

Е.В. Шевнина

**АНАЛИЗ СВЯЗИ НОРМ ГОДОВЫХ И ЗИМНИХ ОСАДКОВ
С НОРМАМИ СТОКА ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РЕК
РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ**

E.V. Shevnina

**ANALYSIS OF ANNUAL AND WINTER PRECIPITATION
MEANS LINKAGE WITH SPRING FLOOD FLOW MEANS
FOR RIVERS OF THE RUSSIAN ARCTIC**

Проведен анализ связи нормы стока весеннего половодья с нормами годовых и зимних осадков на территории Российской Арктики. Показано, что при стохастическом моделировании формирования стока весеннего половодья и долгосрочной оценке изменений его статистических характеристик под влиянием климата, в качестве внешнего воздействия можно использовать норму годовых осадков, вместо стокообразующих, определение которых достаточно трудоемко.

Ключевые слова: норма стока весеннего половодья, норма зимних и годовых осадков, изменение климата, Российская Арктика.

The norm of spring flood flow and norm of winter (year) precipitation correlation analysis has been conducted. Ability to use the changes of the year precipitation amount as incoming value for stochastic spring flood flow model has been shown.

Key words: norm of spring flood flow, norm of winter and year precipitation, climate change, Russian Arctic.

Введение

Для долгосрочной оценки изменений статистических характеристик стока весеннего половодья используются стохастические модели формирования стока, в которые в качестве внешнего воздействия входит норма годовых осадков на водосборе [6, 7, 12]. Однако из очевидных соображений следует, что формируют сток весеннего половодья не сумма осадков за год, а лишь за его часть. В прогностической практике часто используется величина, характеризующая запасы воды в снеге в бассейне, которая определяется по данным снегомерных съемок. Снегозапасы связаны с количеством осадков за зимний период [2].

Климатические сценарии, согласно которым задается внешнее воздействие в стохастической модели формирования стока, содержат информацию о внутригодовом распределении осадков с дискретностью один месяц [15]. Следовательно, имеется возможность оценивать норму зимних осадков и использовать их в качестве стокообразующих осадков в стохастической модели формирования стока за период половодья.

В работе проведен анализ связи годовых и зимних норм осадков со слоем стока весеннего половодья для части водосборной площади Северного Ледовитого океана. Подобный анализ позволит обосновать выбор варианта задания внешнего воздействия в стохастическую модель формирования стока весеннего половодья на территории Российской Арктики.

Исходные данные и методика исследования

Объектом исследования является территория, ограниченная водно-ресурсной экологической границей Российской Арктики [5] (рис. 1).

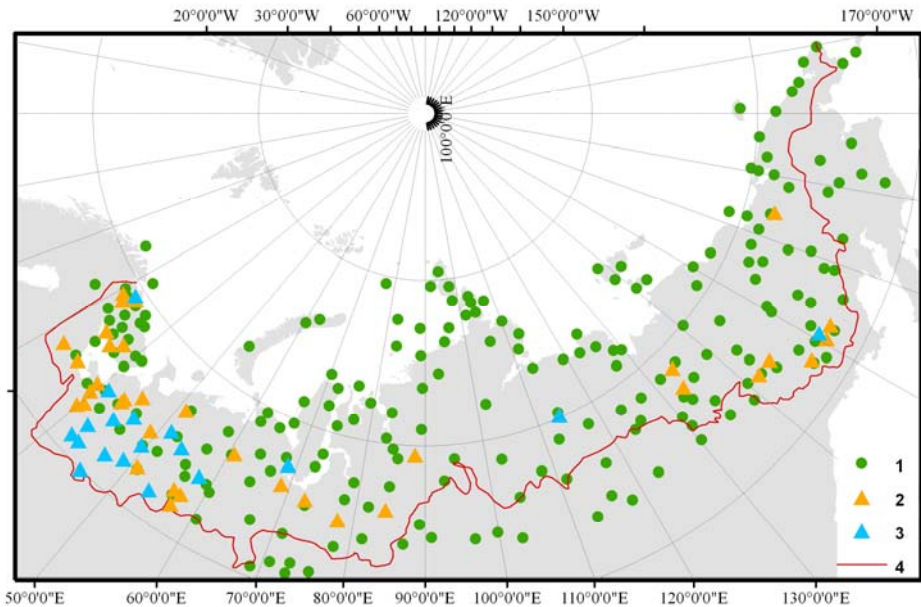


Рис. 1. Район исследования и расположение пунктов наблюдений (1 – метеорологические станции, 2 – гидрологические посты (наблюдения до 1980 года); 3 – гидрологические посты (наблюдения за 1961–1990 гг.); 4 – водно-ресурсная граница Российской Арктики)

