

Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

УДК 556.535, 551.583

DOI 10.31242/2618-9712-2022-27-2-221-232

Современная динамика количества твердых осадков и стока весеннего половодья на реках Сахалина

Д.А. Боброва^{1,*}, А.И. Казаков², А.И. Шевченко³

¹Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН,
Южно-Сахалинск, Россия

²Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

³Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации – Мировой центр данных, Обнинск, Россия

*darya-kononova@yandex.ru

Аннотация. На основе данных о количестве осадков по 13 метеостанциям и данных о стоке половодья по 9 гидрологическим постам приводятся результаты исследований современной динамики слоя стока весеннего половодья и наибольшего срочного расхода воды на реках о. Сахалин и анализ изменения количества твердых осадков как основного стокоформирующего фактора. Также была исследована динамика других климатических параметров по метеостанции Александровск-Сахалинский, оказывающих влияние на сток весеннего половодья р. Арково – п. Арково, таких как суммы положительных среднесуточных температур воздуха от момента начала снеготаяния до конца половодья, средних за зиму высоты и плотности снежного покрова. Анализ показал, что на территории Сахалина наблюдается рост количества осадков за холодный период (ноябрь–март) на метеостанциях северной части острова за исключением метеостанции Погиби. Однако значимых трендов суммарного слоя стока весеннего половодья на реках Сахалина за исключением р. Тымь, где зафиксировано снижение стока, не выявлено. Таким образом, на Сахалине увеличение количества твердых осадков не привело к увеличению значений слоя стока половодья на реках.

Ключевые слова: Сахалин, твердые осадки, слой стока весеннего половодья, факторы формирования стока половодья

Благодарности. Представленные результаты получены при финансовой поддержке государственного задания АААА-А19-119051390002-3.

Введение

В последние десятилетия вопросам изменения климата посвящено множество работ, в том числе большое внимание уделяется влиянию меняющихся климатических параметров на человека и окружающую среду. Наблюдаются изменения в циркуляции воздушных масс, происходит рост среднегодовой температуры воздуха, меняются режим и количество выпадающих осадков [1]. Так, происходящие в настоящее время изменения климата в ряде крупных регионов уже привели среди прочего к изменениям гидрологического режима рек [2–4].

Основной фазой водного режима является весеннее половодье, характерное для всех рек Сахалина. Так как зимой выпадает сравнительно много осадков (20–40 % годовой суммы), то половодье обычно бывает высоким и продолжи-

тельным (от 45 до 80 дней). В формировании весеннего половодья принимают участие, главным образом, талые воды, поступающие с горных районов [5]. Основные факторы, определяющие условия формирования стока половодья, можно разделить на две группы: изменчивые климатические и относительно постоянные физико-географические. Физико-географические факторы определяются геологическим строением водосбора, морфологическими характеристиками бассейна и русла реки, а также характером их подстилающей поверхности. К основным климатическим факторам относятся запасы воды в снежном покрове, ход температуры воздуха во время снеготаяния и осадки во время половодья. В итоге, именно эти изменчивые климатические факторы и определяют количественные изменения стока половодья. Таким образом, оценка из-

менения климатических факторов и связанного с этим изменения характеристик половодья является необходимой задачей для расчета и прогноза весеннего стока.

Кроме того, климатические изменения на планете происходят неравномерно, в некоторых областях ощутимых изменений вовсе не наблюдается, что также отражается на неравномерности изменения гидрологического режима рек территории. Так, физико-географические особенности Сахалина, вытянутого в меридиональном направлении почти на 1000 км и отличающегося разнообразием ландшафтов, позволяют выя-

вить разнонаправленные тенденции изменений характеристик весеннего стока и основного стокоформирующего фактора – количества твердых осадков.

Таким образом, целью работы является изучение современной динамики слоя стока весеннего половодья рек о. Сахалин и анализ изменения климатических параметров как основных стокоформирующих факторов.

Методы и материалы исследования

Для оценки динамики количества твердых осадков были выбраны данные по 13 метеостанциям острова, которые находятся в открытом доступе на сайте ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» [6]. Данные по остальным метеостанциям получить не представилось возможным.

Продолжительность наблюдения за осадками на метеостанциях Сахалина превышает 70 лет (ГМС Александровск-Сахалинский открыта в 1891 г.), однако по многим метеостанциям имеются большие пропуски данных, поэтому анализ динамики осадков был проведен за период с 1967 по 2015 г. (рис. 1). Для метеостанций Ноглики и Тымовское, имеющих наиболее полные данные, отдельно были проанализированы ряды с 1936 г.

Анализ других климатических параметров, оказывающих влияние на сток рек весеннего половодья (суммы положительных среднесуточных температур воздуха и средние за зиму высоты и плотности снежного покрова), был проведен по данным ГМС Александровск-Сахалинский, полученным также с сайта ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» [6].

Всего за время наблюдения за стоком рек во всей Сахалинской области было открыто более 200 гидропостов с продолжительностью наблюдений от нескольких месяцев до 95 лет (действующий гидропост на р. Тынь – свх. Красная Тынь открыт 01.03.1927 г.). В настоящее время насчитывается 30 действующих гидропостов, на которых ведутся наблюдения за расходами воды, однако для анализа были выбраны гидропосты с длительными и наиболее полными периодами наблюдений, сопоставимыми с периодами наблюдений за осадками на метеостанциях Сахалина (с 1967 по 2015 г.). Исключение составляет гидропост на р. Охинка (пост открыт в 1973 г.), расположенный в самом северном районе острова, поскольку другие посты с продолжительными рядами в этой части острова отсутствуют.



