

УДК 556.043

А. А. Ищук, С. Н. Шумов, Ан. А. Ищук,
А. С. Курбатский

ПОСТРОЕНИЕ ВОДОСБОРА Р. ДЕСНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ (ГИС)

Средствами пространственного анализа геоинформационных систем получены векторные слои речной сети бассейна р. Десны и бассейнов основных притоков с атрибутивной информацией, а также уточнена модель направленности уклонов и аккумулятивных стоков поверхности.

Ключевые слова: вынос веществ, гидрографическая сеть, геоинформационные системы, моделирование.

Введение

Проблема загрязнения природных вод неразрывно связана с решением ряда взаимосвязанных задач, к которым относятся:

- оценка текущей ситуации, что, главным образом, связано с накоплением эмпирических данных;
- исследование условий и путей формирования потоков веществ;
- разработка мер по регулированию химического состава вод;
- прогнозирование химического состава водных объектов.

Среди них последняя, несомненно, относится к разряду наиболее сложных, поскольку требует знания физико-химических процессов массопереноса веществ и их параметризации. Для химической нагрузки, формируемой поступлением веществ со сбросами сточных вод, так называемых точечных источников, задача прогнозирования загрязнения решается известными методами, базирующимися на численном решении уравнения турбулентной диффузии (метод Караушева, Родзиллера-Фролова, Бесценной, аппроксимирующих функций и др.

Широкое внедрение природоохранного законодательства во многих развитых странах привело к тому, что загрязнение от точечных источников существенно сократилось, а основную роль стал играть смыв с поверхности водосбора. В этом случае задача моделирования усложняется в связи с неравномерным во времени и пространстве

распределением источника загрязнения. Высокую эффективность в процессе решения указанной задачи показывают геоинформационные системы (ГИС) с развитым инструментарием математического анализа. В процессе решения задач данного уровня приходится в полной мере использовать как встроенные инструменты профессиональных ГИС (создание модели рельефа, анализ уклонов, оценка площадей водосбора и др. – [1-5]), так и специальные проблемно-ориентированные алгоритмы гидрологического моделирования, по которым рассчитывают направления стоков и русел, моделируют бассейновую структуру, продвижение паводковой волны, эффективность водозащитных сооружений, прогноз гидрохимического режима водотоков и водоёма и т. д. [6-11].

Целью данной работы было моделирование бассейна р. Десна с использованием средств пространственного анализа ГИС. Река Десна является самым длинным и вторым по величине притоком Днепра, формирующим 20 % его водного стока. Кроме того, ее воды используются для обеспечения питьевого водоснабжения г. Киева и других городов, расположенных в её бассейне. Бассейн р. Десны расположен в пределах территории 2-х государств: Российской Федерации (Смоленская, Брянская, Калужская и Курская области) и Украины (Черниговская, Киевская и Сумская области). Река Десна начинается в Смоленской области на высоте 238 м., средний уклон поверхности составляет 0,13 ‰.

Результаты и их обсуждение

В качестве гидрографической основы для украинской части бассейна Десны была использована электронная топографическая государственная карта Украины масштаба 1: 200 000 [12], полученная из базы данных Правительственной системы по чрезвычайным ситуациям. Для российской территории была использована цифровая топографическая карта масштаба 1: 200 000, полученная в результате оцифровки в среде MapInfo топографической основы [13]. Переносу на цифровую карту подлежали водотоки, имеющие название на карте данного масштаба, что соответствовало минимальным площадям бассейнов около 10 км². Таким образом, была получена векторная карта гидрографической сети бассейна р. Десна, насчитывающая 622 реки (рис. 1).

