

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА SNOW-17 В ПРАКТИКЕ ОПЕРАТИВНОГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В РОССИИ

Ю.А. Симонов¹, Э.-Л.Д. Ликарь², Н.Л. Фролова²

*¹Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации*

*²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
simonov@mecom.ru*

Введение

Большинство рек Российской Федерации относится к рекам с преимущественно снеговым питанием (доля талого стока превышает 50 %), причем на 80 % территории нашей страны талые снеговые воды являются основным источником питания, формируя подавляющую часть речного стока. В связи с этим учет процессов динамики снежного покрова крайне важен в задачах оперативной гидрологии, в частности в гидрологическом прогнозировании характеристик речного стока на реках России. Поступление талых вод на поверхность водосбора является основной приходной частью водного баланса водосбора рек нашей страны в период весеннего половодья и оттепелей. Оценка характеристик снежного покрова, их динамики во времени является неотъемлемой компонентой методик и моделей стока рек, используемых в задачах оперативного гидрологического прогнозирования.

Моделированию характеристик снежного покрова посвящено большое количество исследований. Модели и схематизации снежного покрова основаны как на полном описании процесса формирования и разрушения снежного покрова с использованием

уравнений математической физики, так и на концептуальном представлении данных процессов с использованием более простых (эмпирических) соотношений. Структура используемой модели должна быть согласована с наличием исходной гидрометеорологической информации. Например, в настоящий момент использование модели динамики снежного покрова в оперативной практике гидрологического прогнозирования предполагает в основном наличие в качестве исходной фактической и прогностической информации достаточной надежности данных о температуре воздуха и суммах атмосферных осадков. На основе данной информации модель должна воспроизводить основные характеристики снежного покрова и, в конечном счете, искомую для прогностической гидрологии величину – слой поступившей талой воды на поверхность водосбора.

В отечественной оперативной гидрологии в схемах оперативного прогнозирования [1, 2, 6] ежедневных уровней (расходов) воды на реках используются в большей части разработки, представленные в [5, 7, 10, 11]. Формирование талого стока для прогнозов стока горных рек рассмотрено в [4, 9]. Физико-математические модели динамики снежного покрова рассмотрены в [3, 8]. Приведены далеко не все исследования, касающиеся моделирования снежного покрова. Анализ мирового опыта применения различных моделей снежного покрова в практике гидрологического прогнозирования представлен в Руководстве по гидрологической практике [14], а также Руководстве ВМО по прогнозированию паводков [16].

В ходе двустороннего сотрудничества между Росгидрометом и Национальным управлением США по проблемам океана и атмосферы (НУОА) Гидрометцентру России была передана модель динамики снежного покрова SNOW-17, разработанная в Национальной службе погоды США [12, 13]. Данная модель хорошо зарекомендовала себя в практике оперативного гидрологического прогнозирования США, а также других стран. В качестве характеристики для учета теплового обмена между снежным покровом и атмосферой используется температура воздуха. В дополнение к температуре воздуха второй необходимой входной переменной в модель является сумма осадков. Температура воздуха является

переменной, которую достаточно просто измерить. Кроме того, прогнозы температуры воздуха в настоящий момент являются достаточно надежными. Данный параметр хорошо поддается интерполяции, а также экстраполяции в области с отсутствием наблюдений, поскольку он тесно связан с физико-географическими факторами (рельефом, растительностью), что позволяет проводить его оценку на водосборах без наблюдений (например, во многих горных районах). Физически обоснованное описание процессов динамики снежного покрова, с одной стороны, и использование в виде входных данных температуры воздуха и осадков, с другой, позволили модели SNOW-17 стать одной из наиболее распространенных моделей в США с точки зрения ее использования в оперативной гидрологии. Оценка возможности применения данной модели в качестве схемы расчета динамики снежного покрова в методиках прогнозирования стока для российских рек с учетом детальности имеющейся гидрометеорологической информации представляет интерес и легла в основу настоящего исследования.

Модель снежного покрова SNOW-17

В основе модели снежного покрова SNOW-17 заложена концептуальная схематизация процессов динамики снежного покрова. Модель рассчитывает накопление снежного покрова, его уплотнение (рекристаллизацию), таяние, задержание жидкой воды в снеге, перемещение воды в толще снежного покрова и, наконец, отдачу воды из снежного покрова на поверхность водосбора. Указанные процессы описаны в приближенных эмпирических уравнениях, подробная информация о которых представлена в ряде работ авторов модели [12, 13]. На рис. 1 приводятся основные элементы схематизации.

