

Научная статья

УДК 556.06

<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2025-2/157-168>

Пространственное обобщение данных метеорологической сети на водосборах арктических рек Таз, Пур и Надым

Надежда Александровна Волкова^{1,2,✉}, Ксения Владимировна Ромашова²,
Андрей Михайлович Голубков²

¹ Российский государственный гидрометеорологический университет,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

² Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ na_san@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты пространственного обобщения данных гидрометеорологической сети для водосборов арктических рек Таз, Пур и Надым. Исследование направлено на анализ изменений температуры воздуха и атмосферных осадков в условиях сокращения наблюдательной сети и глобального потепления. На основе данных метеостанций выявлен значимый положительный тренд температуры (0,023–0,033°C/год), наиболее выраженный в северных районах. Анализ осадков показал их неоднородное распределение и расхождения между разными источниками данных (УГМС и meteo.ru). Методы пространственной интерполяции подтвердили устойчивость температурных полей и высокую изменчивость осадков, обусловленную локальными факторами. Полученные результаты важны для понимания климатических изменений в Арктике и могут быть использованы для прогнозирования гидрологического режима рек.

Ключевые слова: арктические реки, гидрометеорологическая сеть, пространственное обобщение, температура воздуха, атмосферные осадки, климатические изменения

Для цитирования: Волкова Н.А., Ромашова К.В., Голубков А.М. Пространственное обобщение данных метеорологической сети на водосборах арктических рек Таз, Пур и Надым // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2025. № 2(63). С. 157–168.

Original article

Spatial generalization of meteorological network data in the catchment areas of the Arctic rivers Taz, Pur and Nadym

Nadezhda A. Volkova^{1,2,✉}, Ksenia V. Romashova², Andrey M. Golubkov²

¹ Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, Russian Federation

² Arctic and Antarctic Research Institute, Saint Petersburg, Russian Federation

✉ na_san@mail.ru

Abstract. The article presents the results of spatial generalization of hydrometeorological network data for the catchment areas of the Arctic rivers Taz, Pur and Nadym. The study is aimed at analyzing changes in air temperature and precipitation in the context of a reduction in the observation network and global warming. Based on meteorological station data, a significant positive temperature trend (0.023–0.033°C/year) was revealed, which was most pronounced in the northern regions. Precipitation analysis showed its non-uniform distribution and discrepancies between different data sources (UGMS and meteo.ru). Spatial interpolation methods confirmed the stability of temperature fields and high precipitation variability caused by local factors. The results obtained are important for understanding climate change in the Arctic and can be used to predict the hydrological regime of rivers.

Keywords arctic rivers, hydrometeorological network, spatial generalization, air temperature, atmospheric precipitation, climate change

For citation: Volkova N.A., Romashova K.V., Golubkov A.M. Spatial generalization of meteorological network data in the catchment areas of the Arctic rivers Taz, Pur and Nadym. *FEFU: School of Engineering Bulletin*, 2025, no. 2(63), pp. 157–168. (In Russ.).

Введение

Изучать гидрометеорологические процессы в арктических регионах важно в условиях глобальных климатических изменений, которые проявляются наиболее ярко именно в северных широтах. Реки Таз, Пур и Надым являются типичными представителями средних арктических рек. Однако из-за сложности доступа к данным и ограничений в развитии гидрометеорологической сети наблюдений информация о пространственном распределении основных климатических и гидрологических параметров остаётся фрагментарной.

Пространственное обобщение данных позволяет преодолевать недостатки разрывистости наблюдений и создавать более полную картину распределения метеорологических и гидрологических характеристик по территории водосборов.

За последние годы гидрометеорологическая сеть сократилась в исследуемом регионе [1–2].

Цель исследования заключается в проведении пространственного обобщения данных метеорологической сети по двум наборам станций для водосборов арктических рек Таз, Пур и Надым для сравнения распределения температуры воздуха и атмосферных осадков.

Характеристика региона исследования

Бассейны рек Таз, Пур и Надым расположены в арктической зоне Западной Сибири (рис. 1), на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) и частично Красноярского края. Реки впадают в Обско-Тазовскую губу Карского моря. Схема водосборов представлена на рис. 1.

