

Раздел 3

ГИДРОЛОГИЯ. КЛИМАТ

Section 3

HYDROLOGY. CLIMATE

УДК 556.552

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА СТОК ПОЛОВОДЬЯ ГОРНОЙ РЕКИ (НА ПРИМЕРЕ БАСЕЙНА РЕКИ АНУЙ)

В.П.Галахов^{1,2}, С.Ю.Самойлова¹, Е.В. Мардасова²

¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, E-mail:
galahov@iwer.ru

²Алтайский государственный университет, Барнаул

Выполнена оценка суммы осадков и проанализированы условия формирования снежного покрова и промерзания грунта в бассейне р. Ануй для зимних периодов с 1967 по 2006 гг. Получена статистически значимая связь полученных сумм зимних осадков с величиной талого стока в створе р. Ануй – свх. Ануйский. На основе сравнительного анализа весеннего половодья бассейна р. Ануй и соседнего бассейна р. Чарыш показано влияние крупных геоморфологических единиц на слой талого стока. Для р. Чарыш, имеющей значительную долю предгорной равнины в общей площади бассейна, осеннее промерзание является одним из лимитирующих факторов формирования стока половодья. Для р. Ануй, бассейн которой до створа свх. Ануйский представляет собой низкогогорья и среднегорья, влияния осеннего промерзания на сток половодья не обнаружено.

Ключевые слова: зимние осадки, снежный покров, Чарыш, Ануй, осеннее промерзание, половодье, талый сток.

DOI: 10.24411/2410-1192-2020-15603

Дата поступления 15.01.2020

В последние десятилетия на реках бассейна Верхней Оби наблюдается увеличение повторяемости опасных гидрологических явлений, связанных с затоплениями территорий населенных пунктов в период весеннего половодья и дождевых паводков [1]. Главной задачей при прогнозировании талого стока является оценка снегозапасов в водосборном бассейне, т.к. до 70 % стока половодья формируется талыми водами [2]. Традиционно в гидрологических исследованиях величину зимних осадков (снегозапасы) в горных бассейнах увязывают с абсолютной высотой пунктов наблюдений [2-5]. К сожалению, в

горах Алтая водоразделы и склоны горных хребтов, где формируются максимальные снегозапасы, не охвачены сетью инструментальных наблюдений, а их распределение зачастую подчиняется другим закономерностям [6-7].

Ранее разработана методика, позволяющая оценить сумму зимних осадков в горных бассейнах, расположенных в условиях недостатка гидрометеорологической информации [7]. Методика успешно использована в гидрологических расчетах и среднесрочных прогнозах стока половодья, в частности, для р. Чарыш [8-10]. Исследование половодья на р. Чарыш [9-10] показало, что

важную роль в процессе формирования максимальных уровней играет начальный период снегонакопления. Если снежный покров, формирующийся до начала значительных морозов составляет более 20-25 см толщины и значительного промерзания грунтов не наблюдается, то в весенний период в замыкающем створе свх. Чарышский наблюдаются максимальные уровни на 1 метр ниже по сравнению с годами, когда метеорологические условия способствуют промерзанию. Очевидно, условия формирования снежного покрова и промерзание грунтов в бассейне р. Чарыш оказывают значительное влияние на интенсивность поступления талых вод в речную сеть, что в целом для горных рек не характерно [2]. Предположительно, связано с тем, что значительная (до 40 %) часть бассейна Чарыша до створа свх. Чарышский представляет собой предгорную равнину. Поскольку сток рек низкогорья (Чарыш, Ануй, Песчаная, Алей) частично формирует заполнение поймы Оби от Фоминского до Барнаула, необходимо на примере другой реки (другое соотноше-

ние крупных морфологических единиц: предгорной равнины и гор) проверить влияние промерзания на сток половодья. Цель данной работы – оценить влияние условий формирования снежного покрова на сток половодья р. Ануй в створе свх. Ануйский.

Объект исследования

Бассейн р. Ануй расположен на северном макросклоне Алтайской горной области, ограничен с запада Башчелакским и с востока Ануйским хребтами. Длина реки составляет 327 км, общая площадь бассейна – 6930 км², площадь водосбора до створа совхоз Ануйский – 4870 км². В отличие от бассейна р. Чарыш, водосбор р. Ануй до створа свх. Ануйский целиком представляет собой низкогорья и среднегорья (рис. 1-2). Предгорная равнина, площадью около 2 тыс. км², находится ниже по течению. Средняя высота водосбора 790 м, на водоразделе абсолютные высоты достигают 2300 м и более. Средний многолетний расход воды составляет 31,1 м³/с.

