

УДК 556.552

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛОВОДЬЯ МАЛОЙ ГОРНОЙ РЕКИ (ПО ИССЛЕДОВАНИЯМ В БАССЕЙНЕ РЕКИ МАЙМА)

В.П. Галахов

Институт водных и экологических проблем, г. Барнаул, E-mail: galahov@iwep.ru

На примере малого горного водосбора реки Майма рассмотрены условия формирования половодья. Показано, что подавляющая часть объема воды формируется за счет таяния снега. Наблюдается тесная связь объема половодья и коэффициента снежности.

Ключевые слова: река Майма, половодье, объем стока.

Бассейн реки Майма расположен в низкогорной северной части Республики Алтай на границе с Алтайским краем. Площадь бассейна реки 780 км², средняя высота водосбора – 670 м, средний уклон водосбора – 190 ‰. Лесистость бассейна составляет 45 %. Водомерный пост Майма-Майма расположен в селе Майма в 2 км от впадения реки в Катунь. Наблюдения на водомерном посту начаты в 1939 г. [1].

Гидрологический режим характеризуется низкой зимней меженью, значительным весенним половодьем, довольно частыми и в некоторых случаях сопоставимыми с половодьем дождевыми паводками. Алгоритм расчета составляющих водного баланса за гидрологический год заимствован нами из предыдущей работы: расчета составляющих

водного баланса бассейна реки Локтевка [2].

Поверхностный сток холодного периода. Поверхностный сток холодного периода (с ноября по март, включительно) рассчитывался по кривой истощения. Для этого в качестве начальной точки использовалась величина слоя стока в октябре предыдущего года (в мм). Кривая истощения была построена на основе непосредственных наблюдений. Использовались: 1964, 1969 и 1988 гг. Для сравнения реального и расчетного слоев стока за холодный период приведем расчеты за 1967-1968 балансовый год (табл. 1). Значительное отличие данных в марте связано с таянием снега и поступлением талой воды в русловую сеть.

Таблица 1

Измеренный и рассчитанный слой стока в холодный период
1967-1968 балансового года, мм

	У измер.	У расч.
Ноябрь	6,812	8,456
Декабрь	5,906	5,463
Январь	4,945	3,817
Февраль	3,381	2,817
Март	9,271	2,164

Поверхностный сток периода половодья. Для расчета максимальных снегозапасов (конец марта) мы использовали алгоритм опробованный в бассейне реки Локтевка. Ранее были определены зависимости средних максимальных снегозапасов для низких гор в случае наветренных и подветренных склонов. В качестве аргумента использовалось расстояние до орографических барьеров, за которые приняты водораздельные хребты и хребты внутри бассейна сопоставимые по высоте с водораздельными хребтами. Поскольку бассейн Маймы ориентирован навстречу влагонесущим потокам (северо-западная экспозиция), очевидно, что для данного бассейна необходимо использовать кривую полученную для наветренных склонов (рис. 1).

Зависимость максимальных снегозапасов от приближения к орографическому барьеру для наветренных склонов низкогорья можно аппроксимировать уравнением:

$$Y = 0,0233X^2 - 5,2554X + 426,77$$

При переходе от средней многолетней суммы осадков к ежегодной необходимо среднюю многолетнюю величину умножить на коэффициент снежности, определяемый по ГМС Кызыл-Озек. Для расчета максимальных снегозапасов необходимо учесть испарение со снега, которое в значительной степени зависит от уклонов и экспозиции склонов. Если принять горизонтальные площадки и северные склоны за единицу, то на западных и восточных склонах испарение будет увеличено на 25 %, на южных – на 50 %. Расчет испарения проводился по графикам Кузина.

Для оценки талого стока, формирующегося в апреле и начале мая, необходим учет жидких осадков. Поскольку в бассейне Маймы экспериментальных наблюдений за распределением осадков не проводилось, то в качестве бассейна-аналога для определения градиентов жидких осадков использовались материалы наблюдений А.М. Комлева и

Ю.В. Титовой в верховьях реки Семы [4]. Географические характеристики бассейнов схожи: рельеф (низкогорье и среднегорье), преимущественно северная ориентация бассейнов и географическая близость.

Материалы исследований распределения осадков по долине реки Семы [4, рис. 17] показывают, что от устья реки (с. Камлак, Н=400 м) до подножья Семинского хребта (с. Топучая, Н=1100 м) величину месячных осадков можно принять постоянной. И лишь при подъеме по склону Семинского хребта (от с. Топучая до пос. Семинского (Н=1650 м) наблюдается увеличение месячных осадков. Скорее всего, такое распределение осадков связано со значительным увеличением уклонов от с. Топучая до пос. Семинского. Собственно долина реки Семы имеет уклоны не более 5 град.