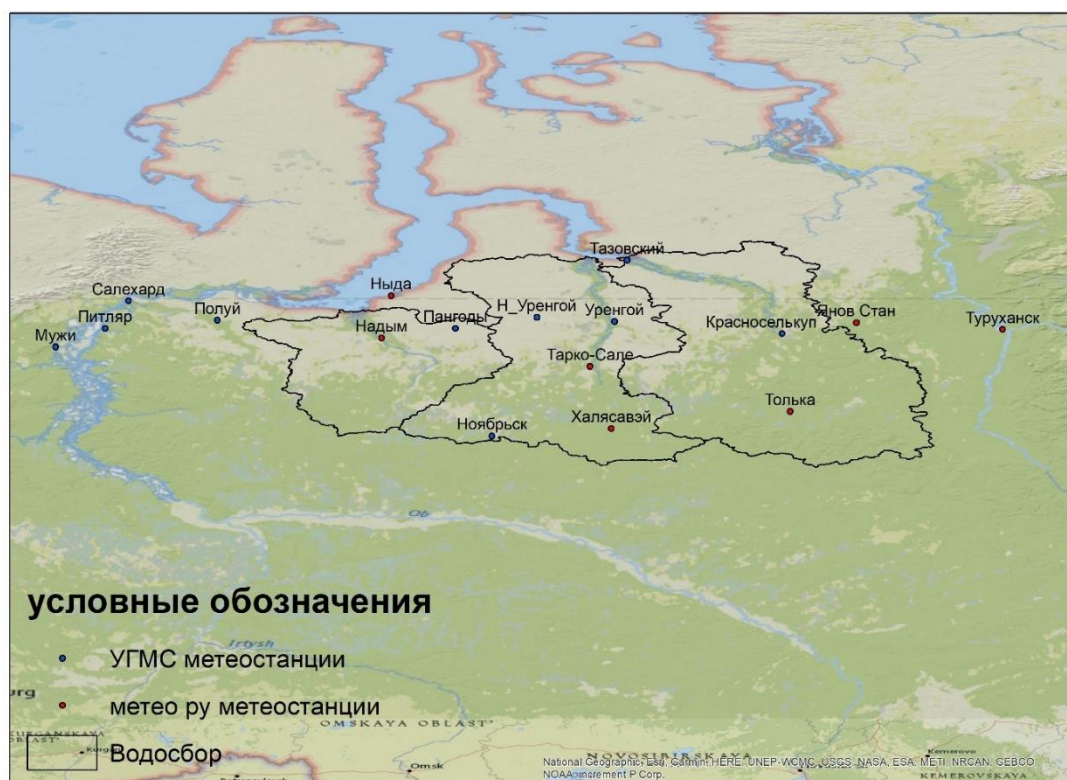


Рис. 1. Водосборы исследуемых рек и расположение метеорологических станций

Fig. 1. Catchments of the rivers under study and the location of meteorological stations

Длина реки Таз составляет около 935 км, площадь водосбора – 108,7 тыс. км². Бассейн охватывает преимущественно тундровые и субарктические территории, с юга гранича с лесотундрой.

Протяжённость реки Пур – 694 км, площадь водосбора – 45,8 тыс. км². Пур протекает через Ямало-Ненецкий автономный округ и характеризуется более компактным бассейном, чем Таз.

Река Надым имеет длину 513 км и площадь водосбора 35,9 тыс. км². Водосбор Надыма находится преимущественно в пределах лесотундры.

Все три реки протекают по территориям, где глубина многолетней мерзлоты может достигать значительных величин. Рельеф бассейнов преимущественно равнинный.

Климат бассейнов рек Таз, Пур и Надым относится к полярному и субарктическому типу. Основные характеристики:

- среднегодовая температура воздуха колеблется от -6 до -9°C. Зима длительная и суровая, со средними температурами января от -25 до -35°C. Лето короткое и прохладное, со средними температурами июля от +8 до +12°C;
- общее количество осадков невелико и составляет 200–400 мм в год. Максимум осадков приходится на период с июня по сентябрь;
- средняя высота снежного покрова составляет 30–50 см, продолжительность его залегания – около 200 дней в году;
- преобладают западные и северо-западные ветры, которые определяют характер переноса воздушных масс и распределение осадков.

Климатическая специфика региона оказывает существенное влияние на гидрологический режим рек, формируя их зависимость от сезонных изменений температуры и осадков.

Гидрологический режим рек Таз, Пур и Надым характеризуется выраженной сезонностью и определяется климатическими условиями региона, особенностями рельефа и распространением многолетней мерзлоты.

Основным источником питания является снеговое, которое доминирует в весенний период, когда тает снежный покров. Летом основным источником питания становятся атмосферные осадки. Подземные воды из-за наличия многолетней мерзлоты играют второстепенную роль.

Максимальный расход воды приходится на период с мая по июнь, связанный с половодьем. В этот период наблюдается резкий подъём уровня воды и увеличение расхода.

Минимальный расход воды фиксируется в конце осени и начале зимы. Зимний сток является минимальным в году.

Средняя продолжительность ледостава составляет 220–240 дней в году. Замерзание рек начинается в октябре-ноябре, вскрытие – в мае. Из-за сложного рельефа дна и наличия разрушаемых участков ледового покрова возникают заторы и зажоры, что существенно влияет на уровень воды и характер разливов.

Водосборы рек Таз, Пур и Надым охватывают несколько природно-климатических зон, каждая из которых имеет свои особенности.

Тундра располагается в северной части бассейнов и характеризуется уникальными природными условиями. Здесь преобладает низкорослая растительность, включающая мхи, лишайники и карликовые берёзы. Обилие болотистых участков обусловлены сильным влиянием многолетней мерзлоты, которая играет ключевую роль в гидрологических процессах региона.

Лесотундра занимает южную часть бассейнов и представляет собой переходную зону между тундрой и лесами. В этой зоне преобладают лиственничные и еловые леса, которые чередуются с участками тундровой растительности. Роль лесов здесь значительно возрастает, особенно в регуляции водного стока, что делает лесотундру важным элементом экосистемы.

