

УДК 681.518.004

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛООВОГО И ВОДНОГО БАЛАНСА В ЛАНДШАФТАХ: МЕТОДЫ ОЦЕНКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

Степовая О.Ю.

В настоящее время физические принципы, положенные в основу описания процессов, протекающих в природных ландшафтах, более или менее известны. Их понимание позволяет обоснованно и достаточно точно рассчитывать компоненты водного и теплового балансов относительно однородной подстилающей поверхности суши («в точке»), когда пространственной изменчивостью основных факторов, определяющих потоки тепла и влаги на поверхности суши, можно пренебречь. Однако в задачах мезомасштабного характера приходится иметь дело с объектами, линейный размер которых 10-100 км. В этом случае применение «точечных» моделей с детерминированной входной и выходной информацией представляется некорректным, и акцент исследования переносится на проблему учета пространственной неоднородности основных элементов природных ландшафтов [1].

В процессах пространственного распределения основных характеристик природных ландшафтов ведущую роль играют особенности строения земной поверхности, обусловленные рельефом – уклоном, экспозицией, продольной и поперечной формой склона, его длиной, а также свойствами породообразующих пород и почв, растительного покрова. Примерами таких распределений являются пространственные распределения запасов грунтовой влаги, запасов воды в снеге, атмосферных осадков. Е.Н.Романова, в частности, замечает [2], что на распределение почвенных влагозапасов оказывает влияние форма, экспозиция склона и местоположение точки на склоне. Наиболее увлажнены подножья склонов вогнутой и прямой формы северной и восточной экспозиций, наименее увлажнены нижние части склонов выпуклой формы южной и западной экспозиции [2]. Данные результаты подтверждаются исследованиями, проведенными автором на территории Балтского района Одесской области. При изучении процессов снеготаяния также установлена пространственная изменчивость таких характеристик, как поток прямой солнечной радиации, радиационный баланс, альbedo. В связи с этим возникает необходимость учета и оценки пространственных распределений основных характеристик в ландшафтах.

Широкие возможности для этого открывают технологии географических информационных систем (ГИС-технологии), представляющие собой мощный комплекс средств для сбора, хранения, поиска, преобразования и отображения пространственно координированной информации [3].

Существует достаточно большое количество ГИС-пакетов, обеспечивающих анализ пространственных данных. Наиболее известные – это пакет картографо-математического моделирования и анализа IDRISI, созданный в Аспирантской школе Университета Кларка (Массачусетс, США), ГИС-пакет ARC/INFO, разработанный в Институте исследований природных систем (Калифорния). В состав аналитического блока модулей данных ГИС-пакетов входят команды, позволяющие построение цифровых моделей рельефа, а также производных карт, таких как карты уклонов, экспозиций склонов, линий тока, водосборов; модули оверлейного анализа и модули, выполняющие операции пространственной статистики. ГИС-пакет PC-RASTER, разработанный на кафедре физической географии Университета г. Утрехт (Нидерланды), обладает теми же возможностями, что и более известные ГИС-пакеты. Средствами пакета PC-RASTER на кафедре физической географии и природопользования ОНУ разработана пространственно-распределенная модель снеготаяния, реализованная для балки Лесная-2 (бассейн р. Бутени). Площадь водосбора балки Лесная-2 составляет 49 га.

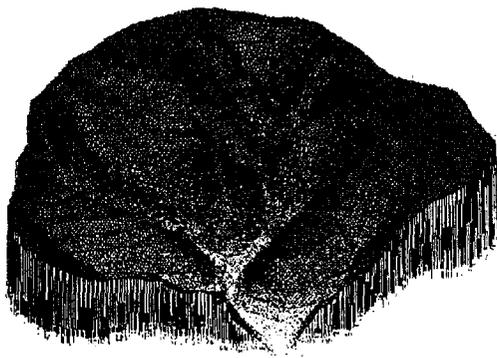


Рис.1. Цифровая модель рельефа балки Лесная-2

В модели учитывается пространственная изменчивость радиационных характеристик, распределение высоты и плотности снега, а также степени увлажненности активного слоя почвы. Для расчета основных составляющих модели использованы значения метеорологических элементов, взятых по материалам Богославской ПЭГБ [4]. Вычислительный алгоритм модели реализован с использованием команд аналитического блока SLOPE (построение карт уклонов), ASPECT (построение карт ориентации склона), CALC (арифметические, логические и сравнительные операции). Построение карт уклонов и экспозиций производилось с использованием цифровой модели рельефа (рис.1).