В работе используются данные наблюдений за стоком весеннего половодья на 60 гидрологических постах, опубликованные в изданиях Государственного Водного Кадастра (ГВК) «Основные гидрологические характеристики» и «Многолетние данные о ресурсах поверхностных вод» за период с начала наблюдений по 1980 г. Кроме того, использовались данные о слое стока весеннего половодья за период 1981–1990 гг., рассчитанные на основе ежедневных расходов воды за период апрель-сентябрь. Данные о ежедневных расходах на 37 гидрологических пунктах опубликованы в изданиях ГВК («Гидрологический ежегодник»). Расчет слоя стока весеннего половодья проводился с использованием требований [8]. Норма слоя стока весеннего половодья определялась для трех временных интервалов по данным рядов наблюдений, длина которых превышала 20 лет.

Для определения нормы годовых и зимних осадков использовались данные наблюдений на метеорологических станциях, опубликованные в Справочниках по климату (см., например, [10]), Атласе Арктики [1] и Британского Центра климатических исследований (табл. 1). Кроме того, были использованы материалы о норме осадков в арктическом регионе, учитывающие специфику учета осадков в Арктике [3, 4]. Данные предоставлены научным сотрудником отдела метеорологии Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ) Н.Н. Брызгиным. При определении норм осадков в измеренное количество осадков вводятся поправки [11]. Согласно климатическим справочникам, зимними являются осадки за период ноябрь–март [10].

Таблица 1

Обобщение климатических данных использованных в исследовании

Анализируемый период*	Источник климатических данных	Вид данных	Кол-во метеостанций	Наличие данных о зимних осадках
С начала наблюдений по 1965 г.	[1, 4]	поле		нет
С начала наблюдений по 1980 г.	[10]	точечные	137	да
С начала наблюдений по 1980 г.	Архив отдела метеорологии ААНИИ	точечные	209	да
1961–1990 гг.	[16]	поле		да

Примечание. * – за этот период были рассчитаны нормы слоя весеннего половодья, норма годовых и зимних осадков на водосборе.

На основе точечных данных построены поля с использованием методов пространственной интерполяции [14]. Для каждого исследуемого водосбора определены нормы годовых и зимних осадков, рассчитанные как среднее значение в пределах площади водосбора (рис. 2). Контуры водосборов рек получены с помощью стандартных функций ГИС на основе цифровой модели рельефа Hydro1k [9, 13].

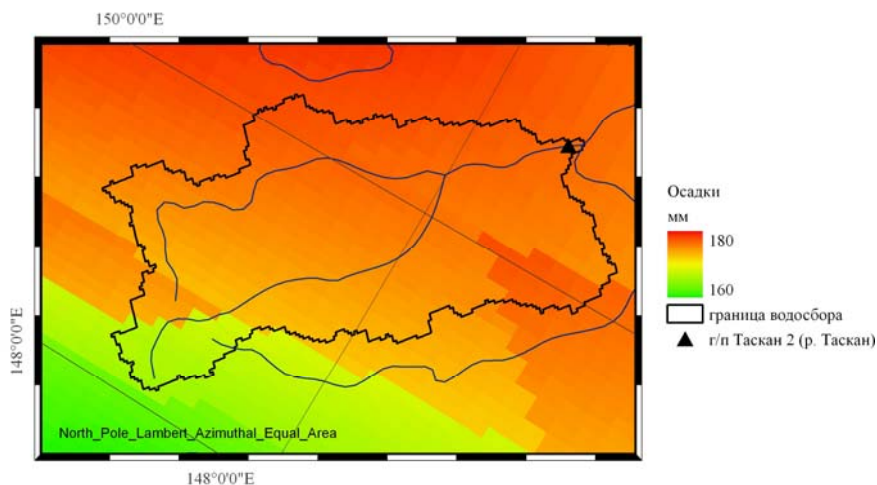


Рис. 2. К определению нормы осадков на водосборе (р. Таскан – Таскан 2)