Субарктика расположена на границе между тундрой и тайгой, сочетая в себе черты обеих природных зон. Для этой зоны характерно более выраженное влияние континентального климата по сравнению с тундрой, что отражается на разнообразии растительности и климатических условиях.

Перечисленные зоны различаются по характеру использования земель, плотности населения и степени антропогенного воздействия.

Методы исследования

1. Гидрометеорологическая сеть наблюдений

Распределение гидрометеорологических постов в бассейнах рек Таз, Пур и Надым имеет неравномерный характер, что существенно влияет на качество данных для пространственного анализа.

Плотность станций наблюдения распределена неравномерно по территории водосборов. Наибольшая концентрация станций отмечается в южной части, где преобладают лесотундровые ландшафты и расположены крупные населённые пункты, такие как Гыдань, Салехард и Надым. В то же время в северных районах, особенно в тундровой зоне, плотность станций значительно ниже из-за труднодоступности местности и суровых климатических условий.

Типы станций различаются в зависимости от их расположения и задач. Метеорологические станции чаще всего размещаются вблизи населённых пунктов, что обеспечивает их доступность для обслуживания. Гидрологические посты, как правило, сосредоточены на основных реках и крупных притоках, тогда как мелкие водотоки остаются вне зоны регулярного наблюдения, что создаёт пробелы в данных.

Пространственные пробелы в сети наблюдений являются значительной проблемой. Многие удалённые участки водосборов, особенно в верховьях рек, остаются неохваченными. Это затрудняет анализ источников питания рек и процессов формирования стока, что ограничивает возможности для полноценного изучения и прогнозирования гидрологических и климатических изменений в регионе.

Гидрометеорологическая сеть наблюдений в бассейнах рек Таз, Пур и Надым представляет собой систему постов (рис. 1, табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Перечень действующих метеостанций
List of operating weather stations

Код ВМО	Название	Широта	Долгота	Высота над уровнем моря, м	Дата открытия станции	Наличие данных на meteo.ru
23256	ТАЗОВСКИЙ	67.47	78.73	28	01.10.1932	есть
23330	САЛЕХАРД	66.53	66.67	16	01.01.1982	есть
23339	ПОЛУЙ	66.03	68.68	36	04.10.1949	нет
23345	НЫДА	66.63	72.93	7	21.10.1947	есть
23358	НОВЫЙ УРЕНГОЙ	66.10	76.78	62	01.09.1976	нет
23426	МУЖИ	65.38	64.72	19	01.08.1932	нет
23431	ПИТЛЯР	65.83	65.93	17	01.09.1940	нет
23443	ПАНГОДЫ	65.83	74.50	52	23.02.1974	нет
23445	НАДЫМ	65.47	72.67	19	01.01.1943	есть
23453	УРЕНГОЙ	65.95	78.40	24	07.09.1948	нет
23463	ЯНОВ СТАН	65.98	84.27	40	09.07.1951	есть
23465	КРАСНОСЕЛЬКУП	65.70	82.45	25	01.10.1962	нет
23472	ТУРУХАНСК	65.78	87.93	38	01.12.1843	есть
23552	ТАРКО-САЛЕ	64.92	77.82	27	01.11.1936	есть
23656	ХАЛЯСАВЭЙ	63.38	78.32	67	11.03.1957	есть
23657	НОЯБРЬСК	63.12	75.28	131	27.12.1979	нет
23662	ТОЛЬКА	63.98	82.08	35	27.04.1947	есть

2. Температура воздуха

Анализ данных показал, что на всех исследуемых метеостанциях наблюдается значимый положительный тренд температуры воздуха. Коэффициенты линейного тренда варьируются от 0,023 до 0,033°C/год (таблица 2, рис. 2). Наиболее выраженный рост температуры зафиксирован на станциях Тазовск и Тарко-Сале, что согласуется с общемировыми тенденциями усиления потепления в высоких широтах.