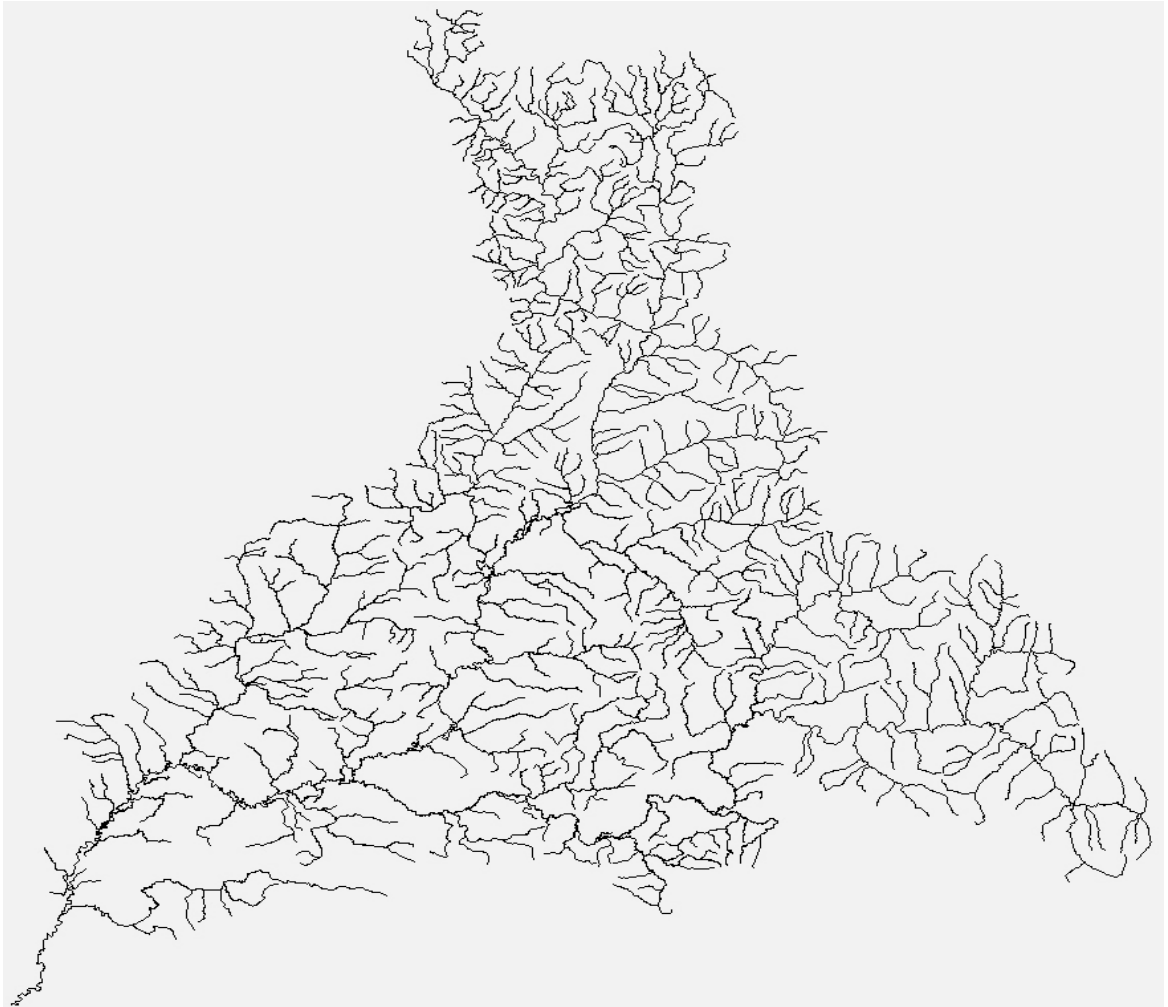


Рис. 1. Цифровая векторная карта гидрографической сети бассейна р. Десна, полученная оцифровкой топографической основы масштаба 1: 200 000

Следующим важным заданием было получение цифровой модели рельефа (ЦМР). В качестве топографической основы были использованы радарные снимки земной поверхности из космоса SRTM (Shuttle radar topographic mission) [14] с геометрическим разрешением 3 угловые секунды и размером пикселя $\sim 200 \times 200$ м. Данные представляют 16-ти битное растровое изображение, содержащее высоты над уровнем моря в каждом пикселе. Дальнейшая обработка произведена базовым инструментом Spatial Analyst Tools (ArcGIS 10), в результате чего получено покрытие в формате ERDAS, содержащее матрицы рельефа (рис. 2).

