

МЕТЕОРОЛОГИЯ, КЛИМАТОЛОГИЯ

УДК 551.583

ИЗМЕНЕНИЯ ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСАДКОВ И ДИНАМИКА СНЕЖНОСТИ В ГОРАХ КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ

М.М. Адаменко¹, Я.М. Гутак¹, И.П. Треньков²



¹ Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия

² Государственный природный заповедник «Кузнецкий Алатау», Междуреченск, Россия

Производится анализ изменений годового количества осадков и снежности центральной части гор Кузнецкого Алатау на основе данных метеостанций и снегомерных исследований с 1960 по 2020 г. Выявлен устойчивый тренд увеличения осадков. Установлена закономерность: в Кузнецком Алатау за последние 30 лет в среднем 40 % осадков от годовой суммы накапливается в снежном покрове и 60 % выпадает преимущественно в жидкой фазе. Выявлено, что в субальпийской зоне наветренных западных и юго-западных склонов в снежном покрове накапливается до 1 800 мм в слое воды. Результаты указывают на состоятельность мнения П.С. Шпина, утверждавшего, что величина годового количества осадков в горах Кузнецкого Алатау достигает 3 000–3 500 мм в год и более.

Ключевые слова: изменение климата, увеличение осадков, снегомерные исследования

Введение

Изменение режима выпадения осадков, их объема или периодичности в настоящее время отмечается повсеместно, в том числе и для территории Сибири. Оценка пространственно-временной изменчивости стока рек Республики Алтай показала, что изменение стока «в значительно мере обусловлено возросшей в настоящее время, пространственной и временной неоднородностью в выпадении осадков» [Аванесян, 2013, с. 19]. Для Западно-Сибирской равнины выявлен рост среднегодового количества осадков со скоростью до 17,8 мм/10 лет в зоне лесостепи и отмечено увеличение с 1970-х гг. повторяемости случаев аномально большого среднегодового количества осадков [Евсеева, Филандышева, 2016]. Для верховьев бассейна р. Томь с 1983 г. наблюдается значительный рост величин снегозапасов с интенсивностью 30–56 мм/10 лет [Вершинина, 2017]. В горах Кузнецком Алатау отмечается рост годовых сумм осадков за последние 40 лет, с интенсивностью до 80 мм/10 лет [Адаменко и др., 2017].

Текущие климатические изменения создают повышенные экологические риски, особенно в условиях имеющейся недоизученности климатических особенностей отдельных территорий Сибири. К таковым относятся горы Кузнецкого Алатау, отличающиеся аномально большим количеством осадков. Ввиду субмеридионального простиражения горной структуры, она является естественным барьером на пути циклонов и усиливает циклоническую деятельность. На распределение осадков в пределах

западного макросклона Кузнецкого Алатау большое влияние оказывают также локальные факторы, а именно соответствие ориентировки речных долин и хребтов с направлением адвективных потоков, что способствует возникновению сильных восходящих токов воздуха, интенсивному развитию процессов конденсации и отдаче влаги на сравнительно небольшой территории.

Активное развитие туризма в горах Кузнецкого Алатау, в том числе и в зимнее время (пос. Приисковый; туристический район «Поднебесные Зубья»), в условиях отсутствия понимания климатических особенностей региона способствует росту количества несчастных случаев. Анализ несчастных случаев, произошедших за последние годы, показал, что большинство было вызвано снежным покровом или опасными метеорологическими явлениями, связанными с выпадением осадков. В связи с обозначенной проблемой в данной статье производится анализ происходящих изменений внутригодового распределения осадков и динамики снежности в горах Кузнецкого Алатау.

Материалы и методы исследований

В ходе работы были проанализированы следующие материалы.

1. Данные по месячным и годовым суммам осадков приземного слоя воздуха из базы данных ВНИИГМИ-МЦД [Булыгина и др., 2020] по гидрометеорологической станции (ГМС) «Ненасная» за период наблюдений с 1934 по июнь 2019 г.

2. Первичные данные наблюдений по ежедневным объемам осадков из открытой базы данных портала Метеоцентр [Метеоцентр..., 2020] по ГМС «Центральный рудник» и «Ненастная» за 2019 г.

3. Данные справочников по климату СССР [Справочник по климату СССР, 1956; Научно-прикладной справочник..., 1990].