Рис. 1. Схема расположения метеостанций (1) и гидропостов (2) (о. Сахалин).

Fig. 1. Layout of weather stations (1) and hydro posts (2) (Sakhalin Island).

Таким образом, выявление тренда в многолетних рядах данных суммарного слоя стока весеннего половодья осуществлялось по данным девяти гидрологических постов, расположенных в разных районах острова, за период 1967–2015 гг.

Характеристики стока рек (наибольший срочный расход, суммарный слой стока за половодье, даты начала и окончания половодья) были взяты из гидрологических ежегодников, предоставленных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД».

Ряды исходных данных были проверены на однородность по среднему и по дисперсии с помощью критериев Стьюдента и Фишера соответственно на 5%-м уровне значимости. Оценка значимости линейных трендов как рядов стока, так и рядов осадков произведена по коэффициенту корреляции R между значениями временного ряда и их порядковыми номерами.

Для исследования временной изменчивости исследуемых параметров, а также для оценки связи между параметрами в работе были использованы корреляционный и регрессионный анализ.

Описание объектов исследования

Территория Сахалина отличается большим разнообразием природных ландшафтов. Южная и центральная части острова заняты в основном горными хребтами, протянутыми с севера на юг (Западно-Сахалинские и Восточно-Сахалинские горы) и разделенными двумя относительно крупными речными долинами – Сусунайской и Тымь-Поронайской низменностями. В горной части острова прослеживается вертикальная зональность климата, почв и растительного покрова, что сказывается в том числе на характере водного режима рек острова. Северная часть Сахалина представляет собой равнину с сильно изрезанной поверхностью и остаточными возвышенностями в центральной части высотой 300–600 м (хребты Вагис, Даги). Растительность на территории острова также заметно различается: на севере тундровая, в центральной части преимущественно хвойные леса из лиственницы и ели, а в южной части произрастают смешанные леса с преобладанием лиственных пород.

Для климата исследуемого региона характерна активная циклоническая деятельность, которая обуславливает продолжительную пасмурную погоду с обильным выпадением осадков в виде дождя и снега. На всей территории области количество жидких осадков превышает количество твердых в 1,5 раза и более.

На Сахалине максимальных значений осадки достигают на метеостанциях Макаров и Долинск, расположенных в юго-восточной части острова, и на метеостанциях юго-западного побережья (Невельск и Холмск) (см. рис. 1). По данным наблюдений за осадками до 1989 г. наибольшее среднегодовое количество за холодный период зафиксировано в Долинске и составляет 348 мм, за теплый период в Макарове – 736 мм [7].

Речная сеть рассматриваемой территории насчитывает более 60 тысяч рек, 98 % от общего числа рек составляют реки, имеющие длину менее 10 км. Наиболее густая речная сеть отмечается на юго-западном и юго-восточном побережьях Сахалина, где коэффициент густоты речной сети острова составляет 1,50–2,0 км/км², в центральной части – 1,0–1,5 км/км², менее развита речная сеть на севере острова в пределах Северо-Сахалинской низменности – 1,0 км/км² [5].

В табл. 1 приводятся основные гидрографические характеристики бассейнов рассматриваемых рек.

Результаты и их обсуждение

Оценка динамики осадков за холодный период. На некоторых метеостанциях отмечается рост количества осадков с самого начала наблюдений. Так, в северо-восточной части Сахалина (пгт. Ноглики) и в Тымь-Поронайской низменности (Тымовское) прослеживается стабильный рост осадков холодного периода (ноябрь–март) с 1936 г., при этом основная доля прироста приходится на декабрь, январь и февраль (рис. 2).

В настоящей работе была проведена оценка трендов твердых осадков (ноябрь–март) за 1967–2015 гг. (табл. 2).

Согласно проведенной оценке, можно говорить о повышении количества осадков за холодный период преимущественно на метеостанциях северной части острова за исключением метеостанции Погиби. По югу Сахалина рост осадков показывает юго-западное побережье (Невельск). Также обнаружено снижение осадков по Ильинскому и м. Крильон. Наиболее высокий коэффициент линейного тренда наблюдается на метеостанции Невельск.

В разных районах Сахалина изменения количества осадков происходят в разных направлениях: одни метеостанции показывают значимый рост, а другие – снижение. В то же время по ряду метеостанций не происходит заметного изменения количества осадков за почти 50-летний пе-

Основные гидрографические характеристики исследуемых водотоков

Table 1

The main hydrographic characteristics of the studied watercourses

Река River	Длина водотока, км Length, km	Площадь водосбора, км ² Catchment area, km ²	Средняя высота водосбора, м Average height of the catchment area, m	Средний уклон водосбора, ‰ Average slope of the catchment area, ‰	Средневзвешенный уклон реки, ‰ Weighted average slope of the river, ‰
Тынь – свх. Красная Тынь	88,0	1390,0	460,0	–	4,8
Охинка – г. Оха	6,9	22,7	30,0	80,0	3,9
Арково – п. Арково	14,0	65,0	360,0	380,0	31
Макарова – г. Макаров	95,0	580,0	420,0	320,0	5,2
Найба – п. Быков	68,0	679,0	350,0	260,0	5,0
Новикова – п. Новиково	14,0	30,4	150,0	140,0	8,7
Кострома – с. Костромское	46,0	233,0	220,0	270,0	5,4
Томаринка – г. Томари	37,0	207,0	300,0	280,0	8,5
Б. Александровка – с. Корсаковка	31,0	167,0	290,0	260,0	9,7

риод, в том числе охватывающий и последние три десятилетия наблюдающегося изменения климата на планете.