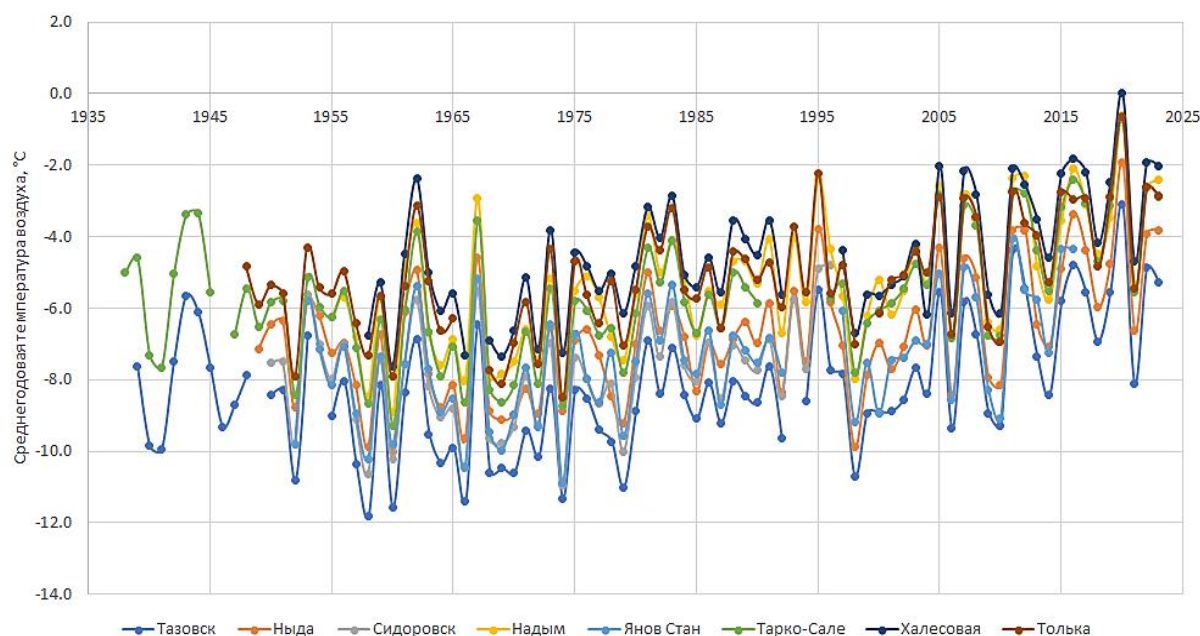


Рис. 2. Хронологический ход среднегодовой температуры воздуха

Fig. 2. Chronological course of average annual air temperature

Для проверки неоднородности рядов использовался t-критерий Стьюдента [3–5]. Временные ряды разделены на два подпериода: ранний (1961–1990) и поздний (1991–2020). Данное временное разделение обусловлено тем, что с 1 июля 2022 года подведомственные учреждения Росгидромета перешли на использование в оперативно-производственной практике климатических норм, рассчитанных за период 1991–2020 годы. По регламенту Всемирной метеорологической организации (ВМО) период осреднения значений метеорологических параметров для получения норм составляет 30 лет.

Результаты тестирования показали, что средние значения температуры в раннем и позднем подпериодах значительно различаются на уровне значимости 5% для всех станций (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

**Статистические показатели среднегодовой температуры воздуха
на метеостанциях бассейнов рек Таз, Пур и Надым (1961–2020 гг.)**

Statistical indicators of average annual air temperature at meteorological stations of the Taz, Pur and Nadym river basins (1961–2020)

Параметр	Тазовск	Ныда	Надым	Янов Стан	Тарко-Сале	Халесовая	Толька
Температура за – 1961–1990 гг.	-9.1	-7.4	-5.9	-7.8	-6.4	-5.1	-5.7
– 1991–2020 гг.	-7.3	-6.1	-4.5	-6.3	-4.7	-3.9	-4.4
разница	-1.8	-1.4	-1.4	-1.5	-1.7	-1.1	-1.2
Коэффициент линейного тренда	0.033	0.025	0.027	0.028	0.032	0.023	0.025
Критерий Стьюдента			m=	30	n=	30	
σ_1	1.33	1.36	1.42	1.50	1.45	1.38	1.45

Окончание табл. 2

Параметр	Тазовск	Ныда	Надым	Янов Стан	Тарко-Сале	Халесовая	Толька
σ_2	1.82	1.84	1.76	1.70	1.72	1.70	1.59
S	1.59	1.62	1.60	1.60	1.59	1.55	1.52
t	-4.29	-3.27	-3.40	-3.53	-4.12	-2.84	-3.11
tkp	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
Проверка значимости тренда							
R	0.43	0.36	0.39	0.40	0.47	0.36	0.39
σR	0.099	0.102	0.101	0.100	0.097	0.102	0.101
t	4.37	3.57	3.92	4.02	4.80	3.56	3.82
tkp	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66

Выявленный значимый тренд на увеличение температуры воздуха на исследуемых метеостанциях согласуется с глобальными тенденциями ускоренного потепления в Арктическом регионе. Особенно заметно это явление на станциях Тазовск и Тарко-Сале, где коэффициент тренда достигает 0,032–0,033°C/год. Причины такого значительного повышения температуры могут быть связаны как с глобальным изменением климата, так и с локальными факторами, такими как антропогенное воздействие и изменения в характере циркуляции атмосферы.

Неоднородность временных рядов, подтверждённая критерием Стьюдента, указывает на существенные изменения климатического режима за последние 60 лет. Изменения могут быть вызваны как естественными колебаниями климата, так и антропогенными факторами, включая интенсификацию промышленной деятельности в регионе.

3. Атмосферные осадки

Результаты анализа показали, что тренд изменения суммы атмосферных осадков является значимым только для части метеостанций. На станциях Ныда, Янов Стан, Халесовая и Толька тренд незначим (таблица 3, рис. 3). Для станций наблюдаются разнонаправленные изменения осадков.