4. Результаты снегомерных работ, проводимых в заповеднике «Кузнецкий Алатау» в бассейне р. Средняя Терсь в 2011–2020 гг. В статье приводятся данные по трем снегопунктам, отличающихся наибольшей перио-

дичностью измерений (KUZ-VTR-1-SDG-2 «Кордон Верхняя Терсь», KUZ-VTR-1-SDG-1 «Метеостанция», KUZ-VTR-2-SDG-1 «Рыбное»).

5. Суточные данные о высоте снежного покрова из базы данных ВНИИГМИ-МЦД по ГМС «Ненастная» за период наблюдений с 2011 по 2020 г. [Булыгина и др., 2020].

При обработке данных применены методы математической статистики (линейной и нелинейной регрессии, корреляционный анализ и др.). Географическое расположение объектов исследования представлено на рис. 1.

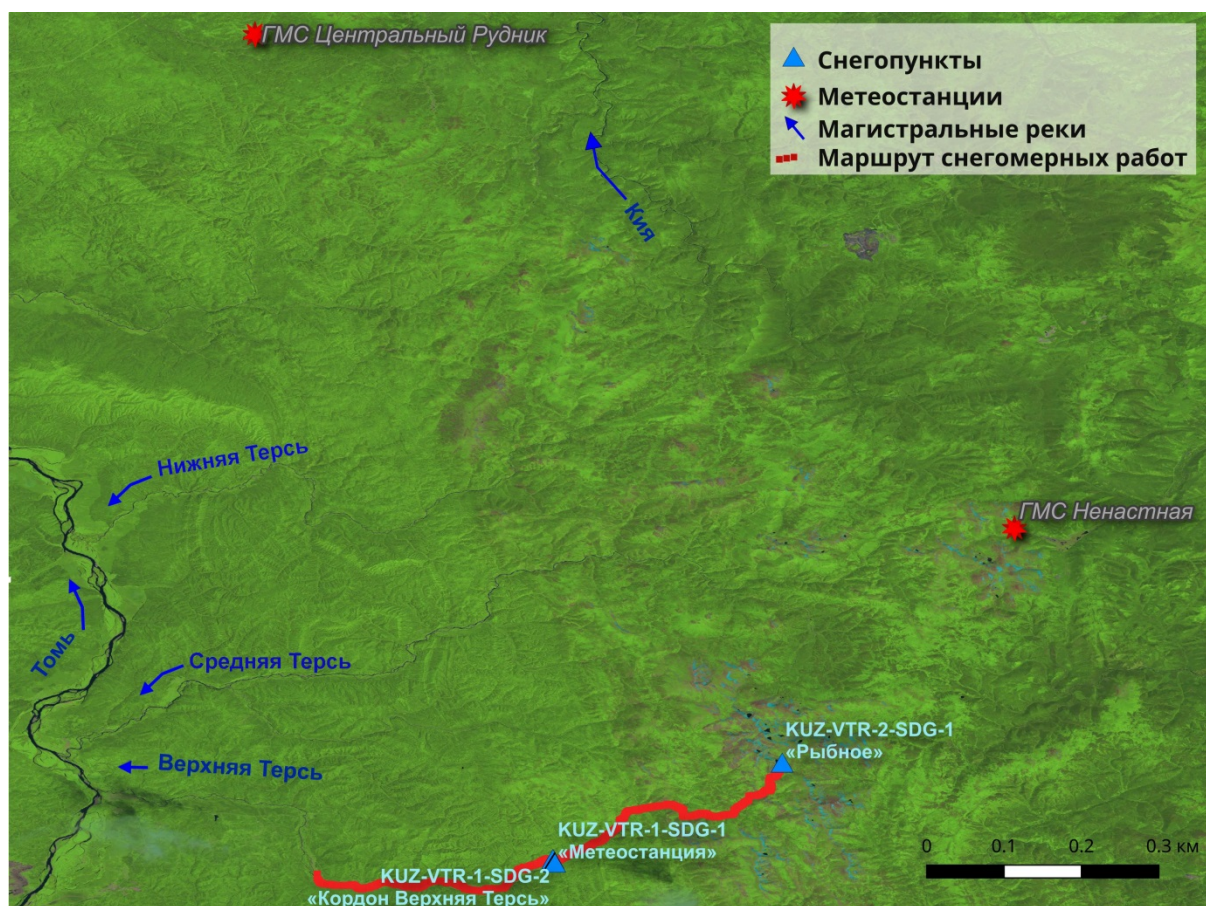


Рис. 1. Район исследования

Fig. 1. Objects and sites locations

Результаты и обсуждения

В предгорьях западного макросклона Кузнецкого Алатау годовая сумма осадков оценена как 800 мм/год [Ресурсы..., 1972]. Поднимаясь к осевому водоразделу, количество осадков увеличивается. При этом имеющиеся в литературе данные о количестве осадков в водораздельной зоне Кузнецкого Алатау сильно разнятся. Максимальное годовое количество осадков в обозначенном районе неизвестно и в разных трудах оценива-

ется по-разному. В «Ресурсах поверхностных вод СССР» – до 1 500 мм/год [Ресурсы..., 1972, с. 15, 16]; расчетным методом по модулю стока – до 2 190 мм/год [Шпинь, 1971, с. 165]; по результатам снегомерных съемок в южной части западного склона Кузнецкого Алатау – до 3 000 мм/год и более [Шпинь, 1975, с. 87].

В пределах горной системы Кузнецкого Алатау в настоящее время функционируют две метеостанции: «Центральный рудник» и «Ненастная», которые расположены в предгорьях и на восточном (подветрен-