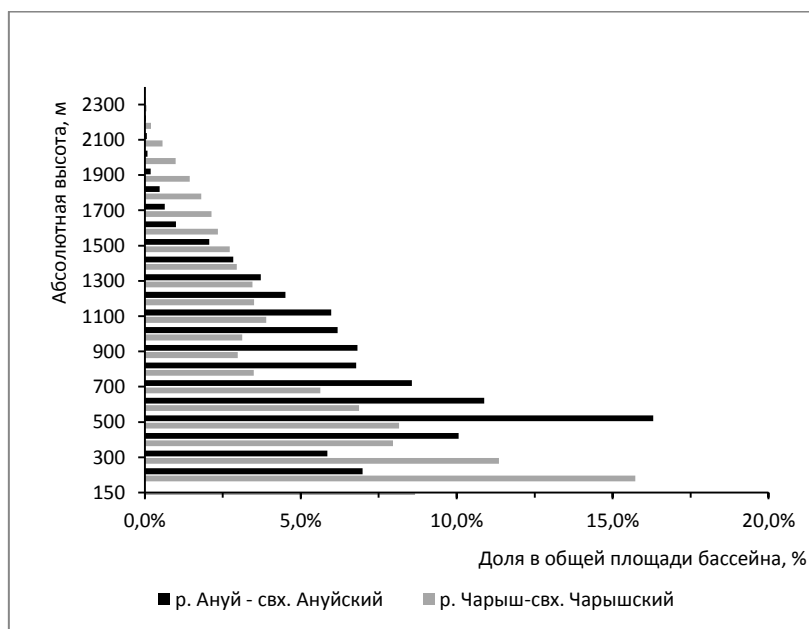


Рис. 1. Распределение площади бассейнов рек Чарыш и Ануй по высотным зонам

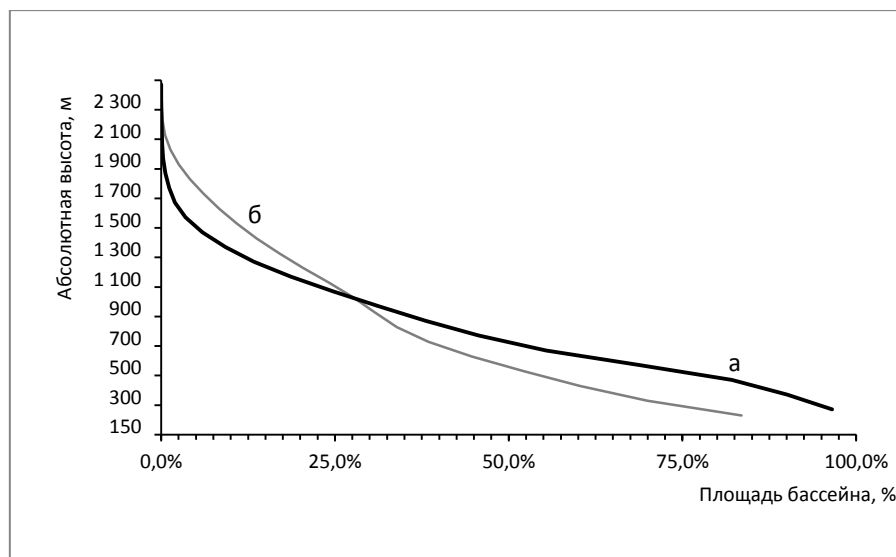


Рис. 2. Гипсографическая кривая бассейнов р. Ануй до створа свх. Ануйский (а) и р. Чарыш до створа свх. Чарышский (б)

Половодье многопиковое, длится с конца марта до конца июня, максимума достигает в третьей декаде апреля. Максимальный расход – $462 \text{ м}^3/\text{с}$ (1966), в среднем за половодье проходит от 42 до 71 % годового стока. Средний уклон реки до створа свх. Ануйский – 5,1 ‰, Лесистость бассейна – 20 % [11-12]. Большую часть низкогорной части водосбора занимают лесостепные и лесные подтаежные ландшафты. В среднегорной зоне распространены лесные горно-таежные, подтаежные и лесостепные ландшафты [13].

Исходные данные и методы исследования

В данной работе расчет сумм осадков за зимний период производился при помощи модели движения воздушных масс при пересечении ими орографических барьеров, представленной в работе «Условия формирования и расчет максимальных снегозапасов в горах» [7]. На основе данной модели для бассейнов рек Ануй и Чарыш были рассчитаны орографические добавки к скорости вертикальных движений при формировании твердых осадков (рис. 3). Матрица позволяет интерполировать данные наблюдений на метеостанциях и постах

на всю территорию бассейна с учетом орографической добавки.