После разделения осадков на жидкие и твердые (по значению температуры воздуха) происходит расчет аккумуляции снежного покрова (в случае выпадения снега), при этом принимается, что плотность свежевыпавшего снега ρ_n зависит от температуры воздуха t_a :

$$\rho_n = 0,05 + 0,0017t_a^{1,5} .$$

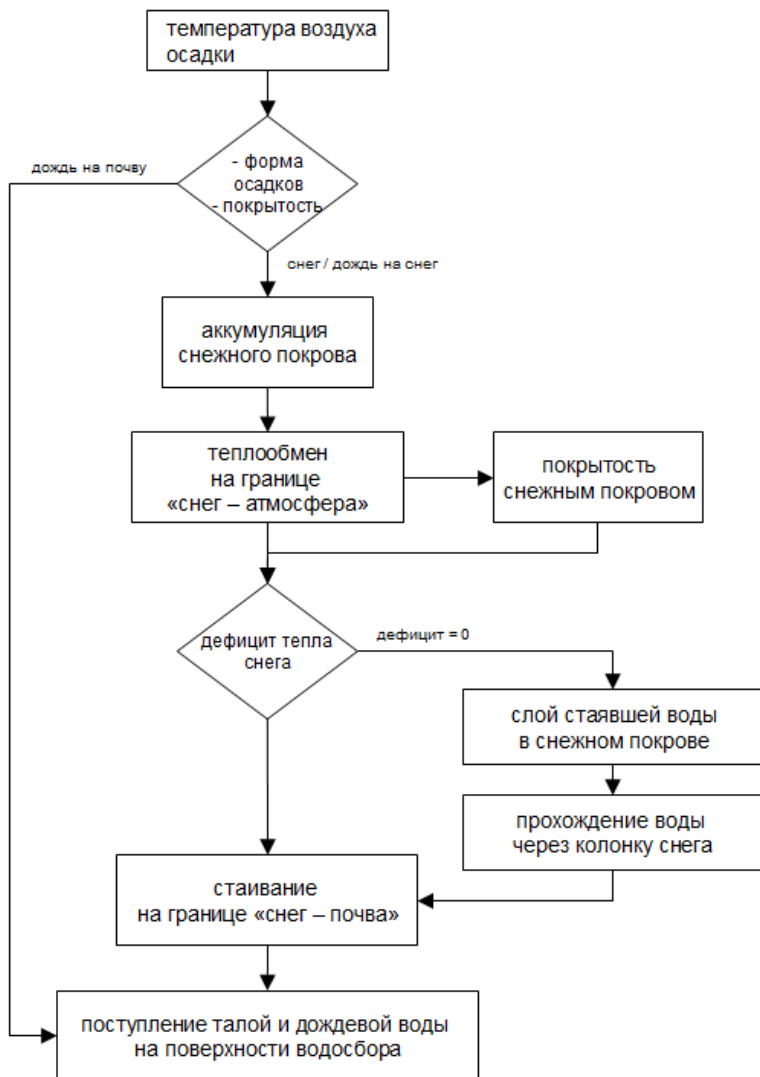


Рис. 1. Последовательность расчета динамики снежного покрова.

После этого производится расчет высоты снежного покрова с использованием значений слоя твердых осадков P_n и плотности снега: $H_n = 0,1 P_n / \rho_n$. Температура свежевывавшего снега T_n принимается равной 0°C или t_a в зависимости от того, какое значение меньше. Если значение T_n меньше 0°C , рассчитывается изменение дефицита тепла снежного покрова ΔD_p , связанного с выпадением твердых осадков:

$$\Delta D_p = -T_n \cdot P_n / L_f c_i,$$

где L_f – скрытая теплота плавления; c_i – удельная теплоемкость льда. Значение ΔD_p показывает количество тепла, которое необходимо сообщить снежному покрову для того, чтобы привести его температуру к 0°C .