ном) склоне. Их наблюдения не позволяют оценить максимально возможное количество осадков в горах Кузнецкого Алатау, которое выпадает на западном склоне вблизи водоразделов осевых хребтов и массивов. При выявленных недостатках описываемые метеостанции отличаются длительной периодичностью наблюдений и расположены в пределах территории, слабо охваченной хозяйственной деятельностью человека, на значительном удалении от крупных населенных пунктов и промышленных центров. Это делает их репрезентативными при оценке происходящих климатических изменений.

На восточном макросклоне в приводораздельной зоне расположена ГМС «Ненастная» (поселок Приис-

ковое, абс. высота 1 178 м н. у. м.), которая ведет наблюдения с 1934 г. На западном макросклоне на абс. высоте 495 м н. у. м. расположена ГМС «Центральный Рудник», которая ведет наблюдения с 1937 г. В открытом доступе специализированных массивов для климатических исследований представлены данные ГМС «Ненастная» за весь период наблюдений. Для ГМС «Центральный Рудник» в открытом доступе имеются результаты метеорологических наблюдений только за 2019 г.

Для имеющегося массива данных (весь 2019 г.) по двум ГМС был произведен корреляционный анализ режима выпадения осадков, результаты которого представлены на рис. 2.

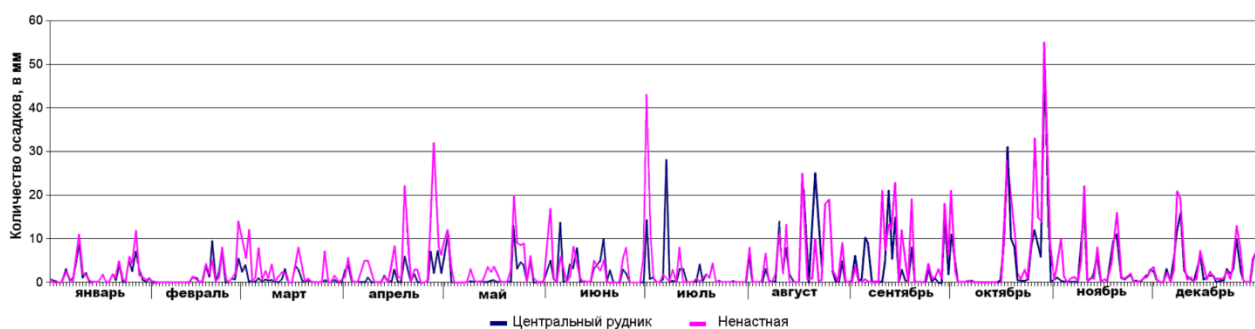


Рис. 2. Совмещенный график суточных сумм осадков по ГМС «Центральный рудник» и «Ненастная» (за 2019 г. по суткам)

Fig. 2. Combined graph of daily precipitation amounts by weather stations “Central Rudnik” and “Nenastnaya” (for 2019 by days)