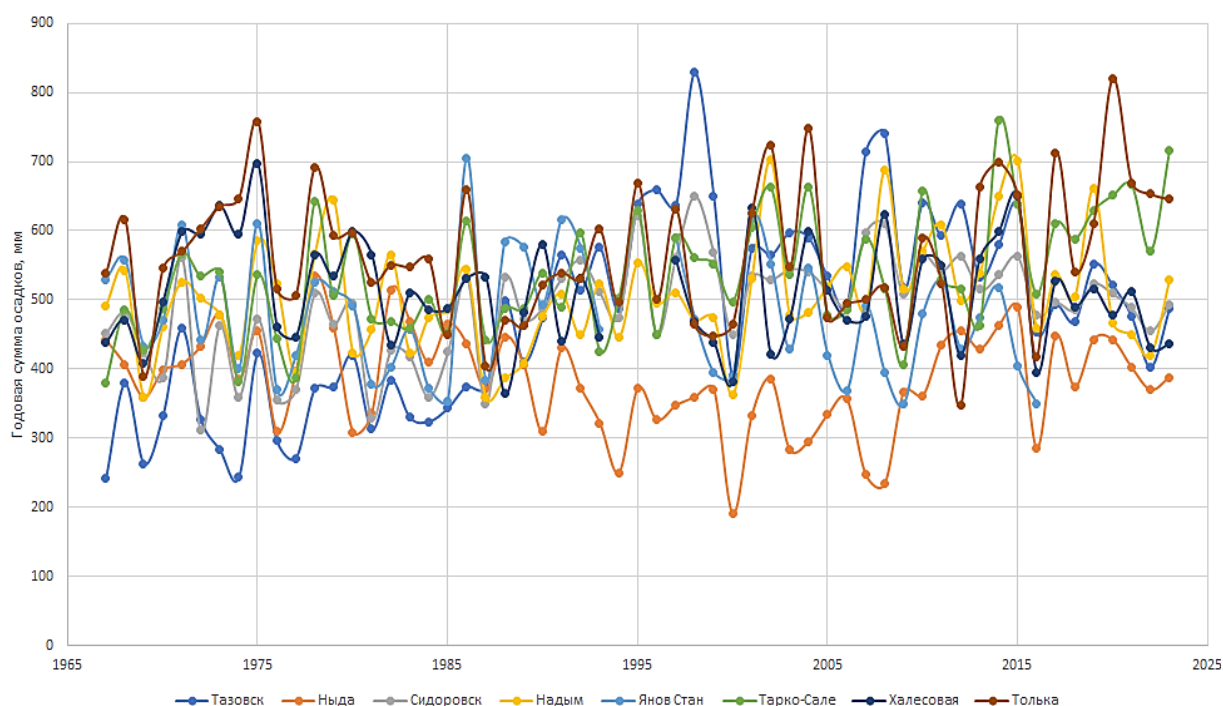


Рис. 3. Хронологический ход годовой суммы атмосферных осадков

Fig. 3. Chronological course of the annual amount of atmospheric precipitation

Таблица 3 / Table 3

**Статистические показатели годовых сумм атмосферных осадков
на метеостанциях бассейнов рек Таз, Пур и Надым (1967–2023 гг.)**
Statistical indicators of annual precipitation at meteorological stations in the Taz, Pur
and Nadym river basins (1967–2023)

Параметр	Тазовск	Ныда	Надым	Янов Стан	Тарко-Сале	Халесовая	Толька
Средняя сумма осадков за – 1967–1994 гг.	380	404	479	491	495	516	555
– 1995–2023 гг.	573	365	531	460	577	504	579
разница	193	-39	52	-31	82	-12	24
Коэффициент линейного тренда	5.21	-0.75	1.32	-1.03	2.74	-0.53	0.82
Критерий Стьюдента			m	28	n	29	
СКО σ_1	92.93	66.93	69.86	92.82	68.33	77.19	82.74
СКО σ_2	99.41	72.40	83.83	79.30	84.26	75.09	114.50
S	96.28	69.77	77.29	86.20	76.85	76.13	100.17
t	-7.55	2.10	-2.54	1.36	-4.03	0.58	-0.91
t _{кр}	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
Проверка значимости тренда							
R	0.64	-0.17	0.27	-0.18	0.52	-0.12	0.14
σR	0.104	0.133	0.130	0.133	0.115	0.134	0.134
t	6.10	-1.31	2.09	-1.33	4.56	-0.89	1.02
t _{кр}	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67

Применение t-критерия Стьюдента (табл. 3, сравнение t и t_{кр}) подтвердило неоднородность временных рядов атмосферных осадков для всех станций, кроме Янов Стан, Халесовая и Толька. Разделение данных на два подпериода (ранний и поздний) показало значимые различия между средними значениями осадков.

Анализ атмосферных осадков выявил разнонаправленные изменения. На станциях Тазовск, Сидоровск, Надым, Тарко-Сале и Толька наблюдалось увеличение суммы осадков, что может быть связано с интенсификацией циклонической активности и повышением влажности воздуха в условиях потепления. На остальных станциях (Ныда, Янов Стан, Халесовая) сумма осадков уменьшилась, что может быть вызвано изменениями в атмосферной циркуляции или снижением влажности из-за уменьшения испарения с поверхности почвы.

Влажность – один из ключевых факторов, влияющих на количество осадков. Однако её роль неоднозначна и зависит от других климатических процессов. Повышенная влажность (из-за роста испарения или адвекции влажных воздушных масс) увеличивает вероятность осадков, так как в атмосфере накапливается больше водяного пара, способного конденсироваться в облака и выпадать в виде дождя или снега. Снижение влажности (из-за уменьшения испарения или усиления антициклональной погоды) может уменьшать осадки, поскольку сухой воздух препятствует образованию облаков. График хода относительной влажности представлен на рис. 4. Результаты статистической обработки приведены в таблице 4.