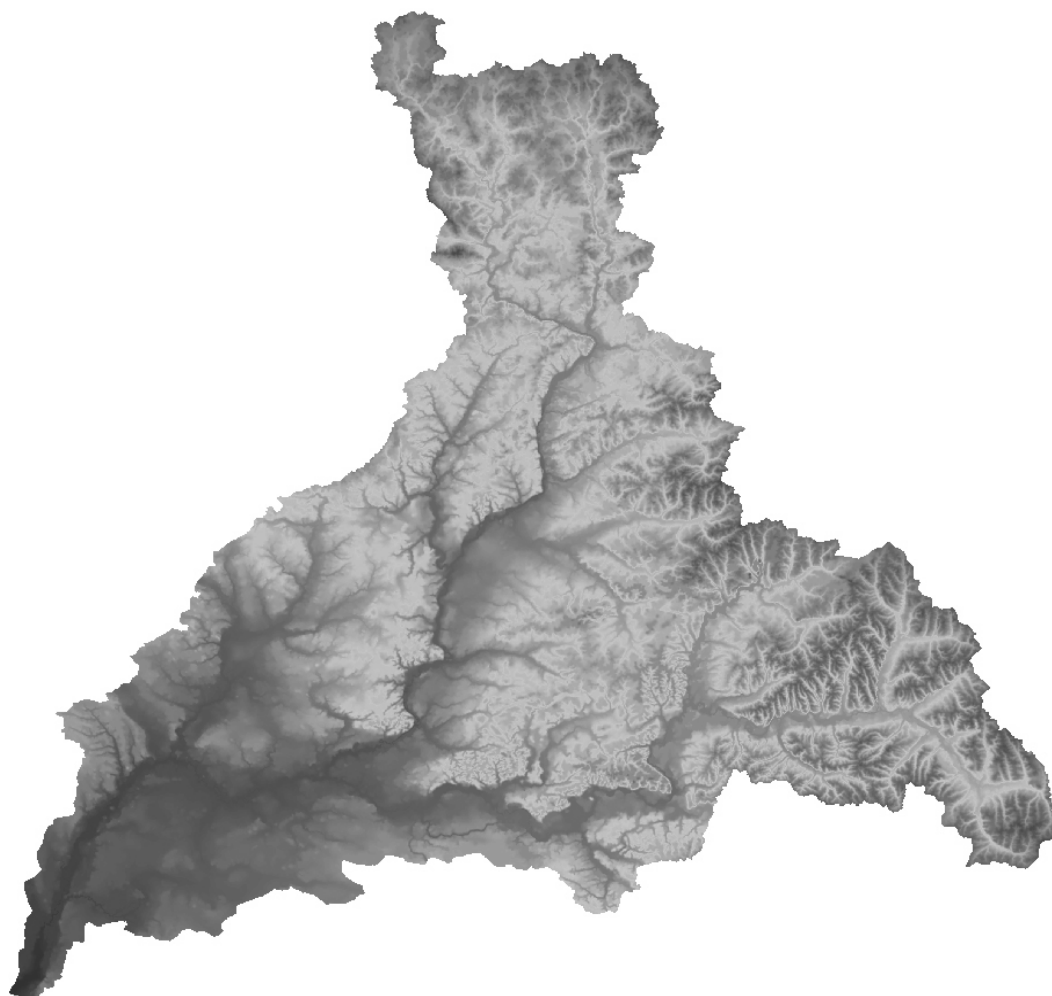


Рис. 2. Растровое изображение рельефа в бассейне р. Десны, построенное по ЦМР

В результате обработки откорректированной ЦМР стандартными функциями Hydrology (Spatial Analyst Tools, ArcMap 10), была получена классифицированная модель направленности склонов (рис. 3), а также модель аккумуляционных стоков поверхности данной территории (рис. 4).

Построение суббасейновой структуры бассейна р. Десны выполнено функционалом Hydrology на основе модели направленности склонов [15], в результате чего были получены водоразделы между основными притоками. Векторный слой бассейнов основных притоков Десны и водосборов между ними построен на основе границ полигонов водораздельных областей по точкам впадения в главную реку, отмеченных экспертным образом. Полученный результат представлен на рис. 5.