При этом метеостанции расположены в одних климатических областях и даже климатических районах согласно карте климатического районирования Атласа Сахалинской области [8] и приложению А СП 131.13330.2020 [9].

Оценка динамики наибольшего срочного расхода воды и суммарного слоя стока за весеннее половодье. Традиционно принято считать, что основным стокоформирующим фак-

тором половодья является количество осадков, выпавших за холодный сезон. Вероятно, наблюдаемый рост количества твердых осадков должен приводить к увеличению стока весеннего половодья. Для оценки наличия (либо отсутствия) линейных трендов слоя стока весеннего половодья и наибольшего срочного расхода воды были проанализированы ряды имеющихся продолжительных наблюдений по девяти гидропостам о. Сахалин (табл. 3).

Анализ данных, приведенных в табл. 3, показал, что значимых трендов суммарного слоя сто-

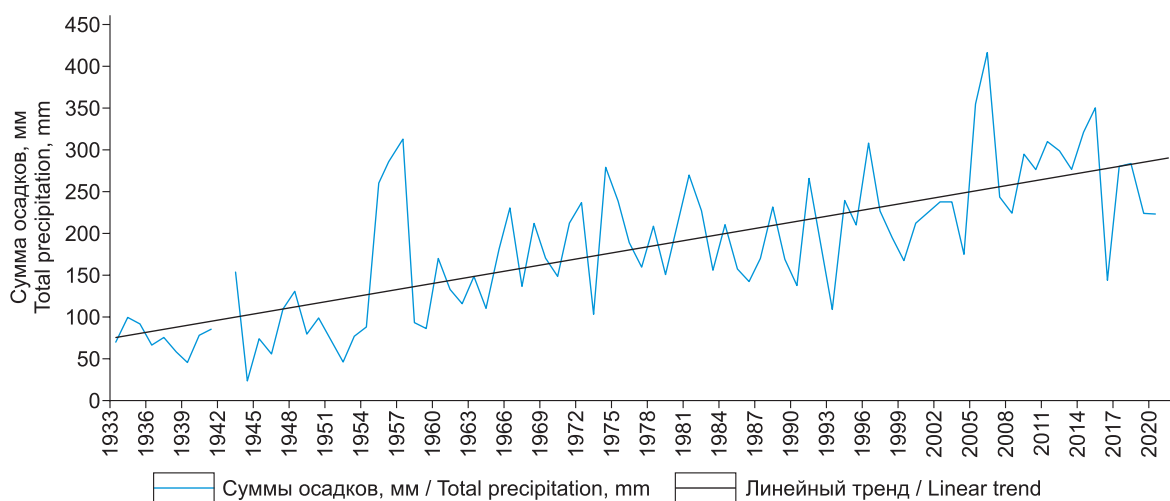


Рис. 2. Суммы осадков за холодный период года (ноябрь–март) по метеостанции Ноглики.

Fig. 2. Precipitation amounts for the cold period of the year (November–March) at the Nogliki weather station.

Оценка значимости линейного тренда количества осадков за холодный период (ноябрь–март) по метеостанциям Сахалина за период 1967–2015 гг., где R^2 – коэффициент детерминации, R – коэффициент корреляции, σ_R – среднеквадратическое отклонение

Table 2

Assessment of the significance of the linear trend of precipitation over the cold period (November–March) at the weather stations of the Sakhalin region for the period 1967–2015, R^2 is the coefficient of determination, R is the correlation coefficient, σ_R is the standard deviation

Метеостанция Weather station	Уравнение тренда Trend equation	R^2	R	σ_R	$2\sigma_R$	$3\sigma_R$	Значимость тренда The significance of the trend
Тымовское	$y = 1,950x + 198,1$	0,20	0,45	0,12	0,23	0,35	+
Ноглики	$y = 2,678x + 155,4$	0,34	0,58	0,10	0,19	0,29	+
Александровск-Сахалинский	$y = 2,441x + 154,7$	0,38	0,61	0,09	0,18	0,27	+
Ильинский	$y = -1,617x + 353,1$	0,11	0,33	0,13	0,26	0,39	+
Мыс Крильон	$y = -3,178x + 486,5$	0,22	0,47	0,11	0,23	0,34	+
Москальво	$y = 2,147x + 139,2$	0,30	0,55	0,10	0,20	0,30	+
Мыс Терпения	$y = 2,214x + 132,7$	0,15	0,38	0,12	0,25	0,37	+
Невельск	$y = 4,342x + 217,0$	0,38	0,62	0,09	0,18	0,27	+
Погиби	$y = -0,627x + 166,6$	0,03	0,18	0,14	0,28	0,42	–
Пограничное	$y = 3,248x + 169,6$	0,24	0,49	0,11	0,22	0,33	+
Поронайск	$y = 1,066x + 161,0$	0,06	0,25	0,14	0,27	0,41	–
Углегорск	$y = 0,098x + 216,1$	0,00	0,00	0,14	0,29	0,43	–
Южно-Сахалинск	$y = 1,044x + 263,3$	0,04	0,20	0,14	0,28	0,42	–

ка весеннего половодья по исследуемым рекам Сахалина нет за исключением р. Тынь, где зафиксировано снижение стока. Значимых трендов наибольших срочных расходов воды не обнаружено ни по одной из исследуемых рек.

Таким образом, увеличение количества осадков не оказало влияние на сток весеннего половодья. Однако следует отметить, что в некоторых рядах данных стока есть пропуски в периоде между 1995 и 1999 гг., поэтому полученные оценки могут быть не совсем надежными.