Усиленное испарение с поверхности океанов и тающей вечной мерзлоты увеличивает влажность воздуха. Атмосфера в высоких широтах становится способной удерживать больше водяного пара (по формуле Клаузиуса – Клапейрона). В бассейнах реки Пур влажность может расти из-за деградации мерзлоты и возникновения новых водоёмов.

Потепление приводит к более раннему сходу снега и иссушению почв, что сокращает испарение во второй половине лета. Антициклональные режимы (блокирующие циклоны) могут препятствовать переносу влаги из океанов. В бассейне реки Таз возможен рост засушливости из-за смещения атмосферных фронтов.

Неоднородность временных рядов атмосферных осадков, подтверждённая критерием Стьюдента, указывает на существенные изменения климатического режима в середине периода наблюдений. Такие изменения могут быть вызваны как естественными колебаниями климата, так и антропогенными факторами, включая интенсификацию промышленной деятельности в регионе.

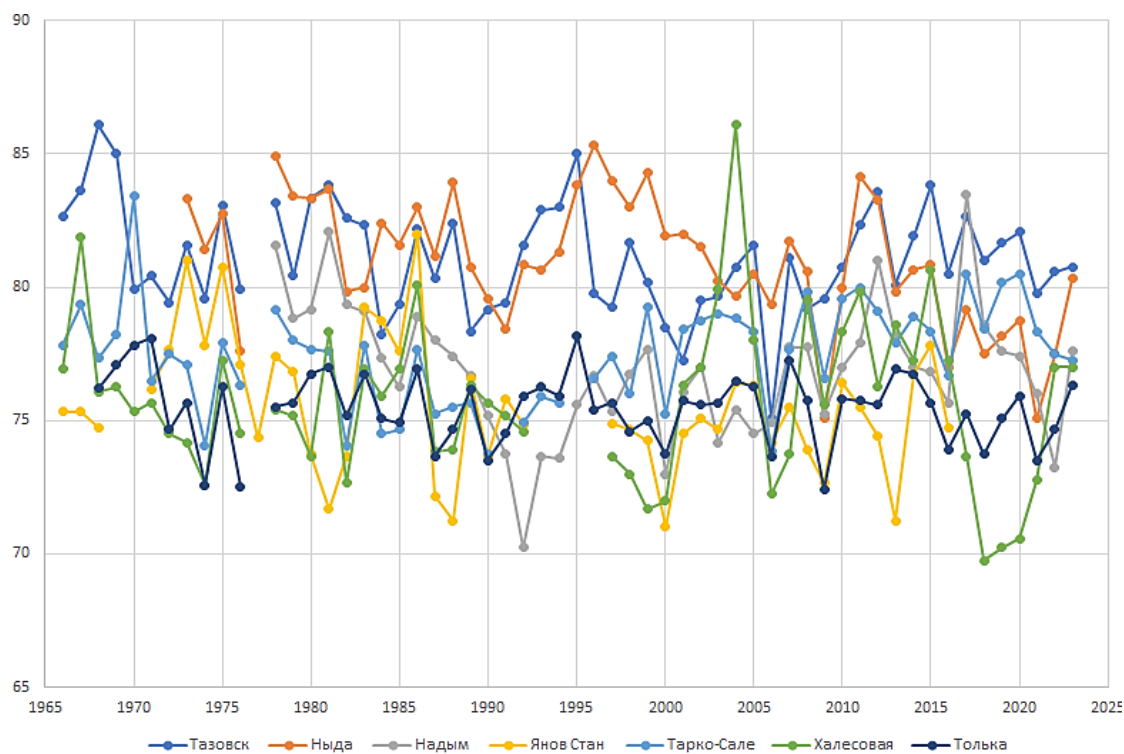


Рис. 4. Хронологический ход среднегодового значения относительной влажности

Fig. 4. Chronological course of the average annual value of relative humidity

Таблица 4 / Table 4

Статистические показатели среднегодовой относительной влажности на метеостанциях бассейнов рек Таз, Пур и Надым (1966–2023 гг.)

Statistical indicators of average annual relative humidity at meteorological stations in the Taz, Pur and Nadym river basins (1966–2023)

Параметр	Тазовск	Ныда	Надым	Янов Стан	Тарко-Сале	Халесовая	Толька
Среднее за							
– 1995–2023 гг.	80.7	80.5	76.7	74.7	78.2	75.8	75.4
разница	-0.9	-1.1	-0.4	-1.5	1.4	0.1	-0.2
Коэффициент линейного тренда	-0.025	-0.080	-0.020	-0.049	0.026	-0.007	-0.013
Критерий Стьюдента	m			29	n	29	
СКО σ_1	2.04	1.90	3.09	2.83	2.07	2.09	1.44
СКО σ_2	1.97	2.65	2.12	1.70	1.60	3.79	1.25
S	2.00	2.31	2.65	2.33	1.85	3.06	1.35
t	1.70	1.80	0.56	2.40	-2.85	-0.11	0.55
ткр	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
Проверка значимости тренда							
R	-0.21	-0.49	-0.10	-0.30	0.23	-0.04	-0.16
σR	0.131	0.117	0.133	0.128	0.130	0.134	0.132
t	-1.59	-4.20	-0.79	-2.34	1.78	-0.30	-1.22
ткр	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67

Результаты пространственной интерполяции данных

По двум наборам метеорологических станций построены карты распределения средне-годовой температуры воздуха и атмосферных осадков (рис. 5).