В бассейне р. Ануй в разное время функционировали четыре гидрологических поста в населенных пунктах Белый Ануй, Солонешное, свх. Ануйский и Старотырышкино и одна метеостанция в с. Солонешное. Поэтому для расчетов привлекались данные ближайших гидрометеорологических станций и постов (рис. 3). Для расчетов были выбраны периоды с 1968 по 1974 гг. (включает экстремальные по водности годы: 1969 г. – близкий к максимальному, 1974 г. – близкий к минимальному) и с 1981 по 1988 гг. (за этот период имеются «Метеорологические ежемесячники», и можно включить в расчеты полей твердых осадков данные гидрометеорологических постов).

Расчет количества твердых осадков за холодный период выполнялся на основе сумм месячных осадков с 1 ноября по 31 марта. При определении суммы твердых осадков рассчитывалось соотношение снегозапасов по данным ландшафтных снегомерных съемок и по осадкомеру, таким образом, оценивалась необходимость внесения поправки на метелевый перенос. Так, ГМС Краснощеково имеет коэффициент метелевого переноса близкий к единице, т.е.,

метелевой концентрации не наблюдается. ГМС с. Чарышское также имеет постоянный из года в год коэффициент (0,6-0,7). Скорее всего, это также связано с отсутствием метелевой концентрации. По ГМС Усть-Калманка коэффициент изменяется в разные годы от 0,43 до 0,76 (табл. 1).

При этом обнаружена статистически значимая зависимость коэффициента метелевого переноса от высоты снежного покрова (рис. 4). Данная зависимость использована для учета влияния метелевой концентрации на постах предгорной равнины, расположенных в аналогичных условиях: Старотырышкино, Точильное, свх. Ануйский и Сычевка, т.к. данных снегомерных съемок по этим пунктам недостаточно.

Результаты работы

1. Оценка связи суммы твердых осадков с абсолютной высотой пунктов наблюдения. Как указывалось выше, в гидрологических исследованиях сумму осадков традиционно увязывают с абсолютной высотой пунктов наблюдений. На первом этапе мы попытались проверить эту закономерность для зимних осадков в бассейне р. Ануй (рис. 5). Коэффициент детерминации между средней многолетней суммой твердых осадков и высотой пунктов наблюдений составил 0,58. Однако для отдельных лет в подавляющем большинстве случаев (табл. 2) эта связь статистически не значима.

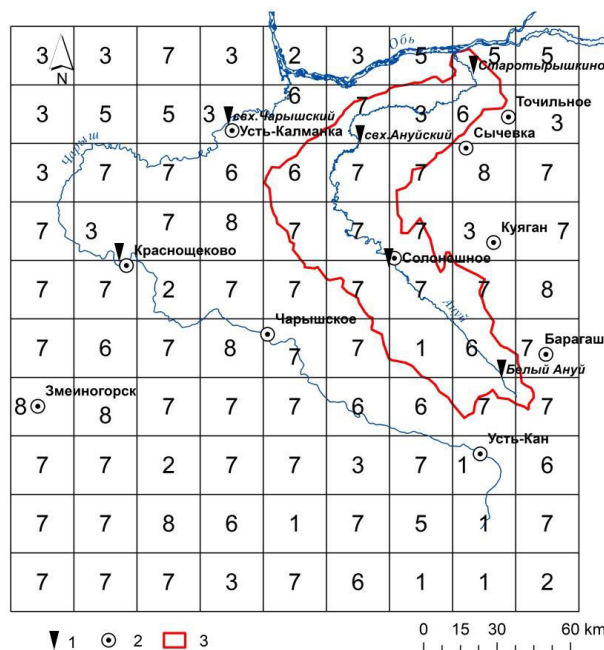


Рис. 3. Матрица орографической добавки к скорости вертикальных движений за счет орографии в бассейне реки Ануй до устья:

1 – от $-1,0$ до $-0,5$; 2 – от $-0,5$ до $-0,1$; 3 – от $-0,1$ до $-0,01$; 4 – от $-0,01$ до 0 ; 5 – от 0 до $0,01$; 6 – от $0,01$ до $0,1$; 7 – от $0,1$ до $0,5$; 8 – от $0,5$ до $1,0$ м/сек. Шаг сетки 25 км.

Показаны метеостанции и посты в пределах исследуемых бассейнов: 1 – гидрологические, 2 – метеорологические; 3 – границы бассейнов.