Для выявления причин несогласованности изменений стока половодья и твердых осадков следует обратить внимание на динамику других стокоформирующих факторов, которые могут приводить к уменьшению стока, тем самым компенсируя роль увеличения осадков. Такими факторами, вероятнее всего, являются иные климатические, а также ботанические факторы как наиболее изменчивые во времени.

Так, увеличение испарения влаги с поверхности снега во время снеготаяния при наблюдающемся росте температур воздуха может приво-

дить к увеличению потерь стока. Выявлено, что за 1980–2020 гг. происходит статистически значимый рост среднемесячных температур воздуха в марте практически во всех районах острова за исключением Погиби и Углегорска (см. рис. 1) [10]. Вместе с тем температура воздуха весной определяет также интенсивность и продолжительность снеготаяния, и в связи с повышением температуры можно ожидать увеличение расходов воды, однако такого роста не наблюдается. С другой стороны, сокращение длительности половодья приводит к уменьшению объема осадков, выпавших за время половодья, и, соответственно, уменьшению стока.

Важное значение имеют осенне-зимнее увлажнение почв и глубина промерзания грунтов. Наблюдаемый рост температур воздуха в осенний период, особенно перед началом формирования снежного покрова в ноябре [10], влияет на глубину промерзания почв.

Большое влияние на потери стока оказывает транспирация. При этом рост транспирации связан с повышением температуры воздуха. Кроме

Оценка значимости линейного тренда суммарного слоя стока весеннего половодья и наибольшего срочного расхода воды на реках о. Сахалин, где R^2 – коэффициент детерминации, R – коэффициент корреляции, σ_R – среднеквадратическое отклонение

Table 3

Assessment of the significance of the linear trend of the total runoff layer of the spring flood and the greatest urgent water consumption on the rivers of Sakhalin Island (R^2 – coefficient of determination, R – correlation coefficient, σ_R – the standard deviation)

Река – пост River – hydrological post	Период Period	Уравнение тренда Trend equation	R^2	R	σ_R	$2\sigma_R$	$3\sigma_R$	Значимость тренда The significance of the trend
Суммарный слой стока за половодье, мм Total runoff layer per flood, mm								
Тынь – свх. Красная Тынь	1967–2015	$y = -1,7857x + 318,08$	0,12	0,34	0,13	0,27	0,40	+
Охинка – г. Оха	1973–2015	$y = 1,2355x + 314,83$	0,02	0,15	0,16	0,32	0,48	–
Арково – п. Арково	1967–2015	$y = 0,9434x + 451,05$	0,01	0,11	0,14	0,29	0,43	–
Макарова – г. Макаров	1967–2015	$y = 2,5873x + 428,06$	0,07	0,27	0,14	0,28	0,43	–
Найба – п. Быков	1967–2015	$y = 2,5768x + 526,25$	0,06	0,24	0,14	0,29	0,43	–
Новикова – п. Новиково	1967–2015	$y = -0,0189x + 368,53$	0,00	0,03	0,15	0,30	0,46	–
Кострома – с. Костромское	1967–2015	$y = 0,7595x + 303,62$	0,02	0,12	0,15	0,30	0,45	–
Томаринка – г. Томари	1967–2015	$y = 1,1703x + 652,27$	0,01	0,11	0,15	0,30	0,45	–
Б. Александровка – с. Корсаковка	1967–2015	$y = 1,6919x + 442,41$	0,04	0,21	0,15	0,30	0,44	–
Наибольший срочный расход, м ³ /с The highest urgent consumption, m ³ /s								
Тынь – свх. Красная Тынь	1967–2015	$y = -0,2482x + 151,64$	0,01	0,09	0,15	0,30	0,45	–
Охинка – г. Оха	1973–2015	$y = -0,0145x + 4,7037$	0,02	0,14	0,16	0,32	0,48	–
Арково – п. Арково	1967–2015	$y = -0,0458x + 21,999$	0,01	0,09	0,14	0,29	0,43	–
Макарова – г. Макаров	1967–2015	$y = 0,8716x + 147,62$	0,04	0,20	0,15	0,29	0,44	–
Найба – п. Быков	1967–2015	$y = -1,3309x + 334,07$	0,03	0,16	0,15	0,30	0,45	–
Новикова – п. Новиково	1967–2015	$y = -0,1305x + 13,499$	0,07	0,27	0,14	0,28	0,42	–
Кострома – с. Костромское	1967–2015	$y = -0,0657x + 44,984$	0,00	0,05	0,15	0,30	0,46	–
Томаринка – г. Томари	1967–2015	$y = -0,9999x + 128,91$	0,07	0,27	0,14	0,28	0,43	–
Б. Александровка – с. Корсаковка	1967–2015	$y = 0,3208x + 51,121$	0,04	0,21	0,15	0,29	0,44	–

того, объемы испаряющейся влаги связаны с размером и возрастом деревьев: так, проходя определенный возрастной порог, дерево начинает потреблять все меньше воды [11]. Таким образом, наличие древесной растительности, ее состав и возраст могут во многом определять величину стока. На Сахалине нередки лесные пожары, также встречаются упоминания об уничтожении больших площадей леса вредителями,

такими как сибирский шелкопряд. В советское время активно развивалась лесная промышленность, вырубки велись также и в верховьях бассейнов рек. Все эти факторы могут менять структуру водного баланса.

Важным является и расположение метеостанций – они не характеризуют климат в горах. Метеостанции преимущественно расположены в прибрежной или долиненной частях бассейнов рек.