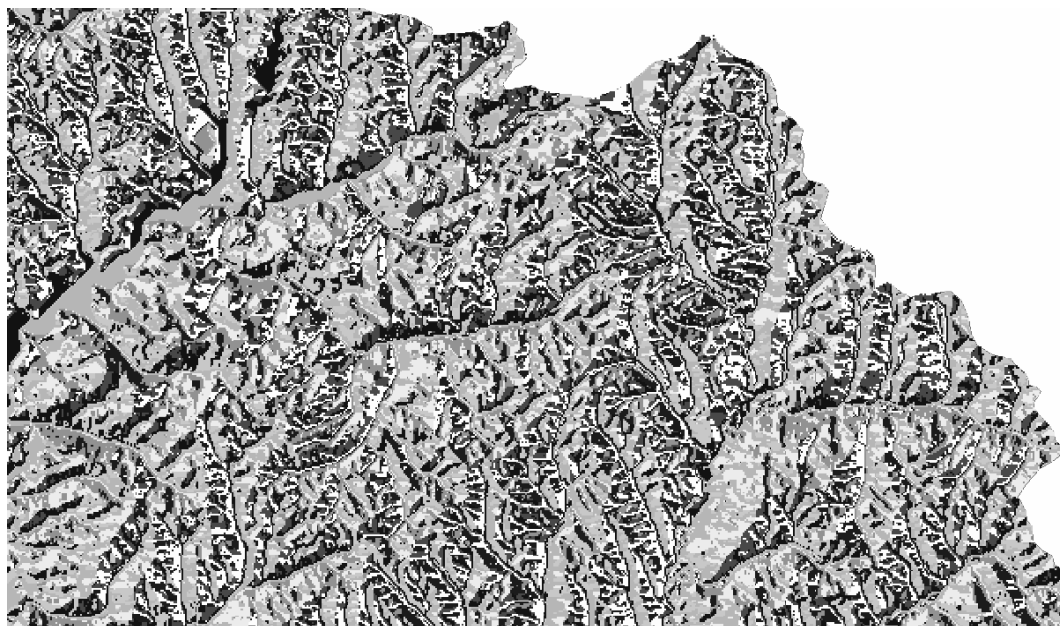


Рис. 3. Участок растрового слоя откорректированной модели направленности склонов бассейна р. Десны

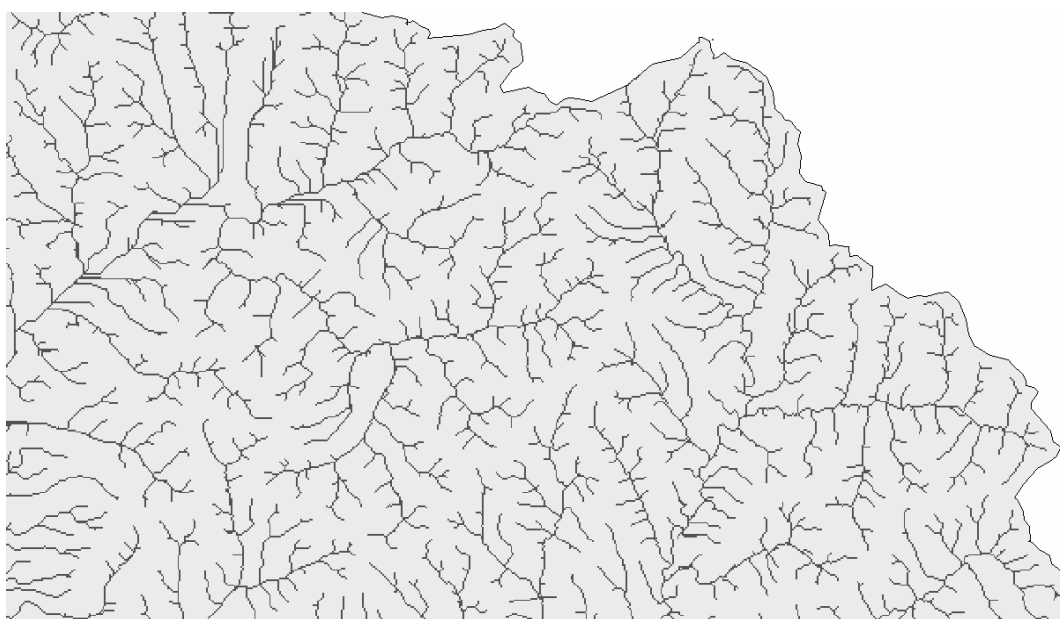


Рис. 4. Аккумулятивные стоки в бассейне р. Десны, полученные на основе модели направленности склонов