Таблица 1

Коэффициент на ветровую аккумуляцию ГМС Усть-Калманка

Год	Дата W max	W max, мм	Сумма X, мм	Поправочный коэффициент
1968-1969	20 марта	76	178,7	0,43
1972-1973	20 марта	71	132,7	0,54
1974-1975	10 февраля	24	31,7	0,76
1975-1976	20 марта	81	119,0	0,68
1978-1979	15 марта	82	173,2	0,47

Примечание: приводятся данные на основе имеющихся материалов [14].

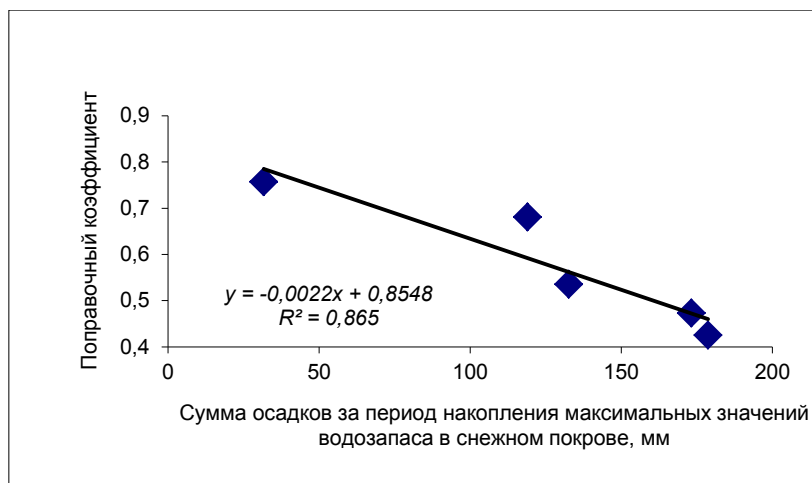


Рис. 4. Зависимость поправочного коэффициента на метелевую аккумуляцию от величины осадков по осадкомеру (ГМС Усть-Калманка)

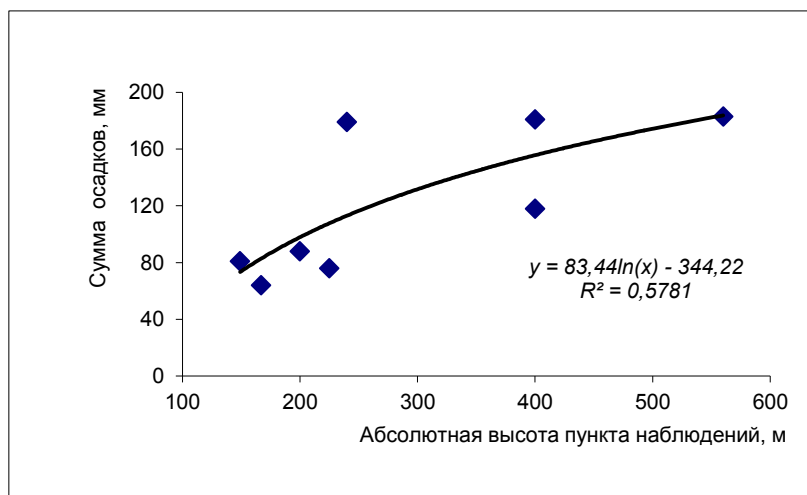


Рис. 5. Зависимость средней многолетней суммы зимних осадков от абсолютной высоты $X = f(H)$ в бассейне р. Ануй (с учетом метелевого переноса).

Таблица 2
Коэффициенты детерминации между суммой зимних осадков и абсолютной высотой пунктов наблюдений

Год	R^2	Год	R^2	Год	R^2
1968	0,32	1973	0,10	1984	0,10
1969	0,21	1974	0,00	1985	0,14
1970	0,86	1981	0,03	1986	0,36
1971	0,06	1982	0,53	1987	0,05
1972	0,46	1983	0,29	1988	0,26

Кроме того, максимальная абсолютная высота в бассейне, охваченная инструментальными наблюдениями (пост Куяган), составляет 560 м, в то время как перевальные точки из бассейна Ануй в бассейн Чарыша составляют

около 1500-2000 м, а отдельные вершины на водораздельных гребнях достигают 2400 м. Таким образом, интерполяция ежегодных зимних осадков в исследуемых бассейнах на основе их зависимости от абсолютной высоты не представляется возможной.

2. *Оценка сумм твердых осадков в бассейне р. Ануй.* Вторым этапом были рассчитаны суммы твердых осадков для каждого зимнего сезона с использованием матрицы орографической добавки к скорости вертикальных движений (рис. 1). Величины зимних осадков (с ноября по март) определялись по следующим метеостанциям и постам (табл. 3).