Тем не менее средняя высота водосборов рассматриваемых водотоков составляет 30–460 м.

Так, например, количество выпадающих осадков увеличивается с высотой, а среднее значение вертикального градиента прироста высоты снежного покрова на Сахалине составляет 35 см/100 м, среднее значение годовой суммы твердых осадков – 70 мм/100 м [12]. Распределение осадков, снежного покрова и солнечной радиации, в свою очередь, зависит от морфометрических и морфологических параметров водосбора, экспозиции склонов, глубины расчленения рельефа и т. д. Отсутствие метеостанций в горных частях острова не позволяет проследить динамику климатических факторов в верховьях бассейнов рек. Вероятно, влияние ландшафтных характеристик является одной из причин, по которой отсутствуют значимые тренды суммарного слоя стока весеннего половодья. Однако оценка влияния ландшафтов на сток рек является сложнейшей задачей и требует наличия большого количества данных и в рамках настоящей работы не рассматривается.

Одна из особенностей малых рек – их более тесная связь с ландшафтом. Таким образом, процессы, происходящие на водосборе, быстрее отражаются на состоянии реки, ее стоке, в то время как факторы, определяющие формирование стока большой реки, в силу разновременности воздействия на растянутой в пространстве территории, носят взаимно сглаживающий характер [13].

Корреляционный анализ климатических факторов весеннего половодья. С целью выявления иных факторов, оказывающих влияние на сток половодья, был проведен статистический анализ данных о суммах положительных среднесуточных температур воздуха от момента начала снеготаяния до конца половодья, средних за зиму высотах и плотностях снежного покрова (рис. 3, табл. 4). Анализ проводился для р. Арково–п. Арково, а климатические параметры определялись по данным метеостанции Александровск-Сахалинский, расположенной в 10 км южнее исследуемого водотока и характеризующей климат в районе водосборного бассейна (см. рис. 1). Выбор реки и метеостанции обусловлен их близостью. Данные по другим близко расположенным друг к другу метеостанциям и гидропостам, позволяющим сравнивать климатические факторы и характеристики стока рек, отсутствуют. Ряды наблюдений за климатическими

характеристиками и стоком были разбиты на два равных периода (табл. 4).

На графике видно, что исследуемые параметры, за исключением суммы осадков и высоты снежного покрова, которые между собой хорошо коррелируют, не демонстрируют заметного роста.

Согласно табл. 4, линейная корреляция слоя стока половодья с осадками во втором периоде (1993–2018 гг.) больше по сравнению с предыдущим периодом, а с суммами положительных температур воздуха во время снеготаяния – меньше.

Плотность снежного покрова, несмотря на увеличение его высоты, не обнаруживает статистически значимого изменения, а ее вклад в величину слоя стока половодья остается относительно стабильным в разных периодах.

Таким образом, анализируемые факторы по отдельности не являются решающими в формировании стока весеннего половодья на р. Арково. Полученные результаты согласуются с ранее проведенным анализом стока половодья по р. Тымь, где несмотря на существенный рост твердых осадков наблюдается заметное снижение стока [14].

Заключение

Оценка трендов твердых осадков (ноябрь–март) за период 1967–2015 гг. показала следующее: по девяти метеостанциям наблюдается значимое изменение количества твердых осадков, при этом их рост наблюдается на метеостанциях северной части острова за исключением метеостанции Погиби, и на юго-западном побережье (Невельск), снижение осадков происходит по Ильинскому и м. Крильон. Наиболее высокий коэффициент линейного тренда наблюдается на метеостанции Невельск. Таким образом, можно говорить о разнонаправленности трендов твердых осадков на Сахалине.

Анализ данных суммарного слоя стока весеннего половодья по исследуемым рекам Сахалина показал отсутствие трендов за исключением р. Тымь, где зафиксировано снижение стока. Значимых трендов наибольших срочных расходов воды не обнаружено ни по одной из исследуемых рек.

Таким образом, можно сказать, что рост и снижение количества твердых осадков не оказали значимого влияния на значение слоя стока и наибольших срочных расходов воды за поло-