Расчет слоя стаявшего снега рассчитывается в двух случаях – при ясной погоде и при выпадении осадков на снежный покров. В случае выпадения дождя на снежный покров решается уравнение теплового баланса в следующей форме:

$$\Delta Q = Q_n + Q_h + Q_e + Q_m + Q_g,$$

где ΔQ – изменение теплосодержания снежного покрова; Q_n – радиационный баланс; Q_h – турбулентный поток тепла; Q_e – поток скрытого тепла (обусловленного испарением и конденсацией); Q_m – поток тепла, приносимый с жидкими осадками; Q_g – теплообмен с почвой. Для его решения в приближенном виде принимаются следующие допущения: коротковолновая радиация пренебрежимо мала (облачная погода), приходящее длинноволновое излучение принимается равным величине излучения «черного тела», высокая относительная влажность (около 90 %). Температура воздуха выступает в качестве индикатора радиационного баланса. При указанных допущениях расчет радиационного баланса в период выпадения осадков сводится к вычислению разницы между длинноволновой приходящей радиацией и величиной радиации,

излучаемой снегом. При расчете потока скрытого тепла используется параметр $UADJ$ (осредненная за расчетный интервал ветровая функция, мм/мб):

$$Q_e = \frac{L_s \rho_w}{10} UADJ \cdot (e_a - e_{sur}) \cdot \Delta t,$$

где L_s – скрытая теплота возгонки, кал/г; ρ_w – плотность воды, г/см³; e_a – упругость водяного пара, мб; e_{sur} – упругость водяного пара у поверхности снежного покрова (состояние насыщения при температуре поверхности снега), мб; Δt – интервал расчета, ч.

Турбулентный теплопоток Q_h выражается через соотношение со скрытым потоком тепла Q_h/Q_e и вычисляется по формуле:

$$Q_h = \frac{L_s \rho_w}{10} \cdot \gamma \cdot UADJ \cdot (t_a - t_{sur}) \cdot \Delta t,$$

где γ – психрометрическая константа; $(t_a - t_{sur})$ – градиент температуры воздуха и поверхности снежного покрова.

Для расчета потока тепла Q_m , связанного с изменением массы снега, рассматривается уравнение водного баланса снега:

$$P - O_s + \Delta t \cdot V + V_g = \Delta W,$$

где P – слой осадков, мм; O_s – сток талой воды из колонки снега, мм; V – перенос водяного пара между снегом и атмосферой, мм; V_g – перенос водяного пара между снегом и почвой, мм; ΔW – изменение водного эквивалента снежного покрова, мм. Сделав предположение о температуре стаявшей воды, равной 0 °С, а также о том, что перенос тепла с обменом водяного пара между снегом и атмосферой и грунтом пренебрежимо мал, связанный с изменением массы снежного покрова поток тепла Q_m связан только с выпадением осадков:

$$Q_m = \frac{c_r \cdot \rho_w \cdot P}{10} t_w,$$

где c_r – удельная теплоемкость осадков; t_w – температура смоченного термометра.

Принимая во внимание указанные соотношения для расчета членов уравнения теплового баланса, слой стаивания M (мм) определяется из соотношения

$$M = 10 \frac{\Delta Q}{L},$$

где L – скрытая теплота плавления (для тающего снега в естественных условиях равна 80 кал/г).

В случае солнечной погоды без осадков для расчета слоя ставшего снега используется зависимость, основанная на связи слоя стаивания a (коэффициента стаивания) с положительной температурой воздуха (или с температурой воздуха T^* , превышающей температуру таяния снежного покрова в данных условиях):

$$M = a \cdot T^* \cdot \tau.$$

Оценке коэффициента стаивания посвящено большое количество исследований [5, 6, 10], в данной схематизации расчет коэффициента производится в зависимости от времени года и соотношения его возможных максимального и минимального значений (параметры $MFMAX$ и $MFMIN$ соответственно).

Схематизация динамики снежного покрова в рамках модели SNOW-17 рассматривает снежный покров в виде одного слоя. В модели производится непрерывный расчет состояния насыщенности талой водой снежного покрова с помощью отслеживания содержания воды в жидкой фазе в снежном покрове, а также дефицита тепла снежного покрова для расчета итоговой отдачи снегом талой воды. Снежный покров считается насыщенным, если он больше не может удерживать дополнительную талую или дождевую воду.

Для каждого расчетного интервала времени модель определяет максимальную водоудерживающую способность снега (с помощью параметра $PLWHC$), содержание жидкой воды (стаявшей за данный интервал времени или поступившей с дождем), а также дефицит тепла снежного покрова [12, 13]. Избыток жидкой воды

в колонке снега E (мм), возникает в том случае, если количество жидкой воды (стаявшей и поступившей с дождем) на поверхности снега Q_w превосходит дефицит тепла снега D , а также его водоудерживающую способность:

$$E = Q_w + W_q - W_{qx} - D - (PLWHC \cdot D).$$

Здесь W_q – количество жидкой воды в снеге; W_{qx} – водоудерживающая емкость снежного покрова. В других случаях происходит смерзание возникшего слоя жидкой воды или его расходование на пополнение водоудерживающей емкости снежного покрова. Искомая характеристика для оперативной гидрологии – величина поступления воды на поверхность водосбора Q_{mr} (мм). Величина поступления жидкой воды на поверхность водосбора рассчитывается с учетом возможного временного задержания воды в колонке снега, основанного на эмпирической зависимости от отношения водного эквивалента снежного покрова к избытку воды в жидком виде W_i/E .