Первый набор состоит из метеорологических станций, данные которых передаются в УГМС. Второй набор состоит из метеостанций, данные по которым можно получить на сайте meteo.ru в открытом доступе (таблица 1).



Рис. 5. Схема изотерм, построенных по двум наборам метеорологических станций

Fig. 5. Diagram of isotherms constructed using two sets of meteorological stations

Изолинии равных температур (изотермы), построенные по данным разных метеорологических станций, в общем совпадают. Низкая расчленённость рельефа приводит к однородности температурного поля. Большое расстояние между станциями компенсируется плавностью изменения температуры.

Температура зависит в первую очередь от глобальных и региональных факторов, таких как географическая широта, циркуляция воздушных масс и сезонные изменения. Благодаря этому она изменяется плавно, без резких перепадов на больших территориях.

Температурные показатели на соседних метеостанциях обычно сильно коррелируют даже на расстоянии 50–100 км. Это позволяет строить изотермы с высокой точностью даже при относительно редкой сети наблюдений.

Измерение температуры производится с высокой точностью, а современные термометры (как электронные, так и традиционные) дают сопоставимые результаты с минимальными систематическими погрешностями.

Поскольку температурное поле изменяется плавно, для его интерполяции успешно применяются даже простые методы, такие как линейная аппроксимация или кригинг. Для осадков же интерполяция требует более сложных подходов, учитывающих рельеф, близость водоёмов и другие локальные факторы, что увеличивает вероятность расхождений между разными наборами данных.

Таким образом, совпадение изотерм при использовании разных источников данных объясняется высокой устойчивостью температурных полей, точностью измерений и эффектив-

ностью методов их интерполяции. В то же время для осадков эти условия не выполняются, что приводит к различиям в построенных изолиниях.

В отличие от температуры, осадки отличаются крайней неоднородностью из-за локальных эффектов: влияния рельефа (орографии), конвективных процессов и особенностей ветровых потоков.

Корреляция атмосферных осадков между станциями может резко снижаться уже на расстоянии 10–20 км, особенно в случаях ливневых дождей, которые часто носят локальный характер.

На точность измерений влияет множество факторов: сила ветра, тип осадкомера (например, обычный ведёрный или автоматический датчик), что может приводить к значительным расхождениям между станциями.

В таблице 5 представлена среднегодовая сумма осадков для водосборов исследуемых рек, полученная по изогиям (рис. 6).

Таблица 5 / Table 5

Среднегодовая сумма осадков для водосборов с карты изогийт (рис. 6)
Average annual precipitation for catchments from the isohyet map (Fig. 6)

Водосбор реки	Среднегодовая сумма осадков, мм	
	данные по метеостанциям УГМС	данные по метеостанциям с meteo.ru
Надым	222	230
Пур	221	248
Пяку-Пур	228	241
Таз	200	242



Рис. 6. Схема изогийт, построенных по двум наборам метеорологических станций

Fig. 6. Scheme of isohyets constructed using two sets of meteorological stations

Анализируя таблицу 5, можно сделать следующие выводы. Данные о среднегодовом количестве осадков, полученные от УГМС, систематически занижены по сравнению с данными meteo.ru. Эта тенденция прослеживается во всех четырёх рассмотренных речных бассей-

нах. Разница между двумя источниками варьируется от 8 до 42 мм в год, что указывает на существенные расхождения в измерениях. Такое существенное различие обусловлено в данном случае разным набором метеорологических станций для построения изогий. Соответственно, можно сделать вывод о некорректности интерполяции данных по атмосферным осадкам в условиях недостаточного количества метеостанций.

Наиболее значительная разница наблюдается для реки Таз: по данным УГМС, осадки составляют 200 мм, тогда как по meteo.ru – 242 мм, разница 42 мм (около 17% занижения). Схожая ситуация с рекой Пур: УГМС фиксирует 221 мм, а meteo.ru – 248 мм, что на 27 мм ($\approx 11\%$) больше.

Наименее выраженное отличие зафиксировано для реки Надым: показатели УГМС (222 мм) лишь на 8 мм ($\approx 3,5\%$) ниже данных meteo.ru (230 мм). Это говорит о том, что в некоторых случаях расхождения между источниками могут быть незначительными.

Заключение

Проведённое исследование пространственного обобщения данных гидрометеорологической сети для водосборов арктических рек Таз, Пур и Надым позволило выявить ключевые тенденции изменения климатических параметров в регионе. Анализ температурных данных показал значимый положительный тренд, особенно выраженный на станциях Тазовск и Тарко-Сале, где среднегодовая температура увеличивалась на $0,032\text{--}0,033^\circ\text{C}$ в год. Это согласуется с глобальными процессами потепления в Арктике, которые оказывают существенное влияние на гидрологический режим рек и состояние многолетней мерзлоты.