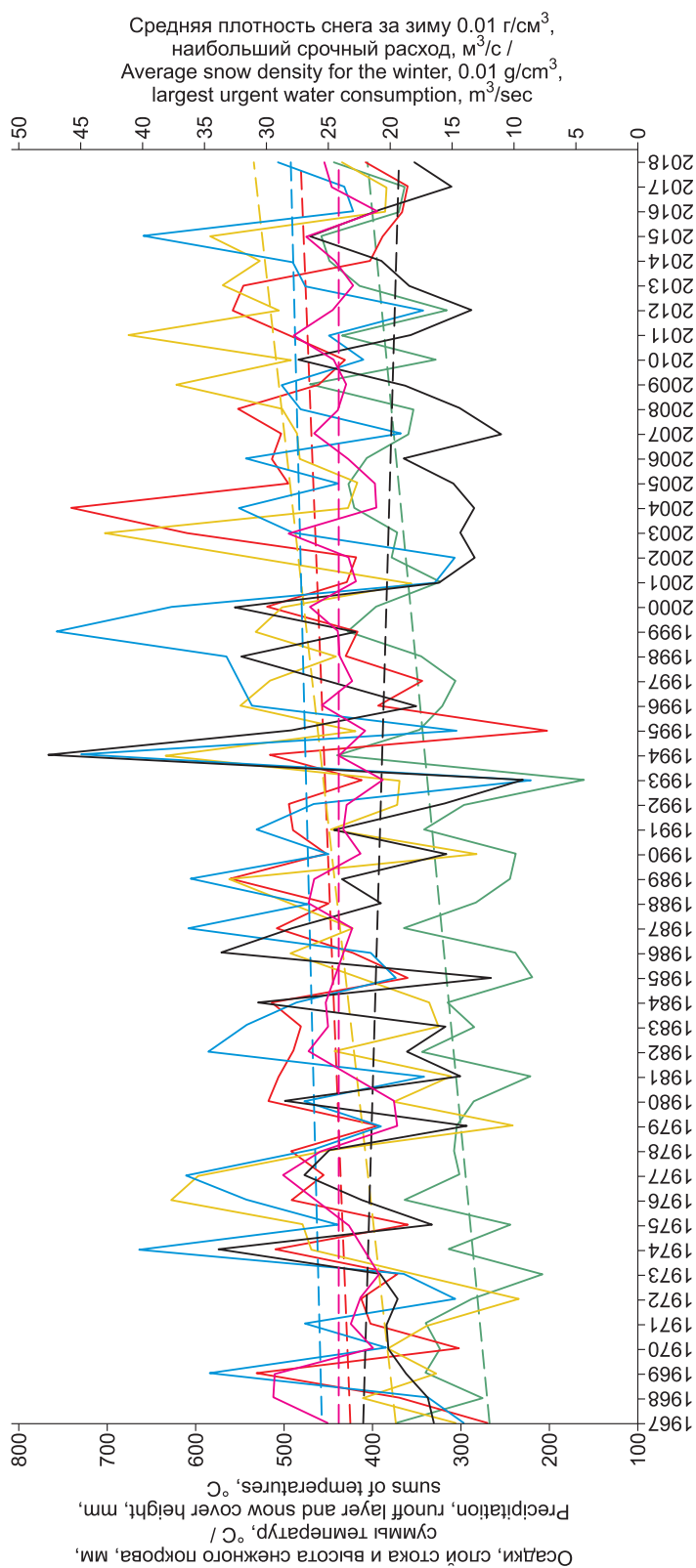


Рис. 3. Динамика суммарного слоя стока за половодье и наибольшего срочного расхода (р. Арково – п. Арково) и основных климатических факторов их формирования (ГМС Александровск-Сахалинский).

Fig. 3. Dynamics of the total runoff layer during the flood and the largest urgent expense (Arkovo river – Arkovo village) and the main climatic factors of its formation (Alexandrovsk-Sakhalinsky weather station).

Коэффициенты линейной корреляции суммарного слоя стока за половодье на р. Арково – п. Арково и климатических параметров по данным ГМС Александровск-Сахалинский

Table 4

Coefficients of the linear correlation of the total runoff layer for high water on the Arkovo River – Arkovo village and climatic parameters according to the data of the Alexandrovsk-Sakhalinsky weather station

Период наблюдения Observation period	Климатические параметры Climatic parameters			
	Суммы положительных температур воздуха, °С Sums of positive air temperatures, °C	Плотность снежного покрова, г/см ³ Snow cover density, g/cm ³	Суммы осадков, мм Precipitation amounts, mm	Высота снежного покрова, мм Snow cover height, mm
1967–1992	0,72	0,29	0,38	0,52
1993–2018	0,21	0,33	0,59	0,44
1967–2018	0,39	0,30	0,44	0,44

водье. В то же время в долине Тымь-Поронайской низменности в бассейне р. Тымь при росте количества осадков наблюдается снижение слоя стока.

В результате анализа стокоформирующих метеорологических факторов для р. Арково – п. Арково по данным метеостанции Александровск-Сахалинский выявлено, что суммы положительных среднесуточных температур воздуха от момента начала снеготаяния до конца половодья и плотность снежного покрова не демонстрируют заметного изменения за весь период наблюдений.

Корреляция слоя стока половодья с осадками во втором периоде (1993–2018 гг.) больше по сравнению с предыдущим периодом (1967–1992 гг.), а с суммами положительных температур воздуха во время снеготаяния – меньше.

Исследование показало, что для оценки связи стокоформирующих факторов и стока рек необходимо рассматривать совокупность этих факторов, оценивать их взаимовлияние друг на друга. Значимое изменение отдельных параметров может не приводить к изменениям стока либо же начнет оказывать влияние позже при дальнейшей динамике. Проведение такой работы является важной задачей и требует большего количества данных, в том числе последних лет.

Литература

1. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации / Е.М. Ацентьева, Е.И. Александров, Г.В. Алексеев [и др.]. СПб.: Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, 2017. 106 с.

2. Влияние изменения климата на многолетний слой стока весеннего половодья рек Арктической зоны России / В. В. Коваленко, Е. В. Гайдукова, Н. В. Викторова [и др.] // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2010. № 14. С. 14–19.

3. Трансформация стока весеннего половодья и паводков в бассейне Верхней Волги под влиянием климатических изменений / А.В. Горбаренко, Н.А. Варенцова, М.Б. Киреева // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 4. С. 6–28. DOI 10.35567/1999-4508-2021-4-1.

4. География распределения и генезис климатообусловленных изменений экстремальных расходов воды, опасных наводнений и маловодий на реках России / В. А. Семенов, Е. В. Гниломедов, Р. С. Салугашвили [и др.] // Труды Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных. 2015. № 179. С. 108–120.

5. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 18. Дальний Восток. Вып. 4. Сахалин и Курилы / под ред. Е.Э. Булаховской и Г.Г. Доброумова. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 264 с.

6. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Коришнова Н.Н., Швец Н.В. Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394.

7. Научно-прикладной справочник по климату СССР (Сахалинская область) / под ред. Пильниковой З. Н. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. Серия 3, части 1–6, вып. 34. 351 с.