Следует отметить, что уклоны более 5 град. в бассейне р. Маймы наблюдаются лишь в пригребневых, водораздельных точках. Поэтому по географической аналогии примем поле распределения жидких месячных осадков безградиентным, т.е. количество осадков в любой точке бассейна будет равно количеству осадков на ГМС Кызыл-Озек.

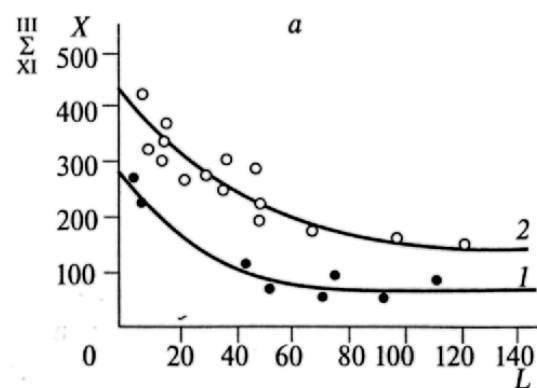


Рис. 1. Зависимость средней многолетней суммы осадков в холодный период от орографического коэффициента L при высоте орографических барьеров до 700-1000 м [3]:

1 – подветренные склоны, 2 – наветренные склоны

При расчете реального испарения в точках бассейна его величина сравнивалась с месячной суммой осадков. Если испаряемость превышала сумму осадков, то испарение приравнялось величине осадков. Если испаряемость была меньше суммы осадков, то испарение приравнялось испаряемости.

Для расчета поверхностного стока в апреле был построен график связи между влагопоступлением в апреле (максимальные снегозапасы плюс разница осадки минус испарение в апреле) и поверхностным стоком (рис. 2). Поскольку в большинстве лет в конце марта начинается поступление талых вод в реку, то разница между стоком марта и февраля прибавлась к стоку апреля. Считать поступление жидкой влаги в марте в результате снеготаяния мы не находим

нужным, т.к. это не очень значительная величина. А ее расчет лишь усложнит модель, которая нам необходима для оценки использования коэффициента снежности.

После влагозарядки бассейна в период снеготаяния, очевидно, часть воды будет стекать в виде грунтового стока в мае. Эта величина учитывалась по кривой истощения: сток апреля – начальная точка, сток мая – последующая (через месяц).

Непосредственно сток в мае рассчитывался на основе коэффициентов стока, полученных для апреля (рис. 3). Считалось, что в апреле бассейн получил достаточную влагозарядку, и выпадающие в мае осадки имеют тот же коэффициент стока, что и в апреле.