Заключительные расчеты модели относятся к вычислению плотности «старого» снежного покрова отдельно с учетом его уплотнения и метаморфизма [15] для определения средней плотности снежного покрова (с учетом плотности свежевыпавшего снега) и высоты снежного покрова.

Выходными значениями модели снежного покрова SNOW-17 являются суммарный водный эквивалент снежного покрова (включая жидкую и твердую составляющую), высота снежного покрова, а также поступление тало-дождевой воды на поверхность водосбора за расчетный шаг по времени. Именно последняя характеристика представляет наибольший интерес для оперативной гидрологии в качестве входной величины в модели формирования речного стока. Первые две характеристики (особенно первая – высота снега) предоставляют возможность проверки качества работы модели при использовании данных маршрутных снегосъемок или измерений высоты снежного покрова на сети метеорологических станций. Детальное описание модели представлено в [14, 15].

Программная реализация модели

Модель реализована на языке программирования *Fortran* в виде главной программы и набора подпрограмм, отвечающих за расчет каждого из основных блоков модели (см. рис. 1):

- подпрограмма расчета теплового баланса снежного покрова;
- подпрограмма расчета покрытости снежного покрова (доли водосбора, покрытой снегом);
- подпрограмма расчета слоя стаивания;
- подпрограмма расчета плотности снежного покрова;
- подпрограмма расчета прохождения слоя стаявшей воды через колонку снега.

Главная программа отвечает за инициализацию модели для текущего расчетного интервала по времени путем считывания значений переменных состояния модели (рассчитанных на предыдущем расчетном шаге), а также исходных метеорологических данных наблюдений за температурой воздуха и осадками.

Расчетный шаг моделирования выбирается исходя из конкретной задачи. Для учета внутрисуточного колебания температуры воздуха и, соответственно, теплового баланса снежного покрова рекомендуется задавать шаг, равный 6–12 ч, в некоторых случаях допустимо задать расчетный шаг по времени, равный 24 ч. Для расчета программе необходима следующая информация:

- оперативная гидрометеорологическая информация (температура воздуха, сумма осадков);
- параметры модели применительно к рассматриваемому речному водосбору (физико-географические характеристики речного водосбора, например широта местности);
- переменные состояния модели (переменные модельной системы, рассчитанные на предыдущем расчетном шаге по времени).

Модель имеет 12 параметров, большинство из которых имеет четкий физический смысл. В табл. 1 приводятся параметры модели SNOW-17. Значения параметров модели рассчитываются на основе физико-географической и ландшафтной информации о рассматриваемых водосборах (в случае расчета так называемых «априорных» параметров) или методами оптимизации.

Таблица 1

Описание параметров модели SNOW-17

Параметр	Описание параметра	Единица измерения
<i>SCF</i>	поправка на количество измеренных осадков, выпавших в виде снега	–
<i>MFMAX</i>	наибольший коэффициент стаивания	мм/(°С·6ч)
<i>MFMIN</i>	наименьший коэффициент стаивания	мм/(°С·6ч)
<i>UADJ</i>	среднее значение ветровой функции в период выпадения дождя	мм/мб
<i>SI</i>	средний водный эквивалент снега, выше которого водосбор полностью покрыт снегом	мм
<i>ADC</i>	ординаты кривой распределения водного эквивалента снега (WE/A_i)	–
<i>NMF</i>	наибольший отрицательный слой стаивания	мм/(°С·6ч)
<i>TIMP</i>	параметр для расчета дефицита тепла снежного покрова	–
<i>PXTEMP</i>	температура, выше которой осадки выпадают в виде дождя	°С
<i>MBASE</i>	температура таяния снега	°С
<i>PLWHC</i>	водоудерживающая емкость снега	%
<i>DAYGM</i>	слой стаивания на границе «снег – почва» за сутки	мм

Помимо параметров, в качестве входной информации для расчета на каждом временном шаге требуется задание переменных состояния модели. К переменным состоянию относятся характеристики снежного покрова, которые определяют состояние моделируемой системы (в данном случае – снежного покрова) на начало расчетного интервала времени, например водный эквивалент снежного покрова, плотность снега, объем водоудерживающей емкости, дефицит тепла снега и другие переменные (табл. 2).

