее адекватной нами выбрана модель «Ядерное сглаживание».

С помощью выбранного метода была построена ЦМР. Метод восстановления каждой второй горизонтали показал высокую степень достоверности. Однако, полученный результат менее точный чем при использовании инструмента «Торо to Raster». Следовательно, наиболее корректный метод построения ЦМР – Торо to Raster.

Инструмент «Торо To Raster» позволяет получить гидрологически-корректную ЦМР. Следует отметить, что при исследовании эрозионных форм очень важно иметь гидрологически-корректную ЦМР, адекватно передающую формы рельефа, нанесенные на топографическую карту и отображающую структуру постоянной и временной гидрографической сети [4]. В качестве ЦМР использовали SRTM (Shuttle radar topographic mission) с размером ячейки 3×3 угловых секунды (то есть с пространственным разрешением 90 м), предварительно выполнив операцию по заполнению локальных понижений для удаления всех небольших ошибок и неточностей, присущих данным (ArcToolbox – Spatial Analyst – Hydrology – Fill) (рис. 2).

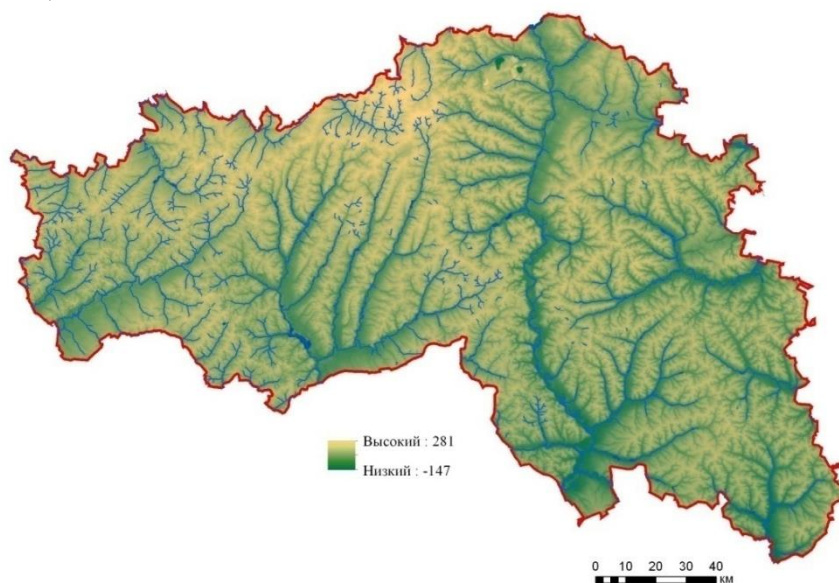


Рис. 2 – Цифровая модель рельефа Белгородской области

С помощью инструментов анализа ArcGIS был рассчитан уклон поверхности по имеющимся высотным данным (рис. 3). Алгоритм построения карты уклонов:

1. Инструменты 3D Analyst – Reclassification of raster – Reclassification. Указываем интервалы уклонов в соответствии с водоохранным законодательством. В результате получаем растр с тремя типами значений: до 0°, 0°–3°, свыше 3°.