В результате проведенных работ были получены тематические слои речной сети бассейна р. Десны; уточненная ЦМР, модель направленности уклонов и аккумулятивных стоков поверхности; векторный слой бассейнов основных притоков с сопутствующей атрибутивной

информацией (периметр и площадь бассейнов, уклонов, высот и т.д.) и результирующие таблицы на основе полученных векторных слоев.

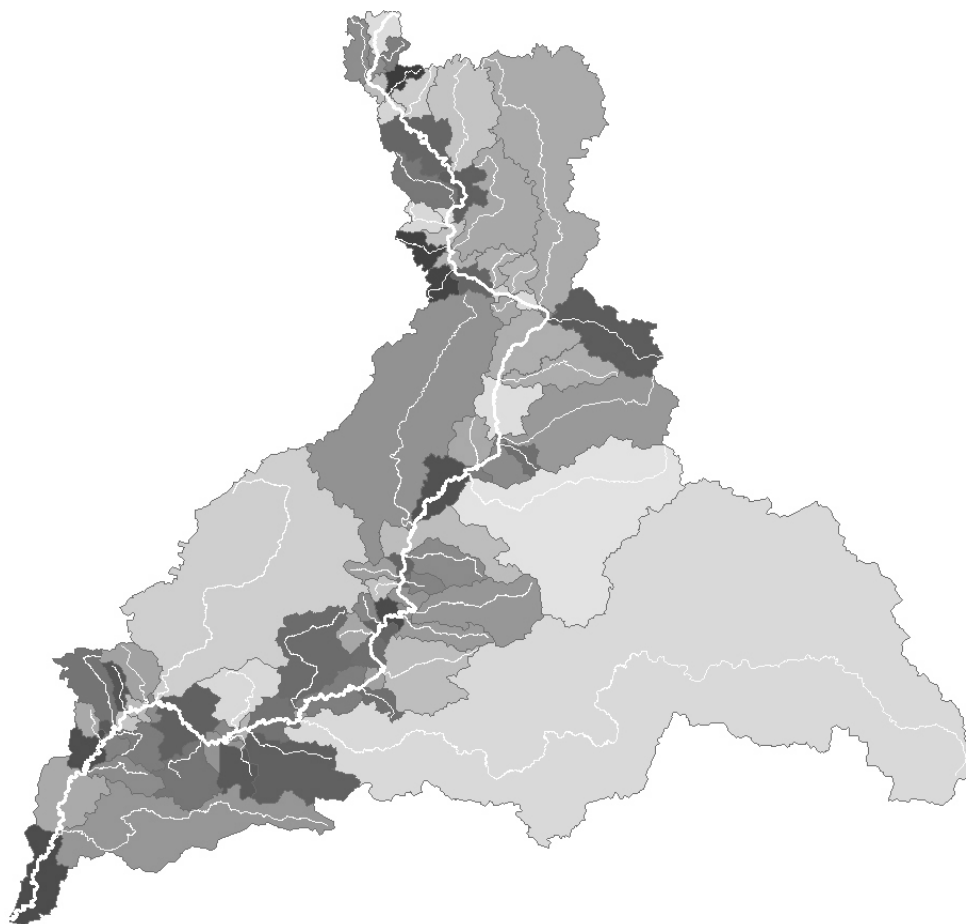


Рис. 5. Векторный слой бассейнов основных притоков р. Десны

Эти данные станут основой для разработки системы моделирования выноса химических компонентов с поверхности водосбора.

Полученные результаты показали, что небольшие перепады высот (200 метров на 500 км) особенно в заболоченных районах истока р. Десны и на низинных пойменных участках рек нуждаются в более подробной конкретизации данных относительно высотных характеристик моделируемой местности на основе крупномасштабных карт.