Таблица 2

Описание переменных состояния модели SNOW-17

Переменная состояния	Описание переменной состояния	Единица измерения
<i>we</i>	запас воды в твердой фазе снежного покрова	мм
<i>neghs</i>	дефицит тепла снежного покрова, выраженный в единицах слоя талой воды	мм
<i>tindex</i>	индекс предшествующей температуры	°С
<i>liqw</i>	количество воды, удерживаемое снежным покровом	мм
<i>accmax</i>	максимальный запас воды, наблюдаемый с начала накопления снежного покрова	мм
<i>sb</i>	запас воды в снежном покрове на момент выпадения осадков	мм
<i>sbaesc</i>	покрытость водосбора снежным покровом на момент выпадения осадков	доли единицы
<i>sbws</i>	запас воды в снежном покрове, выше которого может наблюдаться 100 % покрытость снежным покровом	мм
<i>storge</i>	количество воды, удерживаемой снежным покровом	мм
<i>aeadj</i>	покрытость водосбора снежным покровом	доли единицы
<i>exlag (7)</i>	количество воды, удержанной снежным покровом, за последние 7 расчетных шагов (массив)	мм
<i>sndpt</i>	глубина снежного покрова	см
<i>sntmp</i>	средняя температура снежного покрова	°С
<i>dta</i>	изменение температуры воздуха	°С

Моделирование снежного покрова

При выборе водосбора для решения поставленной цели руководствовались двумя критериями: во-первых, выбрать водосбор с различными физико-географическими и ландшафтными условиями, во-вторых, подобрать места с наибольшим количеством исходных данных для проверки качества моделирования. В качестве тестового был выбран водосбор р. Протва у с. Спас-Загорье. Протва является левым притоком р. Оки с площадью водосбора около 4620 км². Она протекает по территории Московской и Калужской областей. Площадь водосбора р. Протвы у с. Спас-Загорье составляет 3640 км², длина реки – 204 км. Залесенность водосбора составляет около 49 %. В рассматриваемый период (с 1956 по 1985 г.) снегомерные маршруты проводились на полевой и лесной части водосбора в холодную половину года раз в пятидневку. Температура воздуха и осадки за период с 1956 по 1985 г. для данного водосбора были рассчитаны по данным измерений на метеорологических станциях в гг. Можайск и Малоярославец (рис. 2). Расчетный шаг моделирования составил 24 часа.

В качестве проверочных характеристик использовались величины водного эквивалента снежного покрова (ВЭС, мм), а также глубины снежного покрова (см).

Исходные метеорологические данные за период с 1956 по 1985 г. по температуре воздуха и осадкам были подготовлены для ввода в модель SNOW-17. Было выполнено два расчета – для полевой и для лесной частей расчетного водосбора. Отдельно для полевой и отдельно для лесной части водосбора были рассчитаны значения констант и параметров модели применительно к выбранному расчетному водосбору.

Были использованы рекомендуемые значения параметров (априорные параметры) для данной природной зоны [12, 13]. Основное отличие параметров для лесной и полевой частей водосбора касаются значений максимально возможного коэффициента стаивания (параметр *MFMAX*), а также величины среднего водного эквивалента снега, выше которого водосбор полностью покрыт снегом (параметр *SI*). Значения используемых параметров представлены в табл. 3.