Таблица 3
Список станций и постов, используемых
для расчета суммы зимних осадков

Станция или пост	Орографическая добавка (V_z), м/сек
Усть-Калманка	0,0
Краснощеково	0,3
Чарышское	0,41
Солонешное	0,25
Старотырышкино	0,05
Точильное	0,055
Совхоз Ануйский	0,1
Сычевка	0,2
Куяган	0,2

Таблица 4
Коэффициенты детерминации
между суммой зимних осадков и
орографической добавкой

Год	R^2	Год	R^2
1968	0,53	1973	0,21
1969	0,35	1974	0,41
1970	0,26	1981	0,52
1971	0,01	1982	0,59
1972	0,75	1983	0,52
		1984	0,18
		1985	0,30
		1986	0,34
		1987	0,05
		1988	0,20

По материалам наблюдений для каждого зимнего сезона строились корреляционные графики: сумма зимних осадков функция орографической до-

бавки и составлялись уравнения регрессии. В качестве примера приведена зависимость суммы зимних осадков от орографической добавки к скорости вертикальных движений $\Sigma X = f(V_z)$ для зимы 1973-1974 гг. (рис. 6).

Поскольку в бассейне р. Ануй величины наблюдаемых сумм зимних осадков за отдельный год не имеют большой амплитуды (на рис. 6 – 60-100 мм), то в большинстве случаев статистическая связь с орографической добавкой может отсутствовать (табл. 4). Поэтому средняя сумма осадков за зиму оценивалась как средневзвешенное из материалов наблюдений. Полученные суммы твердых осадков были соотнесены с величиной стока за период половодья (табл. 5).

3. Оценка связи стока половодья и суммы твердых осадков в бассейне р. Ануй. Для вычисления слоя стока половодья для каждого года строились комплексные графики, включающие графики изменения среднесуточных расходов по гидрологическому посту в свх. Ануйский, среднесуточных температур и количества осадков по ГМС Солонешное, находящейся в центре бассейна.

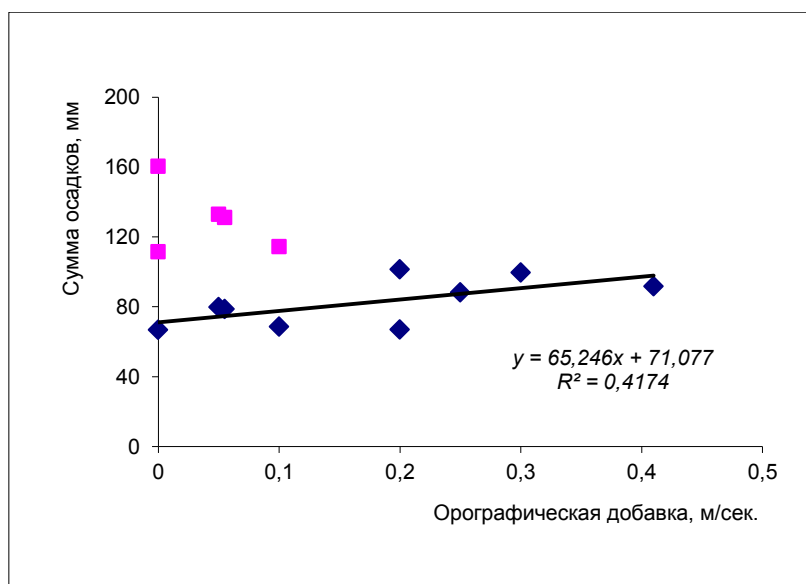


Рис. 6. Зависимость суммы зимних осадков зимой 1973-1974 г. в бассейне реки Ануй от орографической добавки к скорости вертикальных движений:
квадратики – сумма зимних осадков для метеостанций и постов без учета метелевой концентрации (Усть-Калманка, Старотырышкино, Точильное, свх. Ануйский, Сычевка).

Для периода с 1968-1974 гг. использовались данные «Основных гидрологических характеристик» (ОГХ) [11-12]. В ряде лет со значительным количеством весенних осадков наблюдается увеличение стока за счет дождевых паводков. Выделение дождевых паводков на спаде половодья осуществлялось методом их «срезки», поэтому величина слоя стока за половодье по сравнению с данными ОГХ уменьшалась (табл. 5).

Несмотря на то, что в отдельные годы (табл. 4) коэффициент детерминации между суммой зимних осадков и орографической добавкой не соответствует статистическим нормам, конечный результат оказался вполне удовлетворительным.

На основе полученных материалов построен график связи суммы зимних осадков и слоя стока весеннего половодья со «срезкой» паводков (рис. 7). Коэффициент детерминации составил 0,68.