Выводы

В результате проведенных исследований и практических наработок можно с уверенностью сказать, что привлечение ГИС технологий является необходимым инструментом для решения задач моделирования выноса веществ из распределенных источников. Это позволяет

автоматизировать такие трудоемкие операции как создание модели рельефа, анализ уклонов, оценка площадей водосбора, расчет направления и русла стоков, создание иерархии и структуры речных бассейнов.

Использование топографической информации и пакетов ГИС-ориентированного программного обеспечения также позволило в автоматическом режиме получить атрибутивные электронные таблицы с данными о площадях водосбора, длинах водотоков, уклонах и др. основных рек бассейна р. Десны.

Полученные результаты пространственного моделирования в достаточной мере совпали с реальной русловой сетью, существующей на местности и отображаемой на топографических картах. Таким образом, созданный векторный слой полигонов бассейнов и русел рек бассейна р. Десны соответствует топографическим картам местности и может быть использован в пространственно-распределенных ГИС-моделях.

* *

1. Берлянд А.М., Мусин О.П., Свэнтек Ю.В. Геоинформационные технологии и их использование в эколого-географических исследованиях // География. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. – С. 231-241.
2. Де Мерс М.Н. Географические информационные системы. – М.: Дата, 1999. – 490 с.
3. Митчел Э. Руководство по ГИС-анализу. Часть I. Модели пространственного распределения и взаимосвязи. – К.: ЗАО ЕСОМСо, 2000, 179 с.
4. Duckham M., Goodchild M., Worboys M. Foundation of Geographic Information Science. – London: Taylor&Francis, 2003. – 257 p.
5. Самойленко В.М. Географічні інформаційні системи та технології. – К.: Ніка-Центр, 2010 – 448 с.
6. Montgomery D.R., Dietrich W.E. Source areas, drainage density and channel initiation // Water Res.Res., 1989. Vol. 25, P. 1907-1918.
7. Howard, A.D. 1990. Theoretical model of optimal drainage network, Water Resour. Res., 26(9), P. 2107-2117.
8. Willgoose G.R., R.L. Bras, and I. Rodrigues-Iturbe. 1992. The relationship between catchment and hillslope properties: Implication of a catchment evolution model, Geomorphology, 5. – P. 21-38.

9. Montgomery D.R., Foufoula-Georgiou E. Channel network source representation using digital elevation models // Water Res. Res., 1993. Vol. 29, No. 12. – P. 3925-3934.
10. Scale Dependence and Scale Invariance in Hydrology / Ed. by G. Sposito. – Cambridge University Press, 1998 – 424 p.
11. Lee K.T., Chang C.H. Incorporating subsurface-flow mechanism into geomorphology based IUN modeling // Journal of Hydrology, 2005, Vol. 311 – P. 91-105.
12. Топографічна електронна карта України з тематичною інформацією МНС масштабу 1:200000 / Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та в справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи. Головне управління геодезії, картографії і кадастру при Кабінеті Міністрів України. – Х. – 1998.
13. Інтернет-ресурс: <http://maps.vlasenko.net/soviet-military-topographic-map/map200k.html>.
14. Інтернет-ресурс: <http://srtm.csi.cgiar.org>.
15. Інтернет ресурс: Hydrological Analysis: <http://gif.berkeley.edu/CE/>

*Український науково-дослідний
гідрометеорологічний інститут, Київ*

О.О. Іщук, С.М. Шумов, Ан.О. Іщук, О.С. Курбатський

Побудова водозбору р. Десна з використанням засобів просторового аналізу геоінформаційних систем (ГІС)

Засобами просторового аналізу геоінформаційних систем отримано векторні шари річкової мережі басейну Десни й басейнів основних приток з атрибутивною інформацією й уточнено модель спрямованості ухилів і акумулятивних стоків поверхні.

Ключові слова: винос речовин, гідрографічна мережа, геоінформаційні системи, моделювання.

A.A. Ishchuk, S.N. Shumov, An.A. Ishchuk, A.S. Kurbatsky

Construction of the Desna river catchment with use of the spatial analysis geoinformation systems (GIS)

Means of the spatial analysis of geoinformation systems receive vector layers of a river network of pool of Desna and pools of the basic inflows with the attributive information, and the model of an orientation of biases and accumulative drains of a surface is specified.

Keywords: carrying out of substation, hydrographic network, geoinformation systems, modelling.