Результаты и их обсуждение

При определении нормы слоя стока весеннего половодья на водосборах выбранных рек использовались ряды продолжительностью более 20 лет, относительная погрешность расчетов составляет 7–8 %. Пространственная интерполяция точечных данных об осадках проводилась методом кригинга (сетка 4×4 км), относительная погрешность расчетов не превышает 10–15 % (в зависимости от региона). Использование других методов интерполяции (методы взвешенных расстояний и кокригинга с привлечением информации о высотах метеостанций) не дало существенного улучшения результатов.

Норма зимних и годовых осадков для каждого водосбора получена как среднее значение в пределах водосборной площади для каждого временного интервала. Период с начала наблюдений по 1980 год характеризуется двумя наборами данных: из климатических справочников и из архива отдела метеорологии (ОМ) ААНИИ. Анализ расхождений между результатами расчета нормы осадков с использованием этих данных показал, что в целом по региону норма зимних и годовых осадков, рассчитанная по данным ОМ ААНИИ на 38 % и 33 % больше, чем норма, полученная по данным климатических справочников. Для азиатской части рассматриваемого района расхождения в нормах зимних осадков составили в среднем 12 мм (5 %), а в годовых – 70 мм (34 %). Для европейской части региона нормы зимних и годовых осадков, рассчитанные по данным климатических справочников в среднем на 172 мм (32 %) меньше.

Период отрицательных температур в арктическом регионе на большинстве территории продолжается дольше, чем принято в климатических справочниках [ноябрь–март (XI–III)]. Кроме того, в формировании половодья участвуют осадки за период половодья, которое заканчивается на большинстве исследуемых рек в конце июня – начале июля. Поэтому, по некоторым климатическим данным были рассчитаны нормы осадков за период ноябрь–июнь (XI–VI). Связь слоя стока весеннего половодья с различными видами осадков (для различных интервалов времени) оценивалась коэффициентом корреляции. Обобщение проведенного анализа представлено в табл. 2.

Таблица 2

Оценка коэффициентов корреляции нормы слоя стока весеннего половодья с нормой зимних и годовых осадков на водосборах рек Российской Арктики

Период	Источник данных об осадках	Всего по региону		Европейская часть		Азиатская часть	
		Зима (XI–III)/(XI–VI)	Год	Зима (XI–III)/(XI–VI)	Год	Зима (XI–III)/(XI–VI)	Год
1961–1990 гг.	CRU*	0,52/0,60	0,64	0,55/0,43	0,20	0,28/0,44	0,81
До 1965 г.	Атлас Арктики		0,35		0,11		0,86
До 1980 г.	Климатический справочник	0,38	0,43	0,17	0,32	0,79	0,83
До 1980 г.	Архив ОМ ААНИИ	0,54/0,52	0,50	0,24/0,18	0,14	0,93/0,88	0,88

Примечание. * Графики связи представлены на рис. 3.

