

Влияние межгодовой изменчивости и трендовых изменений строения и свойств снежного покрова на термический режим подстилающей поверхности

В.Н. Голубев, С.А. Сократов, Д.М. Фролов

МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

Вклад снежного покрова в термическое взаимодействие атмосферы и литосферы определяется его радиационными и теплофизическими свойствами, прежде всего теплопроводностью снега, которая, в свою очередь, зависит от его плотности, строения и термического режима. Толщина снежного покрова, его строение и свойства меняются как в пространстве (региональные и локальные изменения), так и во времени (трендовые и межгодовые изменения климатических условий, сезонные в процессе снегонакопления и метаморфизма). Такие изменения строения снежного покрова, его свойств и продолжительности залегания сказываются на условиях теплообмена и вызывают, соответствующие вариации глубины сезонного промерзания подстилающих грунтов и длительности их пребывания в мерзлом состоянии.

Многолетние изменения температуры, осадков зимнего периода и толщины снежного покрова сопровождаются их межгодовыми (квазидвухлетними) вариациями, которые превышают трендовые более чем на порядок. Во всех климатических зонах России соотношения модулей межгодовых вариаций зимних значений температуры воздуха, суммы осадков и толщины снежного покрова к соответствующим показателям трендовых изменений имеют один порядок величины. Это позволяет рассматривать, конечно, с определённой коррекцией, межгодовые аномалии характеристик сезонного снежного покрова, как некоторый прообраз его реакции на возможные многолетние климатические изменения.

Для региональной оценки тепло-массообмена подстилающей поверхности со снежным покровом и атмосферой необходимы сведения о свойствах и строении (стратиграфии) снежного покрова и об их возможных межгодовых и пространственных вариациях. Эти характеристики возможно оценить на основе показателей, определяющих водозапас и среднюю плотность снежной толщи, возможный сток талой воды, образующейся во время оттепелей, наличие слоёв и корок разного генезиса (суммарное количество твердых осадков, толщина снежного покрова, частота и продолжительность снегопадов, оттепелей, ветрового и радиационного воздействия). В свою очередь, эти показатели могут быть получены при анализе стандартной метеоинформации.

Построены карты климатических условий и толщины снежного покрова и их аномалий относительно средних многолетних значений, демонстрирующие особенности их изменений на территории России в зимние периоды конца

XX – начала XXI столетий. Установлены: 1) корреляция между изменениями температуры и суммы зимних осадков; 2) зависимость толщины и плотности снежного покрова от суммы осадков и температуры зимнего периода.

Моделирование регионального строения и средней плотности снежного покрова на территории РФ проведено на основе карт средней зимней температуры, суммы зимних осадков, частоты метеорологических явлений: снегопады, оттепели, ветер со скоростью более 10 м/с, резкие изменения (более 10°C) температуры воздуха в области отрицательных значений. При построении карт учитывались снегопады с интенсивностью выше 0,01 г/см² в сутки, оттепели с повышением температуры воздуха выше 0°C на срок более суток. Модельные разрезы учитывают лишь метеорологические события, имевшие место при формировании снежного покрова, не отражая хронологию явлений и возможные пространственные вариации накопления его на мезо- и микроуровне. Верификация результатов моделирования разрезов, проведенная с использованием натурных наблюдений и литературных источников, показала, что, несмотря на схематизм модельных разрезов, они принципиально идентичны реальным и могут быть использованы для выявления межгодовых различий строения снежного покрова.

Характеристики климатических условий зимнего периода, модельные разрезы и выявленные соотношения, корреляции и зависимости позволяют оценивать среднюю плотность, теплоемкость и теплопроводность снежного покрова, а также средний за зиму градиент температуры в нём. В результате становится возможным рассчитать (реконструировать) тепловой поток из снежного покрова и подстилающего грунта в атмосферу, а, при наличии данных о влажности и теплофизических свойствах грунта, возможную глубину промерзания и межгодовые вариации её, определяемые снежным покровом.

На основе предлагаемых алгоритма и программы расчета глубины промерзания проведены расчеты для трёх климатических зон России, расположенных в районе полярного круга, для наиболее холодного и тёплого сезонов XXI столетия. Полученные результаты согласуются с данными натурных наблюдений в соответствующих регионах.