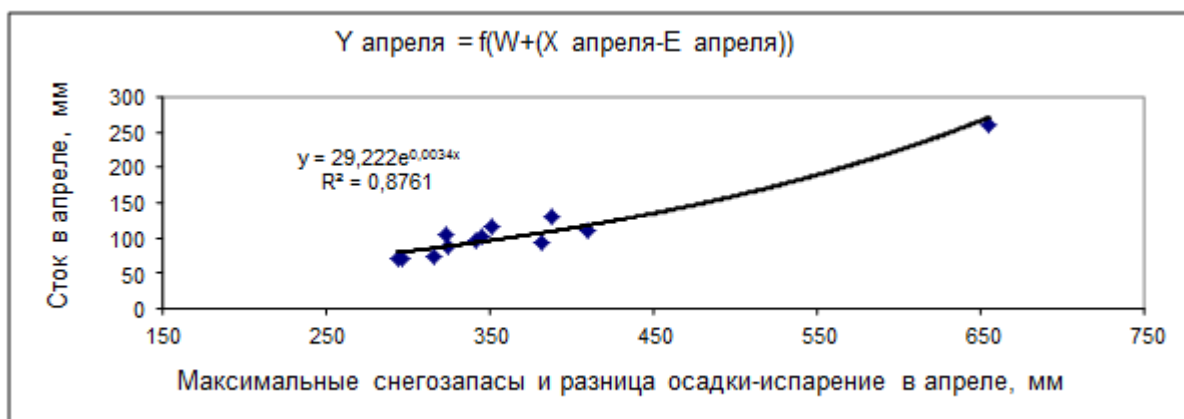


Рис. 2. Зависимость поверхностного стока от влагопоступления в апреле

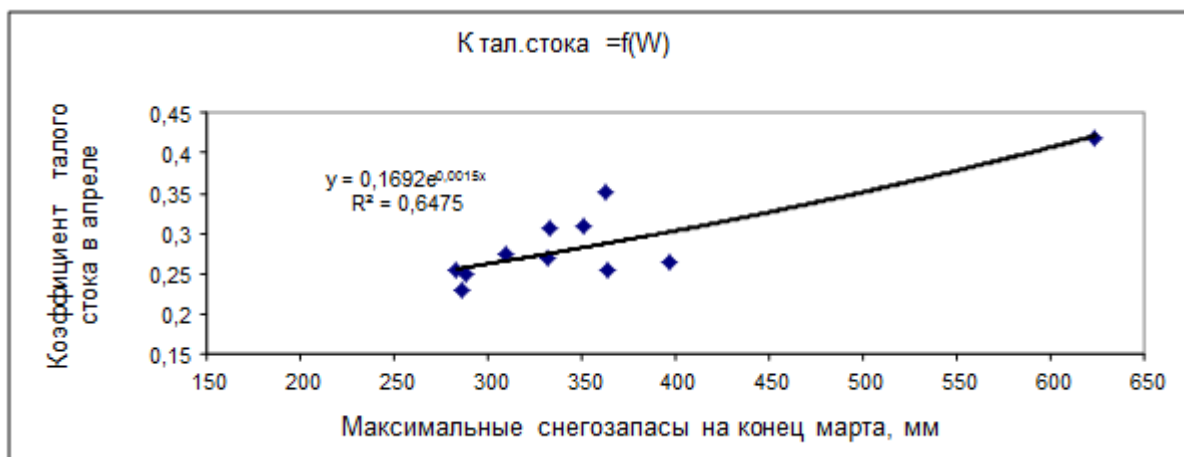


Рис. 3. Зависимость коэффициента талого стока от максимальных снегозапасов

Поверхностный сток летне-осеннего периода. Для оценки поверхностного стока в летне-осенний период также была сделана попытка увязать разницу «осадки-испарение» каждого конкретного месяца с величиной стока. Для оценки этой зависимости использовались годы с небольшой разницей «осадки-испарение» (рис. 4).

Результаты моделирования. Для разработки имитационной модели расчета составляющих водного баланса в бассейне реки Маймы использовался период с 1967-1968 по 1979-1980 балансовые годы. Для проверки работоспособности модели использовался независимый материал: период с 2005-2006 по 2011-2012 балансовые годы. Материалы, использованные для разработки модели, показывают хорошую сходимость

измеренного и расчетного слоя стока за период половодья (табл. 2).

Как видно из таблицы наиболее значительные ошибки наблюдаются в 1968-1969 и 1969-70 балансовых годах. В многоводном 1968-1969 и среднем по водности 1969-1970 балансовых годах кроме снега в формировании половодья участвовали значительные осадки в мае. Поскольку прогноз половодья выпускается в конце марта – начале апреля для оценки коэффициента снежности использовались, соответственно, суммы твердых осадков. В 1968-1969 балансовом году коэффициент снежности, скорее всего, завышен. Это подтверждает анализ связи суммы твердых осадков по ГМС Турочак и коэффициента снежности по ГМС Кызыл-Озек (рис. 5).