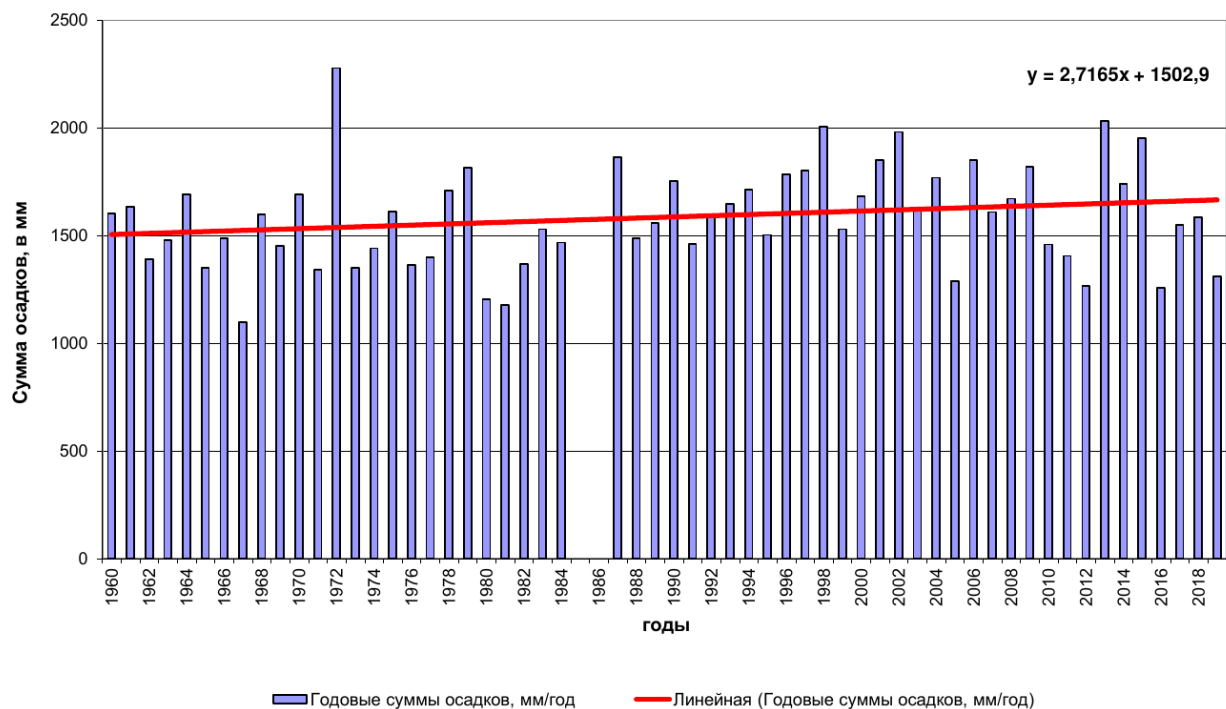


Рис. 3. Многолетний ход годовых сумм осадков по ГМС «Ненастная» с 1960 по 2019 г.

Fig. 3. Long-term variation of annual precipitation amounts according to “Nenastnaya” weather station, from 1934 to 2019

Таблица 1

**Сводные данные о динамике выпадения осадков в горах Кузнецкого Алатау в XX–XXI вв.
(по данным ГМС Ненастная)**

Table 1

**Summary data about the dynamics of precipitation in the Kuznetsk Alatau mountains in the XX–XXI centuries
(according to the data of «Nenastnaya» weather station)**

Показатель	Месяц												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Значения за период 1936–1950 гг. (по : [Справочник по климату СССР, 1956])													
Среднемесячные и среднегодовые осадки, мм	9	6	14	40	101	135	131	119	123	50	15	11	755
Коэффициент вариации месячного и годового количества осадков	1	0,6	0,7	0,3	0,4	0,2	0,4	0,4	0,5	0,8	0,6	0,7	0,2
Значения за период 1950–1980-х гг. (по: [Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1990])													
Среднемесячные и среднегодовые осадки, мм	118	88	96	90	124	126	133	135	130	134	186	147	1507
Коэффициент вариации месячного и годового количества осадков	0,47	0,65	0,40	0,43	0,45	0,35	0,41	0,33	0,48	0,32	0,42	0,54	0,44
Значения за период 1990–2019 гг. (по: [Булыгина и др., 2020])													
Среднемесячные и среднегодовые осадки, мм	112,9	90,6	118,2	134,3	137,6	124,0	117,5	134,9	151,0	195,7	179,5	154,5	1650,7
Коэффициент вариации месячного и годового количества осадков	0,57	0,54	0,51	0,46	0,56	0,35	0,35	0,47	0,40	0,32	0,31	0,48	0,13