2. Spatial Analyst – Conversion – Raster to polygons. Преобразуем растровые данные в векторный формат.

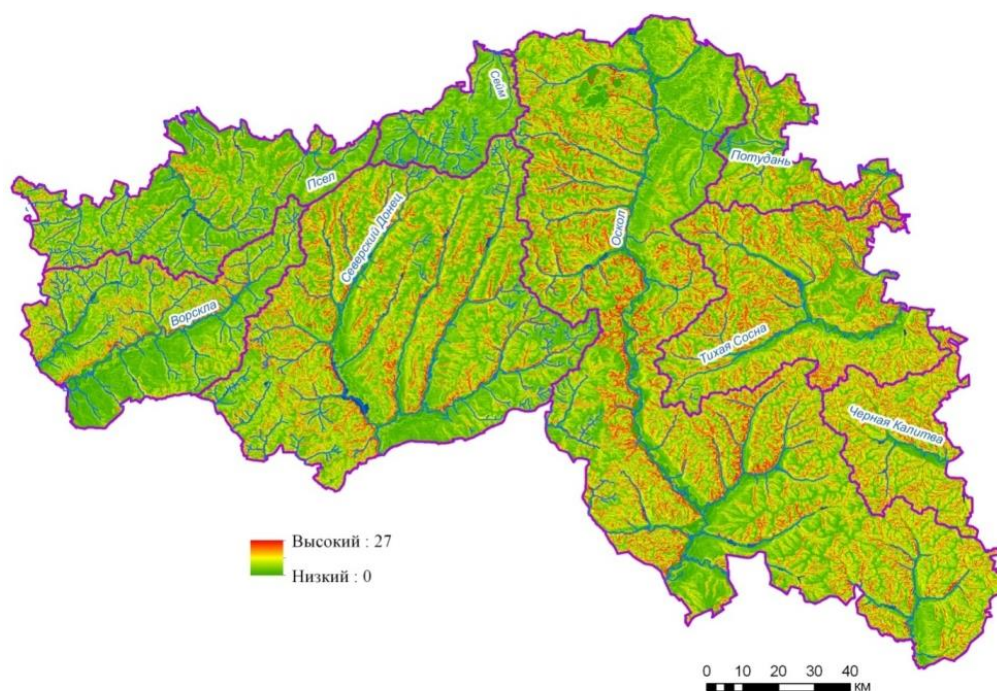


Рис. 3 – Карта уклонов рельефа территории Белгородской области

В результате машинной обрисовки, используя инструменты Hydrology (Flow Direction, Accumulation, Stream Order) можно выделить линии тока, классифицированные по системе Стралера-Философова. На основе растра Направления стока (Flow Direction) и векторных данных устьев водотоков инструментом Watershed выделяются водосборы определенного порядка, в зависимости от порядка точек устьев. Используя методы гео-моделирования в среде ArcGIS [4], установлены границы бассейнов IV порядка (рис. 4). Следует отметить, что при выделении водосборов на этом уровне бассейны V-VII порядков выделяются как треугольно-подобные или вытянутые формы, которые имеют соизмеримые с IV порядком размеры.

Всего на исследуемой территории выделено 218 бассейнов размером от 0,5 до 1447,5 км² IV–VII порядков. Организация территории на этом уровне использовалась нами для анализа развития эрозионных процессов, сокращения речной сети, изменения лесистости и как элементарная единица для определения средних уклонов.

Использование ЦМР в эрозионных исследованиях имеют свои особенности и области применения:

1. Использование ЦМР позволяет значительно детализировать морфометрический анализ рельефа, упростить процедуры выделения основных

форм эрозионной сети. Однако для выявления ручейков I-го типа необходимы более детальные гидрологически корректные ЦМР, чем получаемые по топографическим картам М 1 : 10 000.

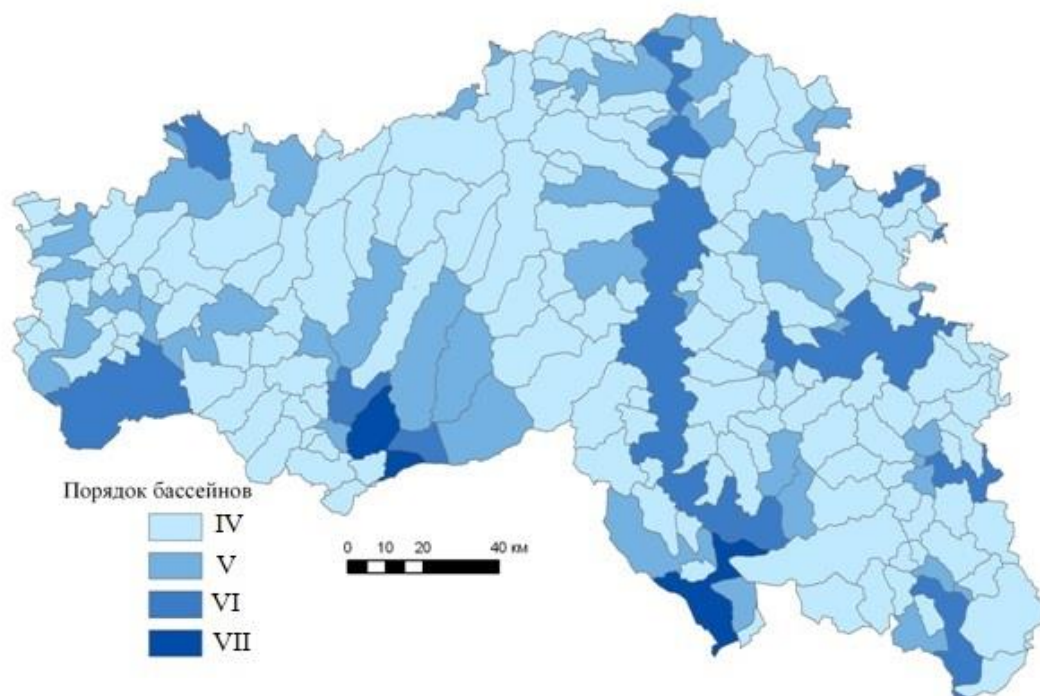


Рис. 4 – Пространственная организация бассейнов рек IV порядка на территории Белгородской области

2. Низкая точность и наличие «артефактов» ограничивают применение данных SRTM в гидрологии и эрозиоведении особенно в локальных исследованиях. Однако общедоступность этих данных, делает их привлекательными на уровне региональных исследований.

3. Прогноз потенциально возможных мест зарождения новых линейных форм эрозии в пределах агроландшафтов (или выход на пашню вершин тех эрозионных форм, которые развиты на смежных ландшафтах) возможен на основе трассирования линий тока, выявленных по ЦМР, и верифицированных по дешифровочным признакам на космоснимках.

Библиографические ссылки

1. Ласточкин А.Н. Рельеф земной поверхности (Принципы и методы статической геоморфологии). Л.: Недра, 1991.
2. Shary P.A. Land surface in gravity points classification by a complete system of curvatures // *Mathematical Geology*. 1995. Vol. 27. – Pp. 373–390.
3. Krcho J. Morphometric analysis of relief on the basis of geometric aspect of field theory. *Acta Geographica Universitatis Comtnianae, Geographico - Physica*. 1973. No. 1. Pp. 7–223.
4. Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г. Современные проблемы эрозиоведения. Белгород : Константа, 2012.