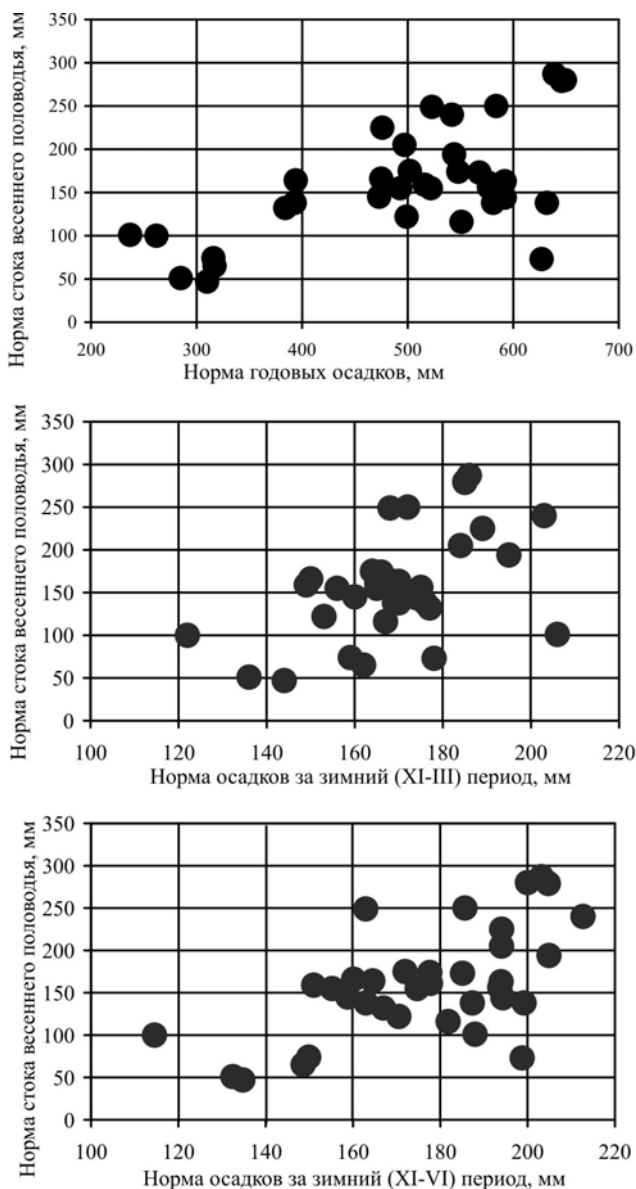


Рис. 3. Графики связи норм слоя стока весеннего половодья с нормами годовых (вверху), зимних (XI–III) (средний) и зимних (XI–VI) (внизу) осадков, построенные за период 1961–1990 гг. для территории Российской Арктики

Для исследуемого региона значения коэффициентов корреляции нормы стока с нормой осадков за зимний период незначительно выше, чем для нормы годовых осадков. В европейской части, эти значения невысоки для всех рассмотренных случаев. Относительно низкие значения коэффициентов корреля-

ции нормы стока с нормой зимних осадков, видимо, связаны с тем, что часть зимних осадков не участвует в формировании стока весеннего половодья, а расходуется на увлажнение территории и на пополнение запасов грунтовых вод. В азиатской части рассматриваемой территории связь нормы слоя стока и нормы годовых осадков тесная в большинстве случаев. Значения коэффициентов корреляции достигают 0,86, и в большинстве случаев выше, чем значения, полученные при использовании нормы зимних осадков. Такая картина, вероятно, обусловлена тем, что в азиатской части более 80 % годового стока проходит в короткий весенне-летний период (половодье), при этом, толщина активного слоя почвы невелика за счет близкого расположения верхней границы многолетнемерзлых грунтов.

Выводы

Собраны данные о норме стока весеннего половодья и нормах годовых и зимних осадков на водосборах рек территории, расположенной в пределах водно-ресурсной границы Российской Арктики. Проанализированы данные о норме осадков, полученные из различных источников. Показано, что в целом по региону норма годовых осадков, рассчитанная с учетом поправок (согласно [11]) на 33 % больше, чем норма, полученная по данным климатических справочников.

Связь нормы стока весеннего половодья и нормы зимних и годовых осадков в целом по региону характеризуется величиной коэффициента корреляции равной 0,49 в среднем для всех использованных климатических данных. Увеличение периода выделения зимних осадков на три месяца (ноябрь-июнь) существенно не влияет на значения коэффициентов корреляции, а в ряде случаев несколько ухудшает результаты. Наиболее тесная связь между нормой стока весеннего половодья и нормой зимних и годовых осадков существует в азиатской части региона.

Выделение периода отрицательных температур, связанного с формированием стокообразующей части осадков весеннего половодья, следовало бы проводить по данным ежедневных наблюдений. Выделение «зимнего» периода с точностью до месяца связано, прежде всего, с временным разрешением климатических сценариев. Выбор единого «зимнего периода» для расчетов норм осадков для всех водных объектов территории Российской Арктики представляется спорным: у южных границ период отрицательных температур может оказаться меньше на месяц по сравнению с более северными районами. Однако, следует учесть, что за месяц выпадает около 10–15 % от суммы осадков зимнего периода, что сравнимо с величиной погрешности определения норм осадков по данным интерполяции.