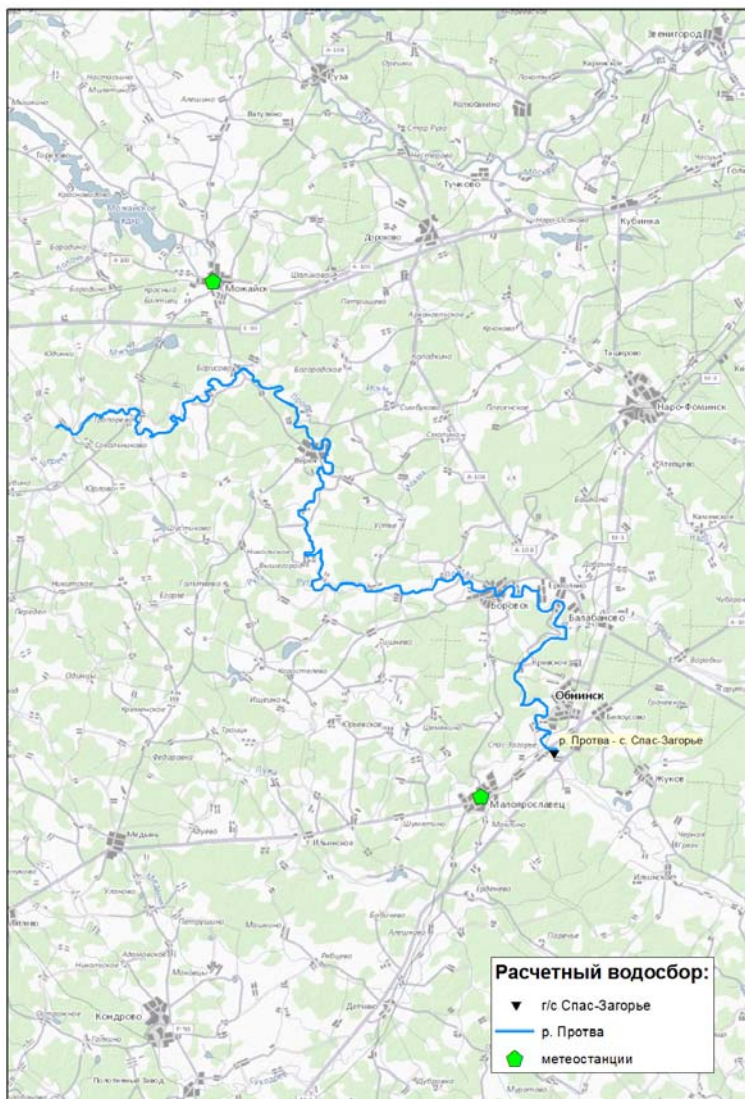


Рис. 2. Расчетный водосбор р. Протва – с. Спас-Загорье (зеленый цвет – лесная часть водосбора, белый цвет – полевая часть водосбора).

Таблица 3

Значения параметров модели SNOW-17 для расчета динамики снежного покрова на водосборе р. Протва – с. Спас-Загорье

Параметр	Поле	Лес
<i>SCF</i>	0,90	0,90
<i>MFMAX</i>	2,50	1,50
<i>MFMIN</i>	2,00	0,50
<i>UADJ</i>	5,00	500
<i>SI</i>	50	500
<i>ADC</i>	0,00	0,00
<i>NMF</i>	2,50	1,50
<i>TIMP</i>	1,00	1,00
<i>PXTEMP</i>	0,25	0,25
<i>MBASE</i>	1,20	1,20
<i>PLWHC</i>	0,15	0,15
<i>DAYGM</i>	0,10	0,10

В результате модельных расчетов были получены многолетние ряды рассчитанных значений ВЭС, высоты и ряда других характеристик снежного покрова отдельно для лесной и полевой частей водосбора р. Протвы. Для оценки качества расчетов характеристик снежного покрова были использованы многолетние данные измерений ВЭС и высоты снежного покрова с 1956 по 1985 г. За критерии качества приняты две величины – среднее квадратическое отклонение (СКО) и квадрат коэффициента корреляции расчетной и измеренной величины R^2 , отражающий тесноту связи между исследуемыми величинами.

На рис. 3, 4 представлены измеренные и рассчитанные величины ВЭС для полевой и лесной частей водосбора соответственно. Значения СКО за весь расчетный период (1956–1985 гг.) для полевой составляющей водосбора составили 14 мм, для лесной – 15 мм.

На рис. 5, 6 представлена связь между рассчитанными и измеренными значениями ВЭС. Величина R^2 для полевой части составила 0,87, для лесной – 0,73.

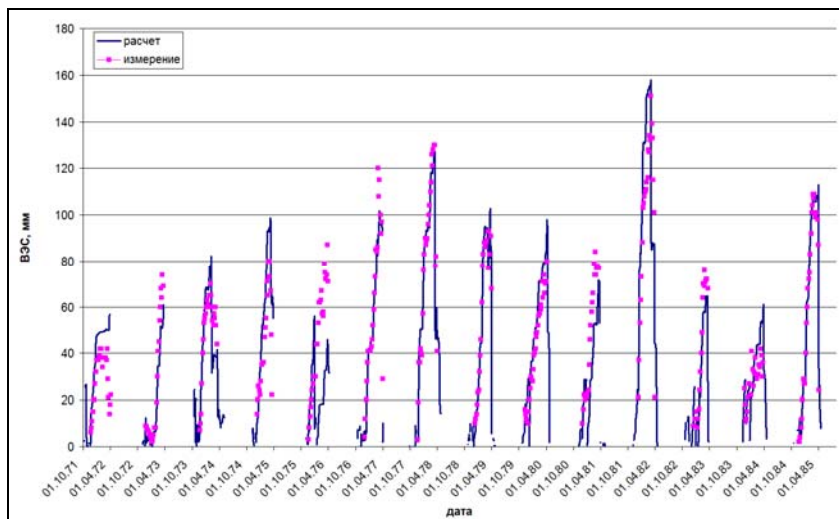


Рис. 3. Модельный расчет ВЭС для полевой части водосбора р. Протва – с. Спас-Загорье.