Режим выпадения осадков по суткам на ГМС «Ненастная» и «Центральный рудник» отличается высокой синхронностью: коэффициент корреляции для всего массива данных составляет 0,75. Анализ по месяцам показывает, что наибольшая синхронность в выпадении осадков прослеживалась в январе, мае, августе, октябре, ноябре и декабре (коэффициенты в пределах 0,83–0,94). При этом для марта и июля корреляция слабая (0,34 и 0,12 соответственно). Вероятно, распределение осадков в марте и июле определяется в Кузнецком Алатау локальными факторами. Анализа в рамках одного года явно недостаточно для выявления количественных зависимостей, но выявленная синхронность в выпадении осадков указывает на допустимость экстраполяции данных по ГМС «Ненастная» (расположенной в зоне осевого водораздела) и для западного макросклона гор Кузнецкого Алатау. В прошлых работах [Адаменко и др., 2017] мы доказывали, что ГМС «Ненастная» подходит для оценки динамики температурного режима гляцио-нивальнoй зоны Кузнецкого Алатау в летний период.

В табл. 1 представлены данные среднесезонных месячных и годовых сумм осадков по ГМС «Ненастная» по трем временным периодам: 1936–1950-е; 1950–1980-е и 1990–2019-е гг. Результаты

свидетельствуют о происходящем в XX–XXI столетиях увеличении осадков. Период наблюдений (с 1934 по 1953 г.) отличается существенно меньшими годовыми суммами осадков, чем за последующие периоды. Усредненные годовые осадки за период 1936–1950 гг. составляют 755 мм/год, а за период 1950–1980 гг. – уже 1 507 мм/год (почти в 2 раза больше). Данная особенность, вероятно, обуславливается несовершенством системы метеонаблюдений в этот период. В «Справочнике по климату СССР» для рассматриваемой метеостанции отмечается, что наблюдения над осадками проводились дождемерами с воронкообразной защитой [Справочник..., 1956]. Кроме того указывается, что «до 1941 г. за холодный период суммы преуменьшены вследствие выдувания осадков» [Справочник..., 1956, с. 29].

Действительно, месячные суммы осадков холодного периода с 1941 г. увеличиваются в среднем на 1–12 мм. Как отмечает С.Ю. Гаврилова, в первой половине 1950-х гг. на метеостанциях СССР производилась замена дождемера на осадкомер конструкции Третьякова, что привело к нарушению климатологической однородности временных рядов осадков [Гаврилова, 2010]. По данным Ц.П. Швера, максимальный недоучет в месячных суммах твердых осад-

ков по дождемеру составлял более 60–70 % от показаний осадкомера [Швер, 1965].

В литературе имеется ряд публикаций, косвенно указывающих, что выявленный факт увеличения осадков в горах Кузнецкого Алатау с середины 1950-х гг. отражает многолетние циклы в изменении режимов увлажнения для Западной Сибири. Для зоны лесостепи Западной Сибири внутри периода 1930–1940-х гг. отмечается несколько циклов с преобладанием режима недостаточного увлажнения [Евсеева, Филандышева, 2016]. Период 1950-х гг. был неблагоприятным для развития оледенения Кузнецкого Алатау, в особенности 1950–1953 гг. [Шпинь, 1971, с. 167]. В период с 1954 по 1971 г. отмечалось увеличение снежности гор Кузнецкого Алатау в сравнении с предыдущими годами [Шпинь, 1971, с. 167]. Решить данный научный вопрос мог бы анализ парных фотографий гляциальных объектов.