Таблица 5

Сумма осадков за зиму, рассчитанная с помощью матрицы орографической добавки к скорости вертикальных движений и слой стока за половодье, 1968-1974 и 1981-1988 гг.

Год	$\Sigma X (11-03), \text{ мм}$	h, мм		Дата паводков
		ОГХ	без паводков	
1968	112,3	113	107	с 15 по 23 мая
1969	158,3	225	225	—
1970	74,9	118	79	с 13 мая по 5 июня
1971	86,9	126	115	9-15 и 18-30 мая
1972	93,6	90	90	—
1973	101,2	161	140	с 16 мая по 8 июня
1974	75,7	62	62	—
1981	88,25	63,3	63,3	—
1982	69,58	63,2	60,7	с 6 по 13 мая
1983	65,76	82,3	78,2	с 24 мая по 6 июня
1984	64,54	56,7	49,1	с 19 мая по 5 июня
1985	79,7	92,2	92,2	—
1986	—	91,0	93,7	7-11 мая и 3-10 июня
1987	—	95,5	97,2	17-21 и 24-28 мая
1988	—	98,0	109,7	с 15 мая по 10 июня

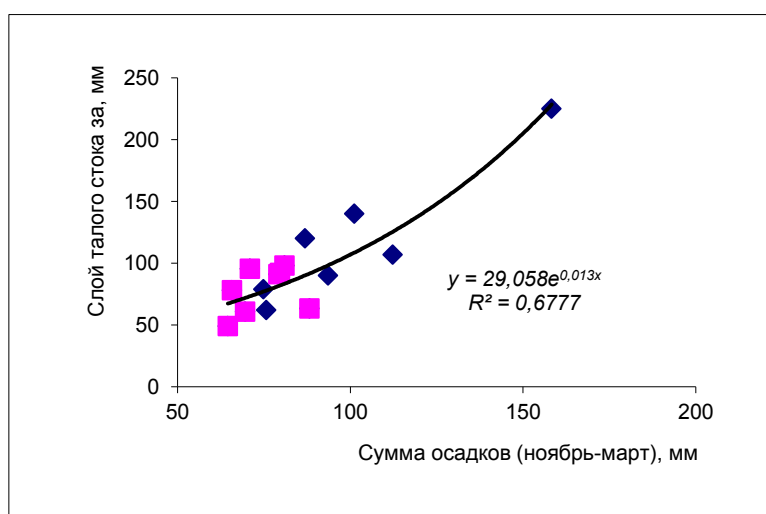


Рис. 7. Сумма зимних осадков и слой стока весеннего половодья (со срезкой паводков): 1968-1974 – ромбики, 1981-1988 – квадратики.

Обсуждение результатов

Ранее [10] при прогнозе максимальных уровней половодья на р. Чарыш (свх. Чарышский) было установлено, что важную роль в процессе их формирования играет начальный период снегонакопления, который, в свою очередь, определяет условия промерзания грунтов. В данной работе мы попытались рассмотреть, каким образом этот фактор может повлиять на слой талого стока р. Ануй.

Для этого были проанализированы условия формирования снежного покрова для каждого года, при этом учитывалась сумма выпавших осадков на начальной фазе образования устойчивого снежного покрова по ГМС Солонеш-

ное и высота снежного покрова (рассчитывалась с учетом плотности осевшего снега) до наступления значительных (ниже 10°C) морозов. В качестве периода проверки, по аналогии с бассейном р. Чарыш, выбраны 1990-2000 и 2006 гг. Период суммирования ограничим похолоданием в 11°C (табл. 6).

В соответствии с исследованиями в бассейне р. Чарыш [10] отсутствием значительного промерзания характеризуются зимы 1994-1995, 1996-1997, 2005-2006 гг. Как видно из таблицы 6, и в бассейне р. Ануй эти зимы выделяются большой толщиной снега перед значительными морозами. Однако слой стока половодья в эти годы не был меньше обычного (рис. 8).

Таблица 6

Условия начала формирования снежного покрова по ГМС Солонешное

Год	Даты первых снегопадов	Сумма осадков, мм	Толщина снежного покрова при $\rho = 0,15 \text{ г/см}^3$, см
1990	12-16 ноября	18,3	12
1991	1-4 ноября	15,7	10
1992	3-4 ноября	17,0	11
1993	1-7 ноября	15,2	10
1994	7-10 ноября	29,2	19
1995	15-16 ноября	4,9	3
1996	19-26 октября	34,3	23
1997	12 ноября	6,9	5
1998	11-13 ноября	9,5	6
1999	9-21 ноября	8,8	6
2000	22 октября – 4 ноября	24,3	16
2005	3-17 ноября	39,6	26