Согласно проведенному анализу, при стохастическом моделировании формирования стока весеннего половодья и долгосрочной оценке изменений его статистических характеристик под влиянием климата, в качестве внешнего воздействия можно использовать изменения норм годовых осадков на территории Российской Арктики. При этом следует иметь в виду, что критерием достоверности прогноза стока при использовании климатических сценариев будут не

коэффициенты корреляции с предикторами, а разница между условно прогнозными и фактическими кривыми плотности вероятности, полученные по стохастической модели формирования стока на ретроспективном материале. Это вызвано двумя обстоятельствами: при стохастическом моделировании прогнозируется не только норма стока, а распределение плотности вероятности в целом; в стохастическую модель в качестве внешнего воздействия кроме осадков могут задаваться и другие климатические параметры, например температура воздуха. Исследования выполнялись в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (номер гранта П740, научный руководитель: заведующий кафедрой гидрофизики и гидропрогнозов Российского Государственного гидрометеорологического университета профессор В.В. Коваленко).

Литература

1. Атлас Арктики. – М., 1985, с. 79.
2. *Брызгин Н.Н., Петров А.О.* Снегонакопление и зимние осадки в полярных районах // Труды ААНИИ, 1976, т. 327, с. 93-99.
3. *Брызгин Н.Н.* Среднегодовое количество осадков в Арктике с учетом погрешностей осадкомеров // Труды ААНИИ, т. 323, 1976, с. 40-74.
4. *Брызгин Н.Н., Швер Ц.А.* Атмосферные осадки по водосборному бассейну Северного Ледовитого океана // Труды ААНИИ, т. 323, 1976, с. 75-86.
5. *Иванов В.В., Янкина В.А.* Водные ресурсы Арктики, их изученность и очередные задачи исследований // Проблемы Арктики и Антарктики, 1991, вып. 66, с. 118-128.
6. *Коваленко В.В., Викторова Н.В., Гайдукова Е.В., Громова М.Н., Хаустов В.А., Шевнина Е.В.* Методические рекомендации по оценке обеспеченных расходов проектируемых гидротехнических сооружений при неустановившемся климате / Под ред. В. В. Коваленко. – СПб.: изд. РГГМУ, 2010. – 51 с.
7. *Коваленко В.В.* Оценка гидрологической надежности гидротехнических сооружений при неустановившемся климате // Гидротехническое строительство, 2010, № 4, с. 41-44.
8. Методические рекомендации по составлению справочника по водным ресурсам СССР, вып. 7. Ч. 1. Половодье. – Л., 1962. – 107 с.
9. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. – СПб.: Нестор-История, 2009. – 191 с.
10. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 1. Архангельская и Вологодские области, Коми АССР. Книга 1. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 483 с.
11. Рекомендации по подготовке однородных многолетних рядов месячных сумм осадков в метельных районах СССР. – Л.: изд-во ААННИ, 1980, с. 36.
12. *Хаустов В.А.* Чувствительность вероятностных характеристик максимального стока к антропогенным изменениям климата. В сб.: Экстремальные гидрологические события в Арало-Каспийском регионе // Труды международной научной конференции. Москва, 10–20 октября 2006. – М.: Россельхозакадемия. 2006, с. 129-133, 389-393.
13. Hydro1k [Электронный ресурс]: Global digital elevation model. – USA:USGS, 2000. – Режим доступа: <http://eros.usgs.gov/products/elevation/hydro1k.html>. Свободный. – На англ. яз.
14. *Kevin Johnston, Jay M. Ver Hoef, Konstantin Krivoruchko, Neil Lucas* Using ArcGIS Geostatistical Analyst. ESRI Press. 2001. – 316 с.
15. The IPCC Assessment Reports // [Электронный ресурс]: IPCC, 2009. – Режим доступа: <http://www.ipcc.ch>. Свободный. – На англ. яз.
16. CRU // [Электронный ресурс]: CRU, 2010. – Режим доступа: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/precip>. Свободный. – На англ. яз.