Результаты исследования атмосферных осадков оказались менее однозначными. Наблюдались разнонаправленные изменения: увеличение осадков на одних станциях (например, Тазовск, Тарко-Сале) и их уменьшение на других (Ныда, Янов Стан). Это может быть связано как с локальными климатическими особенностями, так и с изменениями циркуляции воздушных масс. Кроме того, выявлены значительные расхождения в данных между источниками (УГМС и meteo.ru), что подчёркивает необходимость стандартизации методов измерений и сбора информации.

Пространственная интерполяция данных подтвердила, что температурные поля в регионе отличаются высокой устойчивостью, тогда как осадки подвержены значительной локальной изменчивости. Это создаёт дополнительные сложности для моделирования гидрологических процессов и прогнозирования климатических изменений. Учитывая сокращение гидрометеорологической сети в регионе, особую важность приобретают методы дистанционного зондирования и интеграции данных из различных источников.

Полученные результаты имеют практическое значение для планирования адаптационных мер в условиях меняющегося климата, управления водными ресурсами и минимизации антропогенного воздействия на хрупкие арктические экосистемы. Дальнейшие исследования должны быть направлены на расширение сети наблюдений, углублённый анализ взаимодействия климатических и гидрологических факторов, а также разработку более точных методов интерполяции данных.

ВКЛАД АВТОРОВ | CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Н.А. Волкова – разработка концепции исследования, анализ и интерпретация результатов, подготовка и редактирование текста; К.В. Ромашова – сбор данных, анализ результатов; А.М. Голубков – подготовка графического материала. Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

N.A. Volkova – development of the study concept, analysis and interpretation of results; preparation and editing of the text; K.V. Romashova – data collection, analysis of results; A.M. Golubkov – preparation of graphic material. All authors read and approved the final version of the manuscript.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ | DISCLOSURE

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Муждаба О.В., Штанников А.В., Третьяков М.В. Современное состояние государственной гидрологической сети наблюдений в Арктической зоне РФ // Пятые Виноградовские чтения. Гидрология в эпоху перемен: Сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского ученого Юрия Борисовича Виноградова, Санкт-Петербург, 05–14 октября 2023 года. Санкт-Петербург: ООО «Издательство ВВМ», 2023. С. 380–385.
2. Третьяков М.В., Кузьмичев А.П. Результаты методического руководства гидрологическими наблюдениями в Арктической зоне Российской Федерации в 2022 году // Российские полярные исследования. 2023. № 1(51). С. 33–35.
3. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. СПб., изд. РГГМУ, 2007. 279 с.
4. Свод правил СП 33-101-2003. Определение основных расчётных гидрологических характеристик. М.: Стройиздат, 2004. 72 с.
5. Свод правил СП 529.1325800.2023 «Определение основных расчётных гидрологических характеристик». М.: Минстрой России, 2023. 110 с.

REFERENCES

1. Muzhdaba O.V., Shtannikov A.V., Tretyakov M.V. Current state of the state hydrological observation network in the Arctic zone of the Russian Federation. *The Fifth Vinogradov Readings. Hydrology in the Era of Change: Collection of reports of the international scientific conference in memory of the outstanding Russian scientist Yuri Borisovich Vinogradov*, St. Petersburg, October 5–14, 2023. St. Petersburg: ООО "VVM Publishing House", 2023, pp. 380–385.
2. Tretyakov M.V., Kuzmichev A.P. Results of the methodological guidance of hydrological observations in the Arctic zone of the Russian Federation in 2022. *Russian polar research*, 2023, no. 1(51), pp. 33–35.
3. Sikan A.V. Methods of statistical processing of hydrometeorological information. SPb., publ. RSHU, 2007. 279 p.
4. Code of Practice SP 33-101-2003. Definition of the main calculated hydrological characteristics. M.: Stroyizdat, 2004. 72 p.
5. Code of Practice SP 529.1325800.2023 "Definition of the main calculated hydrological characteristics". M.: Ministry of Construction of Russia, 2023. 110 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Волкова Надежда Александровна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры водно-технических изысканий, Российский государственный гидрометеорологический университет (Санкт-Петербург, Российская Федерация); старший научный сотрудник, Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (Санкт-Петербург, Российская Федерация),

✉ na_san@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9272-4713>

Nadezhda A. Volkova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Water Engineering Surveys of the Russian State Hydrometeorological University (Saint-Petersburg, Russian Federation), Senior Researcher, Arctic and Antarctic Research Institute (Saint-Petersburg, Russian Federation).

Ромашова Ксения Владимировна – научный сотрудник, Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (Санкт-Петербург, Российская Федерация),

✉ hydrology2@aari.ru

Ksenia V. Romashova, Researcher, Arctic and Antarctic Research Institute (Saint-Petersburg, Russian Federation).

Голубков Андрей Михайлович – инженер, Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (Санкт-Петербург, Российская Федерация),

✉ hydrology2@aari.ru

Andrey M. Golubkov, engineer, Arctic and Antarctic Research Institute (Saint-Petersburg, Russian Federation).

Статья поступила в редакцию / Received: 20.04.2025.

Доработана после рецензирования / Revised: 03.06.2025.

Принята к публикации / Accepted: 23.06.2025.