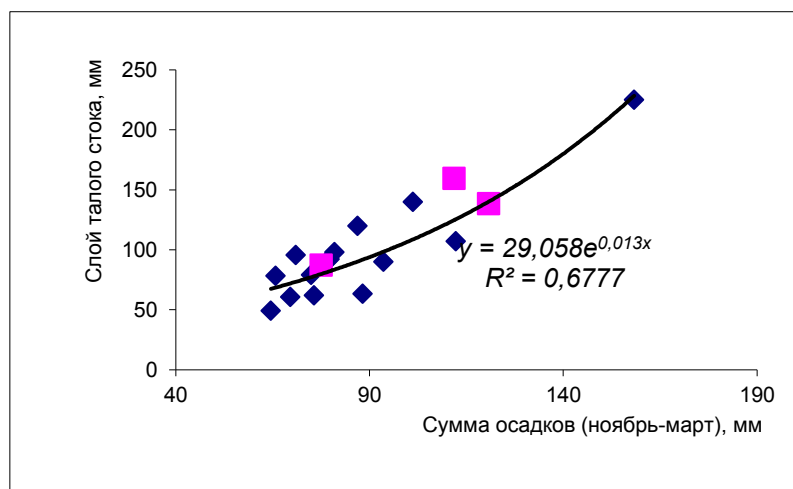


Рис. 8. Сумма зимних осадков и слой стока весеннего половодья р. Ануй (со срезкой паводков):

ромбики – 1968-1974, 1981-1985 гг.; квадратики – 1994-1995, 1996-1997, 2005-2006 гг.

Очевидно, в бассейне р. Ануй метеорологические условия на начальной стадии формирования снежного покрова не оказывают существенного влияния на поступление талых вод в речную сеть в период половодья.

Выводы

1. Проанализирована связь средней многолетней суммы зимних осадков в бассейне р. Ануй по гидрометеорологическим станциям и постам с их абсолютной высотой. Несмотря на то, что коэффициент детерминации составил 0,57, в подавляющем большинстве случаев для отдельных лет статистически значимой связи не обнаруживается. Таким образом, использование высотных

зависимостей для оценки твердых осадков в данном бассейне некорректно.

2. Использование орографической добавки к скорости вертикальных движений для расчета суммы зимних осадков более предпочтительно. Это подтверждается тесной зависимостью между полученными суммами твердых осадков и слоем стока половодья.

3. В отличие от бассейна р. Чарыш, значительную часть площади которого (до 40 %) занимает предгорная равнина, в горном бассейне р. Ануй условия формирования снежного покрова в осенний период (октябрь-ноябрь) и промерзание грунтов не оказывают существенного влияния на сток половодья.

Авторы выражают благодарность О.В. Ловцкой за помощь в поиске исходных данных.

Работа выполнена в рамках госбюджетного проекта 0383-2019-0003 и благодаря финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-05-00007).

Список литературы:

1. Пузанов А.В., Зиновьев А.Т., Безматерных Д.М., Резников В.Ф., Трошкин Д.Н. Опасные гидрологические явления в бассейне Верхней Оби: Современные тенденции и прогнозирование // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2018. – № 4. – С. 69-77.
2. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. – М.: Гидрометеиздат, 1974. – 422 с.
3. Харшан Ш.А. Долгосрочные прогнозы стока горных рек Сибири // Тр. Гидрометцентра СССР. Вып.65. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 211 с.
4. Мухин В.М. методические основы физико-статистических видов краткосрочных прогнозов стока горных рек // Тр. Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – 2013. – № 349. – С. 5-46.
5. Ревякин В.С., Кравцова В.И. Снежный покров и лавины Алтая. – Томск. Изд-во Томского университета, 1977. – 216 с.
6. Снежно-водно-ледниковые ресурсы бассейна Верхней Оби и прогнозы стока весеннего половодья. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1986. – 254 с.
7. Галахов В.П. Условия формирования и расчет максимальных снегозапасов в горах. – Новосибирск: Наука, 2003. – 104 с.
8. Галахов В.П. Условия формирования половодья малой горной реки (по исследованиям в бассейне р. Майма) // Изв. АО РГО. – 2015. – № 3 (38). – С. 35-40.
9. Галахов В.П., Попов Е.С., Мардасова Е.В., Плехова А.В. Прогноз максимальных уровней реки Чарыш в период снеготаяния // Изв. АО РГО. – 2016. – № 3. – С. 38-44.
10. Галахов В.П., Мардасова Е.В., Люцигер Н.В., Самойлова С.Ю. Влияние осеннего промерзания на максимальные уровни бассейна реки Чарыш // Изв. АО РГО. – 2018. – № 2 (49). – С. 54-57.
11. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1963-1970 гг. и весь период наблюдений). Т. 15. Алтай, Западная Сибирь и Северный Казахстан. Вып. 1. Верхняя и Средняя Обь. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 543 с.