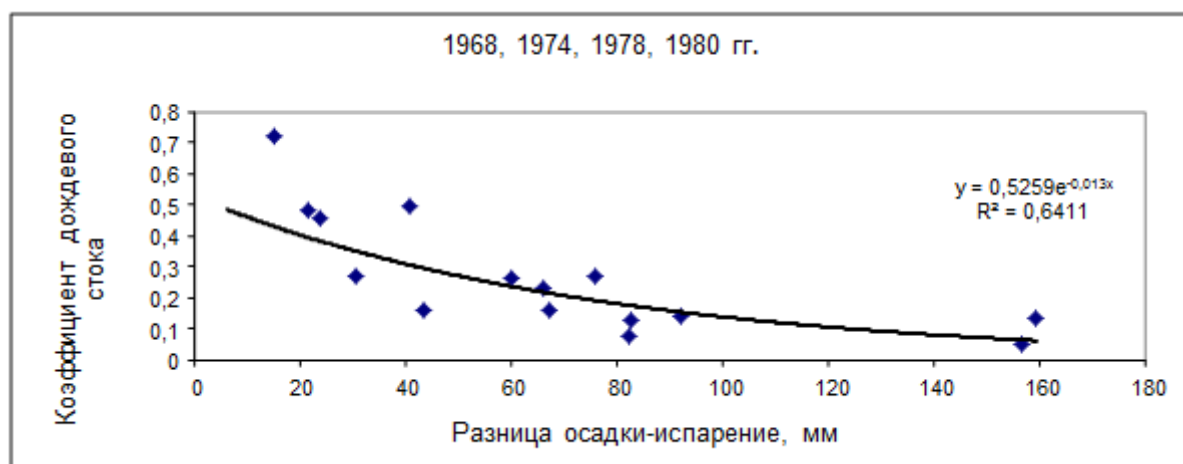


Рис. 4. Зависимость коэффициента дождевого стока в летне-осенний период

Таблица 2

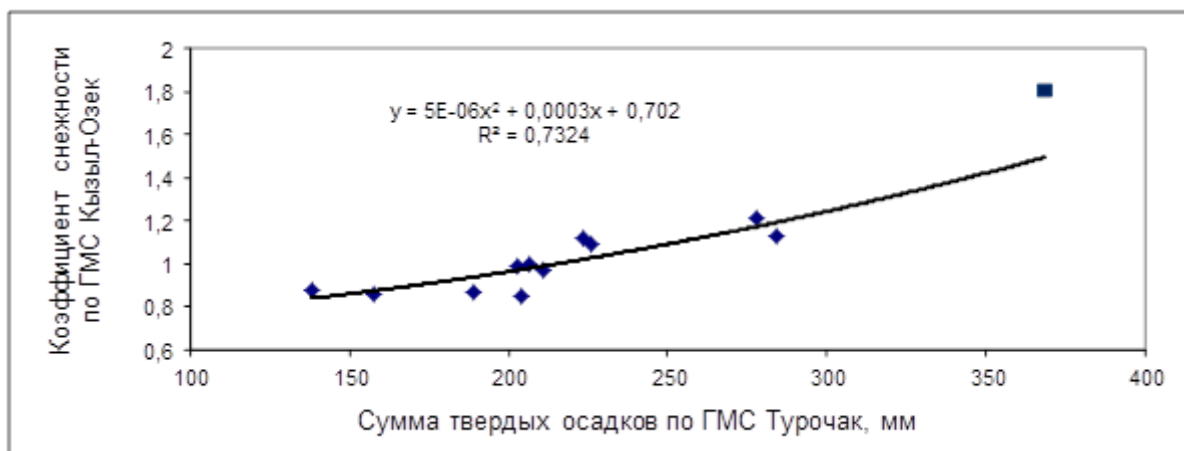
Измеренные и рассчитанные слои стока за период половодья (апрель-май)

Балансовый год*	Сток, мм		Коэффициент снежности	Ошибка, %
	измеренный	рассчитанный		
1967-1968	124,3	110,4	0,88	11,2
1968-1969	261,1	336,1	1,81	28,7
1969-1970	181,0	138,6	0,85	23,4
1970-1971	155,2	137,5	0,99	11,4
1971-1972	130,0	133,1	0,97	2,4
1972-1973	213,8	179,1	1,21	16,2
1973-1974	146,4	131,4	1,09	8,2
1975-1976	118,1	114,4	0,87	3,1
1976-1977	163,4	131,3	1,00	19,6
1977-1978	176,3	148,6	1,12	15,7
1978-1979	165,5	150,9	1,13	8,8
1979-1980	109,5	114,1	0,86	4,2

Примечание: * – за 1974-1975 балансовый год зимние осадки не измерялись.

В 1969-1970 балансовом году апрельские осадки (не входящие в определение коэффициента снежности) значительно увеличили слой стока за половодье.

Материалы независимой проверки показали следующее (табл. 3). Наиболее значительная ошибка наблюдается в 2005-2006 балансовом году (рис. 6).