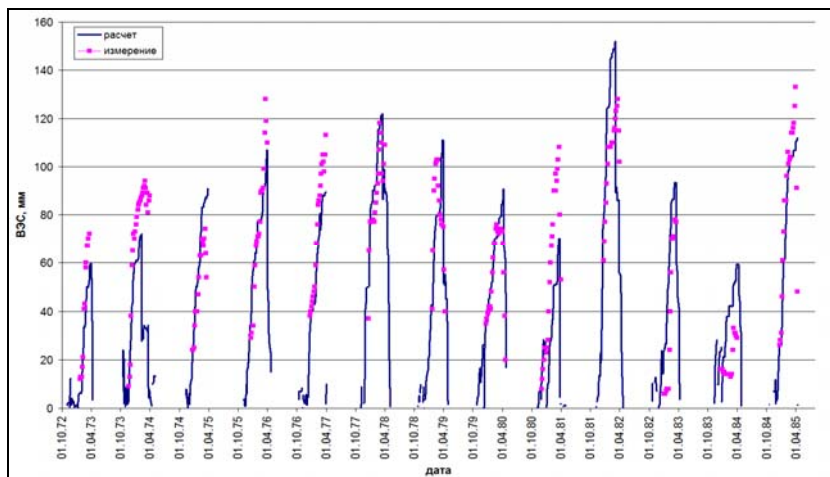


Рис. 4. Модельный расчет ВЭС для лесной части водосбора р. Протва – с. Спас-Загорье.

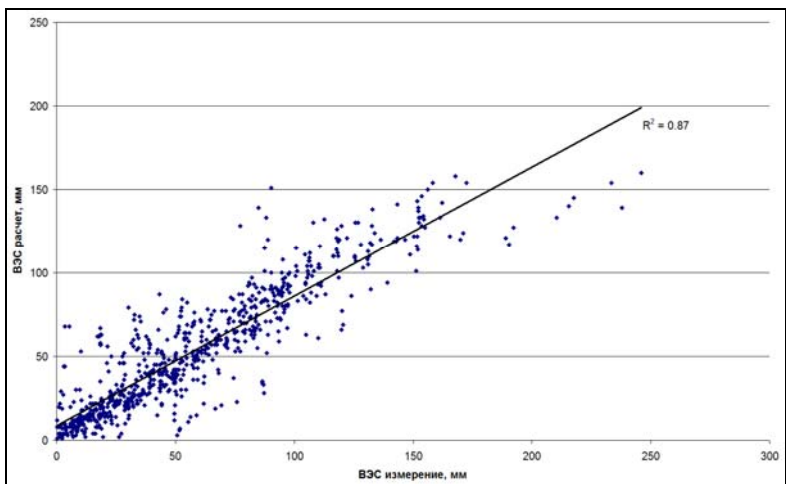


Рис. 5. Модельные и измеренные величины ВЭС для полевой части водосбора р. Протва – с. Спас-Загорье.

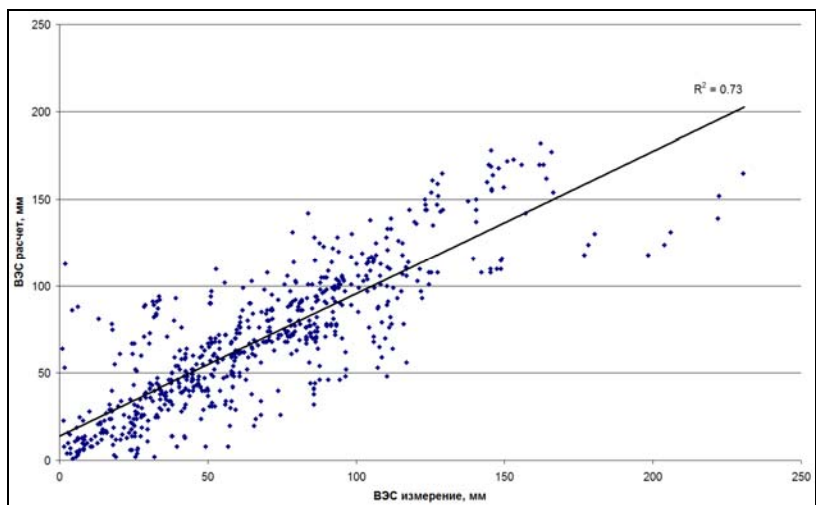


Рис. 6. Модельные и измеренные величины ВЭС для лесной части водосбора р. Протва – с. Спас-Загорье.