12. Ресурсы поверхностных вод. Основные гидрологические характеристики. Т. 15, Вып. 1 (1971-1975). Верхняя и Средняя Обь. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 488 с.
13. Черных Д.В., Самойлова Г.С. Ландшафты Алтая (Республика Алтай и Алтайский край). Карта. М-б 1:500000. – Новосибирск, 2011.
14. Справочник по климату СССР. Вып. 20. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 333 с.

References

1. Puzanov A.V., Zinovyev A.T., Bezmaternykh D.M., Reznikov V.F., Troshkin D.N. Opasnye gidrologicheskiye yavleniya v basseynе Verkhney Obi: Sovremennyye tendentsii i prognozirovaniye // Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye. – 2018. – № 4. – S. 69-77.
2. Apollov B.A., Kalinin G.P., Komarov V.D. Kurs gidrologicheskikh prognozov. – M.: Gidrometeizdat, 1974. – 422 s.
3. Kharshan Sh.A. Dolgosrochnyye prognozy stoka gornyykh rek Sibiri // Tr. Gidromettsentra SSSR. Vyp. 65. – L.: Gidrometeizdat, 1970. – 211 s.
4. Mukhin V.M. metodicheskkiye osnovy fiziko-statisticheskikh vidov kratkosrochnnykh prognozov stoka gornyykh rek // Tr. Gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo tsentra Rossiyskoy Federatsii. – 2013. – № 349. – S. 5-46.
5. Revyakin V.S., Kravtsova V.I. Snezhnyy pokrov i laviny Altaya. – Tomsk. Izd-vo Tomskogo universiteta, 1977. – 216 s.
6. Snezhno-vodno-lednikovyye resursy basseyna Verkhney Obi i prognozy stoka vesenego polovodya. – Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta, 1986. – 254 s.
7. Galakhov V.P. Usloviya formirovaniya i raschet maksimalnykh snegozapasov v gorakh. – Novosibirsk: Nauka, 2003. – 104 s.
8. Galakhov V.P. Usloviya formirovaniya polovodya maloy gornoy reki (po issledovaniyam v basseynе r. Mayma) // Izv. AO RGO. – 2015. – № 3 (38). – S. 35-40.
9. Galakhov V.P., Popov Ye.S., Mardasova Ye.V., Plekhova A.V. Prognoz maksimalnykh urovney reki Charysh v period snegotayaniya // Izv. AO RGO. – 2016. – № 3. – S. 38-44.
10. Galakhov V.P., Mardasova Ye.V., Lyutsiger N.V., Samoylova S.Yu. Vliyaniye osennego promerzaniya na maksimalnyye urovni basseyna reki Charysh // Izv. AO RGO. – 2018. – № 2 (49). – S. 54-57.
11. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Osnovnyye gidrologicheskiye kharakteristiki (za 1963-1970 gg. i ves period nablyudeny). T. 15. Altay, Zapadnaya Sibir i Severnyy Kazakhstan. Vyp. 1. Verkhnyaya i Srednyaya Ob. – L.: Gidrometeizdat, 1975. – 543 s.
12. Resursy poverkhnostnykh vod. Osnovnyye gidrologicheskiye kharakteristiki. T. 15, Vyp. 1 (1971-1975). Verkhnyaya i Srednyaya Ob. – L.: Gidrometeizdat, 1979. – 488 s.
13. Chernykh D.V., Samoylova G.S. Landshafty Altaya (Respublika Altay i Altayskiy kray). Karta. M-b 1:500000. – Novosibirsk, 2011.
14. Meteorologicheskij ezhegodnik. Vyp. 20. Nablyudeniya gidrometeorologicheskikh stancij i postov nad snezhnym pokrovom (snegos'emki).

EFFECT OF A RATIO OF LARGE MORPHOLOGICAL UNITS OF A MOUNTAIN BASIN ON SNOWMELT RUNOFF

V.P. Galakhov^{1,2}, S.Yu. Samoilova¹, E.V. Mardasova²

¹Institute for Water and Environmental Problems of the SB RAS, Barnaul, E-mail: galahov@iwep.ru

²Altai State University, Barnaul

The influence of large morphological units of the mountain basin on runoff depth is shown due to the comparative analysis of spring flood in the Charysh and Anuy mountain catchments.

Key words: Altai Krai, Charysh, Anuy, autumn freezing, flood runoff depth.

Received January 15, 2020