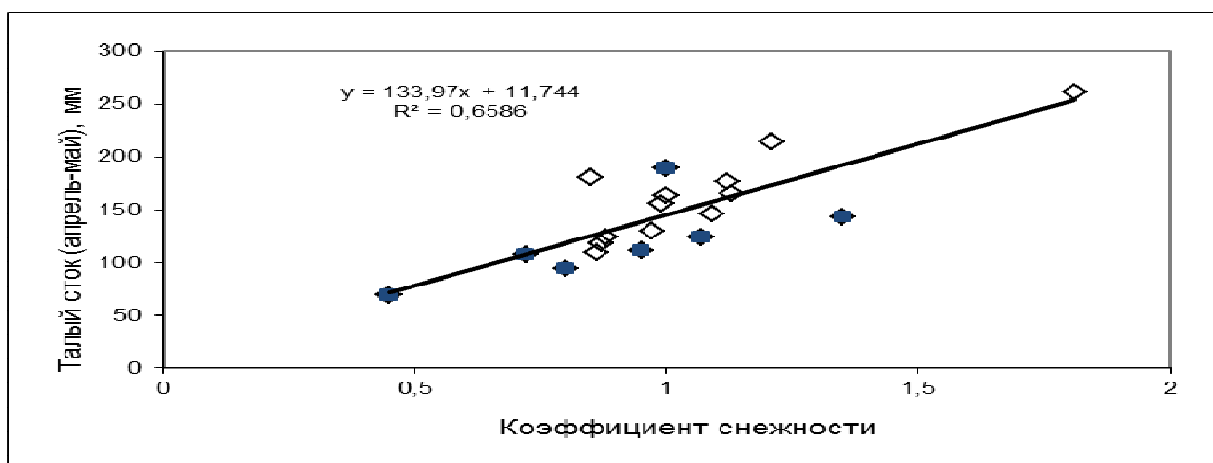
■ – 1968-1969 балансовый год

Рис. 5. Зависимость коэффициента снежности по ГМС Кызыл-Озек от суммы твердых осадков по ГМС Турочак (1968-1980 гг.)

Таблица 3

Измеренные и рассчитанные слои стока за период половодья (апрель-май)

Балансовый год	Сток, мм		Коэффициент снежности	Ошибка, %
	измеренный	рассчитанный		
2005-2006	189,5	252,0	1,42	33,0
2005-2006	189,5	170,7	1,00	9,9
2006-2007	94,6	106,6	0,80	12,7
2007-2008	107,5	88,34	0,72	17,8
2008-2009	124,1	127,7	1,07	2,9
2009-2010	143,5	173,7	1,35	21,0
2010-2011	111,8	101,8	0,95	8,9
2011-2012	69,1	69,7	0,45	0,9



◇ – период с 1967-1968 по 1979-1980 гг. ■ – период с 2005-2006 по 2011-2012 гг.

Рис. 6. Зависимость слоя стока за половодье (апрель-май) от коэффициента снежности на ГМС Кызыл-Озек: за 1967-1968 по 1979-1980 и за 2005-2006 по 2011-2012 балансовые годы

Если оценить коэффициент снежности также по ГМС Турочак он должен быть 1,15. Если оценить его по ГМС Шебалино, то он равен единице. Объем талого стока (апрель-май) довольно хорошо увязан с коэффициентом снежности.

Таким образом, подводя итог можно отметить следующее.

1. На ошибку расчета составляющих стока в весенний период (апрель-май) значительно влияют осадки апреля. При их небольшой величине

(до 50 мм) ошибки расчета не превышают 20 %.

2. На ошибку расчета составляющих стока в весенний период (апрель-май) значительно влияет достоверное определение коэффициента снежности. Расчет коэффициента снежности по одной ГМС увеличивает вероятность его неверного определения. Поэтому при расчетах необходима его проверка по нескольким метеостанциям.

3. Коэффициент снежности позволяет прогнозировать весенний сток с большой степенью достоверности.

Список литературы

1. Ресурсы поверхностных вод. Основные гидрологические характеристики (за 1963-70 гг. и весь период наблюдений). Том 15. Вып. 1. Верхняя и Средняя Обь. – Л., 1975. – 544 с.
2. Галахов В.П., Белова О.В. Формирование поверхностного стока в условиях изменяющегося климата (по исследованиям в бассейне Верхней Оби). – Барнаул, 2009. – 93 с.
3. Галахов В.П. Условия формирования и расчет максимальных снегозапасов в горах. – Новосибирск, 2003. – 104 с.
4. Комлев А.М., Титова Ю.В. Формирование стока в бассейне р. Катунь. – Новосибирск, 1966. – 156 с.

CONDITIONS FOR FORMATION OF FLOOD ON SMALL MOUNTAIN RIVER (THE MAIMA RIVER BASIN AS A CASE STUDY)

V.P. Galakhov

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, E-mail: galahov@iwep.ru

The conditions for the formation of floods are considered by the example of small mountain catchment of Maima river. It is shown that the largest part of water volume is formed due to snow melting. A close relationship of flood volume and snowfall ratio is observed.

Keywords: Maima river, flood, runoff volume.