8. Атлас Сахалинской области / Под ред. П. А. Леонова. М.:ГУГК, 1967. 144 с.

9. СП 131.13330.2018. СНиП 23-01-99* «Строительная климатология». М., 2018.

10. Боброва Д.А., Казаков А.И. Многолетняя динамика температуры воздуха на о. Сахалин и Курильских островах // Экологические системы и приборы. 2021. № 11. С. 24–31. DOI 10.25791/esip.11.2021.1261.

11. Губарева Т.С., Лупаков С.Ю., Гарцман Б.И., Шамов В.В., Рубцов А.В., Кожевникова Н.К. Возможности оценивания бассейновой транспирации на основе измерения стволового сокодвижения: постановка задачи // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2019. № 4. С. 504–532. DOI 10.34753/HS.2019.1.4.504.

12. Генсировский Ю.В. Экзогенные геологические процессы и их влияние на территориальное планирование городов (на примере о. Сахалин): Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Иркутск, 2011. 19 с.

13. Гареев А.М., Зайцев П.Н., Комиссаров А.В. Некоторые особенности изменчивости максимальных расходов воды весеннего половодья в зависимости от влияния стокоформирующих факторов (на примере бассейнов рек Башкирского Предуралья) // Вестник Башкирского государственного университета. 2015. Т. 20, № 2. С. 478–484.

14. Анализ изменения количества осадков и гидрологического режима рек на территории Сахалинской области / Д. А. Боброва, А. И. Казаков // Четвертые Виноградовские чтения. Гидрология от познания к мировоззрению: сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского ученого Юрия Борисовича Виноградова, Санкт-Петербург, 23–31 октября 2020 г. СПб.: ООО «Издательство ВВМ», 2020. С. 567–572.

Поступила в редакцию 16.12.2021

Поступила после рецензирования 16.03.2022

Принята к публикации 28.04.2022

Об авторах

БОБРОВА Дарья Андреевна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией, Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований, Дальневосточное отделение Российской академии наук, 693023, Южно-Сахалинск, ул. Горького, 25, Россия,

<https://orcid.org/0000-0002-0823-2418>, e-mail: darya-kononova@yandex.ru

КАЗАКОВ Артем Иванович, ведущий инженер, Институт морской геологии и геофизики, Дальневосточное отделение Российской академии наук, 693022, Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б, Россия, e-mail: legn@inbox.ru

ШЕВЧЕНКО Артем Игоревич, зав. отделом, Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации – Мировой центр данных, 249035, Обнинск, ул. Королева, 6, Россия, e-mail: ashevchenko@meteo.ru

Для цитирования

Боброва Д.А., Казаков А.И., Шевченко А.И. Современная динамика количества твердых осадков и слоя стока весеннего половодья на реках Сахалина // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2022, Т. 27, № 2. С. 221–232. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2022-27-2-221-232>

DOI 10.31242/2618-9712-2022-27-2-221-232

Current dynamics of the amount of solid precipitation and the spring flood runoff on the Sakhalin rivers

D.A. Bobrova^{1,*}, A.I. Kazakov², A.I. Shevchenko³

¹Special Research Bureau for Automation of Marine Research FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

²Institute of the Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

³All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center, Obninsk, Russia

*darya-kononova@yandex.ru

Abstract. This paper presents the study of the current dynamics of the spring flood runoff layer and the highest water discharge on the Sakhalin Island rivers. We have analyzed the changes in the amount of solid

precipitation, which was the main factor in the formation of the river runoff layer. The study was based on the data for the precipitation amount as reported by 13 weather stations, and the flood runoff as reported by 9 hydrological posts. We have also investigated the dynamics of other climatic parameters (the sum of the positive average daily air temperatures from the beginning of snowmelt to the end of high water, the average winter height and density of snow cover). They influenced on the spring flood runoff on the River Arkovo – Arkovo village, and were registered at the Aleksandrovsk-Sakhalinsky weather station. The analysis showed that on the territory of Sakhalin Island an increase in the amount of precipitation was detected during the cold period (November-March) at the weather stations in the northern part of the island, except for the weather station Pogibi. However, there were no significant trends in the total spring flood runoff layer on the Sakhalin rivers, except of the River Tym', where a decrease in runoff was recorded. Thus, in Sakhalin, the increase in the amount of solid precipitation did not lead to an increase in the values of the flood runoff on its rivers.

Keywords: Sakhalin Island, solid precipitation, spring flood runoff, factors of flood runoff formation

Acknowledgements. The research was carried out within the State Assignment (project number AAAA-A19-119051390002-3).