Значения СКО расчета высоты снежного покрова для выбранного периода составили для поля и леса одинаковую величину 6 см. Теснота связи между измеренными и рассчитанными значениями превысила значение 0,8: для поля R^2 принял значение 0,88, для леса – 0,81.

Заключение

В проведенном исследовании показана перспективность использования модели динамики снежного покрова SNOW-17 применительно к оперативной гидрологии, в частности в схемах расчета речного стока в задачах гидрологического прогнозирования. В качестве входных метеорологических данных модель использует только температуру воздуха и осадки, что делает ее легко применимой для использования на водосборах с недостаточным уровнем обеспеченности гидрометеорологической информацией. При использовании априорных (рекомендуемых для данного региона) параметров модель показала хорошие результаты расчета основных характеристик снежного покрова. В дальнейшем планируется разработать алгоритмы расчета параметров модели с помощью зависимостей параметров от физико-географических и ландшафтных характеристик речных водосборов, а также с помощью методов оптимизации, что позволит повысить качество моделирования характеристик снежного покрова и начать использовать модель в качестве блока в схематизации расчета речного стока в прогностических задачах.

Список использованных источников

1. Бельчиков В.А., Корень В.И., Нечаева Н.С. Автоматизированные краткосрочные прогнозы расходов и уровней воды для речной системы Северной Двины // Труды Гидрометцентра России. – 1992. – Вып. 324. – С. 3–15.
2. Борщ С. В., Симонов Ю. А. Оперативная система краткосрочных гидрологических прогнозов расхода воды на реках бассейна Кубани // Труды Гидрометцентра России. – 2013. – Вып. 349. – С. 63–87.
3. Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Математическое моделирование в гидрологии. – М.: Академия, 2010. – 304 с.

4. *Денисов Ю.М.* Схема расчета гидрографа стока горных рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 104 с.
5. *Комаров В.Д., Макарова Т.Т., Синегуб Е.С.* Расчет гидрографа половодья небольших равнинных рек на основе данных об интенсивности снеготаяния // Труды Гидрометцентра СССР. – 1969. – Вып. 37. – С. 3–30.
6. *Корень В.И.* Математические модели в прогнозах речного стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 199 с.
7. *Кузьмин П.П.* Процесс таяния снежного покрова. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 345 с.
8. *Кучмент Л.С., Гельфан А.Н.* Ансамблевые долгосрочные прогнозы весеннего половодья с помощью физико-математических моделей формирования стока // Метеорология и гидрология. – 2007. – № 2. – С. 76–88.
9. *Мухин В.М.* Модели формирования стока горной реки // Труды Гидрометцентра СССР. – 1977. – Вып. 186. – С. 63–70.
10. *Полунин А.Я.* О моделировании процесса поступления воды на водосбор для краткосрочных прогнозов стока // Труды Гидрометцентра СССР. – 1988. – Вып. 295. – С. 69–79.
11. *Попов Е.Г.* Вопросы теории и практики прогнозов речного стока. – М.: Гидрометеиздат, 1963. – 295 с.
12. *Anderson E.A.* A point energy and mass balance model of a snow cover // NOAA Technical Report NWS 19. – 1976. – 50 p.
13. *Anderson E.A.* Snow accumulation and ablation model – SNOW-17 // NOAA Technical Report. – 2006. – 61 p.
14. Guide to Hydrological Practices. Volume II. Management of Water Resources and Application of Hydrological Practices // WMO-No. 168: sixth edition. – 2009. – 302 p.
15. *Koren V., Schaake J., Mitchell K., Duan Q.Y., Chen F., Baker J.M.* A parameterization of snowpack and frozen ground intended for NCEP weather and climate models // J. Geophys. Res. – 1999. – Vol. 104 (D16). – P. 19-569–19-585.
16. Manual on Flood Forecasting and Warning // WMO-No. 1072. – 2011. – 142 p.

Поступила в редакцию 31.05.2016 г.