В соответствии с исследованиями К.Я.Кондратьева [5], отношение потоков прямой солнечной радиации на произвольно ориентированную в пространстве наклонную и горизонтальную поверхности равно:

$$S_s / S = [\cos \alpha (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega) + \sin \alpha \{ \cos \psi_s [\operatorname{tg} \varphi (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega) - \sin \delta \sec \varphi] + \sin \psi_s \cos \delta \sin \omega \}] / \sin h_{\Phi}, \quad (1)$$

где S_s – поток прямой солнечной радиации на наклонную поверхность (склон), Вт/м²; S – поток прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность, Вт/м²; α – угол наклона поверхности к горизонту, град.; h_{Φ} – высота Солнца, град.; ψ_s – азимут проекции нормали к склону на горизонтальную поверхность, град.; φ – географическая широта, град.; δ – склонение Солнца, град.; ω – часовой угол Солнца в данный момент времени, отсчитываемый от момента истинного полдня, град.

Данная формула была использована в качестве базовой при оценке пространственного распределения прямой солнечной радиации, в основном и определяющей пространственное распределение составляющих теплового баланса подстилающей поверхности. На рисунке 2 представлена расчетная карта распределения суммарной радиации на произвольно ориентированную поверхность.

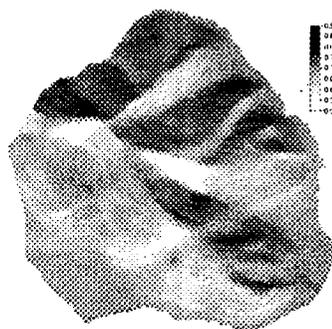


Рис.2. Карта распределения потока суммарной солнечной радиации (Q_s) в пределах бассейна балки Лесной-2 на 12 часов 26.03.1980 г.

Величина изменения Q_s составляет в относительных единицах от 0.56 на склоне северной экспозиции до 1.32 на склоне южной экспозиций, радиационный баланс, рассчитанный на 26 марта 1980 года для 15 часов изменяется от -0.09 кал/см²/мин на склоне северной экспозиций до 0.06 кал/см²/мин на склоне южной экспозиции.

Представляет интерес пространственное распределение высоты снежного покрова для данной территории в зависимости от ориентации склона и местоположения точки на склоне. Для установления закономерностей пространственного распределения высоты и плотности снега использованы многолетние данные наблюдений за снежным покровом на территории БПЭГБ. Было установлено, что, если принять за 1.0 высоту снежного покрова на водоразделе, то в днищах балок значение увеличивается до 1.04-1.41. Наименьшие высоты отмечаются в средних частях южных и юго-западных склонов: $K=0.48$. В нижних частях северных и восточных склонов $K=0.75-0.98$. Высота снега на склонах южных экспозиций меньше, чем на склонах северной экспозиции. Особенно это проявляется в верхних частях: $K_c = 0.94$, $K_o = 0.63$. Это связано с тем, что на южных склонах происходит подтаивание. Эти закономерности были использованы при построении модели пространственного распределения высоты снежного покрова.

На рисунке 3 представлен результат реализации этой модели применительно к бассейну балки Лесная 2 – карта распределения высот снежного покрова в относительных величинах.



Рис.3. Карта распределения высот снежного покрова

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Элементы водного и теплового баланса даже в условиях равнинного рельефа обладают выраженной пространственной изменчивостью.
2. Для балки Лесной с максимальными уклонами, не превышающими 35° , значения абсолютных величин суммарной радиации на склонах южных экспозиций на десятки, а в отдельных случаях на сотни процентов больше, чем на склонах северной экспозиций, а значения радиационного баланса, рассчитанного на 26 марта 1980 года для 15 часов изменяется от -0.09 ккал/см²/мин на склонах северных экспозиций до 0.06 ккал/см²/мин на склонах южных экспозиций.
3. Пространственное распределение высот снежного покрова, главным образом, определяется формой рельефа и характером растительности. Различия в высоте снежного покрова на склонах и в днищах балок измеряются сотнями процентов.

Список литературы

1. Гусев Е.М., Бусарова О.Е., Наносова О.Н. Учет пространственной изменчивости территории при моделировании динамики влагозапасов и суммарного испарения для районов степной и лесостепной зон // Вод. ресурсы, 1998. – Т.25. – №5. – С. 517-528.
2. Романова Е.Н. Микроклиматическая изменчивость основных элементов климата. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 278 с.
3. Светличный А.А., Лидерсон В.Н., Плотницкий С.В. Географические информационные системы: технология и приложения. – Одесса: Астропринт, 1997. – 196 с.
4. Материалы наблюдений Богуславской полевой экспериментальной гидрологической базы. – Киев, 1980. – Вып.15.
5. Кондратьев К.Я. Лучистый теплообмен в атмосфере. – Л.: Гидрометеоздат, 1956. – 351 с.