References

1. *Doklad o klimaticeskikh riskah na territorii Rossijskoj Federacii* / edited by V. M. Kattsov. Sankt-Peterburg, 2017. 106 p.
2. *Vliyanie izmeneniya klimata na mnogoletnij sloj stoka vesennego polovod'ya rek Arkticheskoy zony Rossii* / V.V. Kovalenko, E.V. Gaidukova, N.V. Viktorova [et al.] // Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University. 2010. No. 14. P. 14–19.
3. *Transformaciya stoka vesennego polovod'ya i padkov v bassejne Verhnej Volgi pod vliyaniem klimaticheskikh izmenenij* / A.V. Gorbarenko, N.A. Varentsova, M.B. Kireeva // Water management of Russia: problems, technologies, management. 2021. No. 4. P. 6–28. DOI 10.35567/1999-4508-2021-4-1.
4. *Geografiya raspredeleniya i genezis klimatoobuslovlennykh izmenenij ekstremal'nykh raskhodov vody, opasnykh navodnenij i malovodij na rekah Rossii* [Geography of distribution and genesis of climate-conditioned changes in extreme water flow, dangerous floods and low water on the rivers of Russia] / V.A. Semenov, E.V. Gnilomedov, R.S. Salugashvili [et al.] // Proceedings of the All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information World Data Center. 2015. No. 179. P. 108–120.
5. *Resursy poverhnostnykh vod SSSR: Gidrologicheskaya yizuchennost'*. T. 18. Dal'nij Vostok. Vyp. 4. Sahalin i Kurily [Surface water resources of the USSR: Hydrological studies. Vol. 18. Far East. Issue 4. Sakhalin and the Kuriles]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1973. 264 p.
6. *Bulygina O.N., Razuvaev V.N., Korshunova N.N., Shvec N.V.* «Opisanie massiva dannyh mesyachnykh sum osadkov nastanciyah Rossii» [«Description of the data array of monthly precipitation amounts at stations in Russia»] Certificate of state registration of the database No. 2015620394.
7. *Nauchno-prikladnoj spravochnik po klimatu SSSR (Sahalinskaja oblast')* [Scientific and applied reference book on the climate of the USSR (Sakhalin region)] // Pil'nikovoj 3. Z. (ed.). Leningrad: Gidrometeoizdat, 1990, series 3, parts 1-6, no. 34. 351 p.
8. *Atlas Sahalinskoj oblasti* [Atlas of the Sakhalin region] / Edited by P. A. Leonov. M.: The Main Directorate of Geodesy and Cartography, 1967. 144 p.
9. *State Standard 131.13330.2018* «State Standard 23-01-99* Stroitel'naya klimatologiya [Construction climatology]», M, 2018.
10. *Bobrova D.A., Kazakov A.I.* *Mноголетnyaya dinamika temperatury vozduha na o. Sahalin i Kuril'skikh ostrovah* [Long-term dynamics of air temperature on Sakhalin Island and Kuril Islands] / D.A. Bobrova, A.I. Kazakov // Environmental systems and instruments. 2021. No. 11. P. 24–31. DOI 10.25791/esip. 11.2021.1261.
11. *Gubareva T.S., Lupakov S.Y., Garchman B.I., Sharmov V.V., Rubcov A.V., Kozhevnikova N.K.* *Vozmozhnosti ocenivaniya bassejnovoj transpiracii na osnove izmereniya stvolovogo sokodvizheniya: postanovka zadachi* [Possibilities of catchment's transpiration assessment based on sap flow measurements: the problem statement] / T.S. Gubareva, S.Y. Lupakov, B.I. Garchman [et al.] // Hydrosphere. Hazardous processes and phenomena. 2019. Vol. 1. Iss. 4. P. 504–532. DOI 10.34753/HS.2019.1.4.504.
12. *Gensiorovskij Y.V.* *Ekzogennye geologicheskie processy i ih vliyanie na territorial'noe planirovanie gorodov (na primere o. Sahalin)* [Exogenous geological processes and their impact on the territorial planning of cities (for example of Sakhalin Island)], Cand. philos. sci. diss. Irkutsk, 2011. 19 p.
13. *Gareev A.M., Zajcev P.N., Komissarov A.V.* *Nekotorye osobennosti izmenchivosti maksimal'nykh raskhodov vody vesennego polovod'ya v zavisimosti ot vliyaniya stokoformiruyushchih faktorov (na primere bassejnov rek Bashkirkirskogo Predural'ya)* [Some features of the variability of the maximum water consumption of the spring flood depending on the influence of runoff-forming factors (on the example of river basins of the Bashkir Urals)] Bashkir State University, Vol. 20, No. 2. 2015. P. 478–484.

Д.А. БОБРОВА и др.

14. Bobrova D.A., Kazakov A.I. Analiz izmeneniya kolichestva osadkov i gidrologicheskogo rezhima rek na territorii Sahalinskoj oblasti [Analysis of changes in the amount of precipitation and the hydrological regime of rivers in the Sakhalin region]. IV Vinogradov Conference

«Hydrology: from Learning to Worldview» in Memory of Outstanding Russian Hydrologist Yury Vinogradov, St. Petersburg, October 23-31, 2020. St. Petersburg State University. - Saint-Petersburg: OOO «VVM Publishing House», 2020. P. 567–572.

Submitted 16.12.2021

Revised 16.03.2022

Accepted 28.04.2022

About the authors

BOBROVA, Darya Andreevna, Cand. Sci. (Geography), senior researcher, head, Special Research Bureau for Automation of Marine Research, Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 25 Gorky st., Yuzhno-Sakhalinsk 693023, Russia,

<https://orcid.org/0000-0002-0823-2418>, e-mail: darya-kononova@yandex.ru

KAZAKOV, Artem Ivanovich, leading engineer, Institute of Marine Geology and Geophysics, Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 1B Nauka st., Yuzhno-Sakhalinsk 693022, Russia, e-mail: legn@inbox.ru

SHEVCHENKO, Artem Igorevich, head of the Department, All-Russian RI of Hydrometeorological Information – World Data Centre, 6 Koroleva st., Obninsk 249035, Russia, e-mail: ashevchenko@meteo.ru

For citation

Bobrova D.A., Kazakov A.I., Shevchenko A.I. Current dynamics of the amount of solid precipitation and the spring flood runoff on the Sakhalin rivers // Arctic and Subarctic Natural Resources. 2022, Vol. 27, No. 2. P. 221–232. (In Russ.) <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2022-27-2-221-232>