В связи со спорностью данных ГМС «Ненастная» в период наблюдений с 1934 по 1954 г., при расчете климатического тренда брались данные с 1960 г. На рис. 3 представлена динамика годовых сумм осадков с 1960 г., по данным которых рассчитан линейный тренд. При этом из выборки исключены 1985 и 1986 гг., так как в этот период годы имеется нарушение целостности наблюдений – наблюдения не велись в течение двух и трех месяцев соответственно. Даже если не брать в расчет данные наблюдений до 1960-х гг. при анализе динамики годовых сумм осадков по ГМС «Ненастная» отмечается устойчивый растущий тренд. Если средняя годовая сумма осадков в середине XX в. составляла 1 507 мм [Научно-прикладной справочник..., 1990], то за период 1990–2019 гг. уже 1650,7 мм.

Таким образом, можно утверждать, что на протяжении второй половины XX – начала XXI в. в горах Кузнецкого Алатау произошло значительное увеличение годового количества осадков. Анализ изменений во внутригодовом распределении осадков показал, что в XXI в. произошло небольшое процентное увеличение осадков теплого периода (с апреля по октябрь) в сравнении со второй половиной XX в. По средним значениям 1950–1980 гг. за теплый период года (IV–X месяцы) выпадало около 57 %, в то время как «зимние» осадки (с ноября по март) составляли 42 % от годовой суммы. Средние значения последних 30 лет (с 1990 по 2019 г.): в холодный период (XI–III месяцы) выпадает 39 %, а в теплый – 60 % от годовой суммы. В настоящее время для гор Кузнецкого Алатау можно установить закономерность, что около 40 % осадков от годовой суммы накапливается в снежном покрове, в то время как 60 % выпадает преимущественно в жидкой фазе. На фоне повсеместно увеличивающихся годовых температур смещение осадков в сторону жидких выступает логичным.

Выявленные закономерности в распределении осадков в горах Кузнецкого Алатау позволяют использовать данные снегомерных работ для решения ряда теоретических и практических задач, связанных с мониторингом осадков на западных склонах гор Кузнецкого Алатау, где выпадает наибольшая годовая сумма осадков для всей Западной Сибири [Ресурсы..., 1972, с. 15]. С 2011 г. Государственный заповедник «Кузнецкий Алатау» в сотрудничестве с Институтом горного дела и геосистем Сибирского государственного индустриального университета проводит систематические наблюдения за снежным покровом в этом районе. Это единственные в своем роде исследования для обширной территории всего западного макросклона гор Кузнецкого Алатау.

Снегомерные работы проводятся по стандартной методике [Быков, Попов, 2011]. Районом проведения ежегодных исследований является бассейн р. Верхняя Терсь, охватывающий Канымское нагорье. В ходе полевых работ изучаются особенности снегонакопления в горах Кузнецкого Алатау, производится описание снежной толщи и определение плотности снега с дальнейшим расчетом водозапаса на снегопунктах. Снегомерный маршрут имеет протяженность 52 км. Работы проводятся в первой декаде – середине марта. За прошедшие 10 лет исследований количество снегопунктов на снегомерном маршруте из года в год увеличивалось, при этом оценивалась репрезентативность заложенных снегопунктов и отбирались наиболее показательные. В настоящее время снегомерный маршрут в долине Верхней Терси сформирован и включает девять снегопунктов, которые равномерно расположены по долине от среднего течения до верховьев и наиболее показательно отображают особенности снегонакопления на западном склоне Кузнецкого Алатау.

Для анализа годовой изменчивости характеристик снежного покрова в горах Кузнецкого Алатау в 2011–2020 гг. использовались результаты наблюдений по трем снегопунктам на западном макросклоне: KUZ-VTR-1-SDG-2 «Кордон Верхняя Терсь», KUZ-VTR-1-SDG-1 «Метеостанция», KUZ-VTR-2-SDG-1 «Рыбное». Результаты полевых исследований сравнивались с наблюдениями за снежным покровом по ГМС «Ненастная» из базы данных ВНИИГМИ-МЦД [Булыгина и др., 2020]. С целью исключить влияние отдельных снегопадов была рассчитана средняя высота снежного покрова за 1–2 декаду марта. Именно в этот период проводились снегомерные исследования в заповеднике «Кузнецкий Алатау».

Снегопункты KUZ-VTR-1-SDG-2 «Кордон Верхняя Терсь» и KUZ-VTR-1-SDG-1 «Метеостанция» расположены в одной ландшафтной зоне предгорий на левом борте долины р. Верхняя Терсь, 319 и 397 м н. у. м. соответственно.

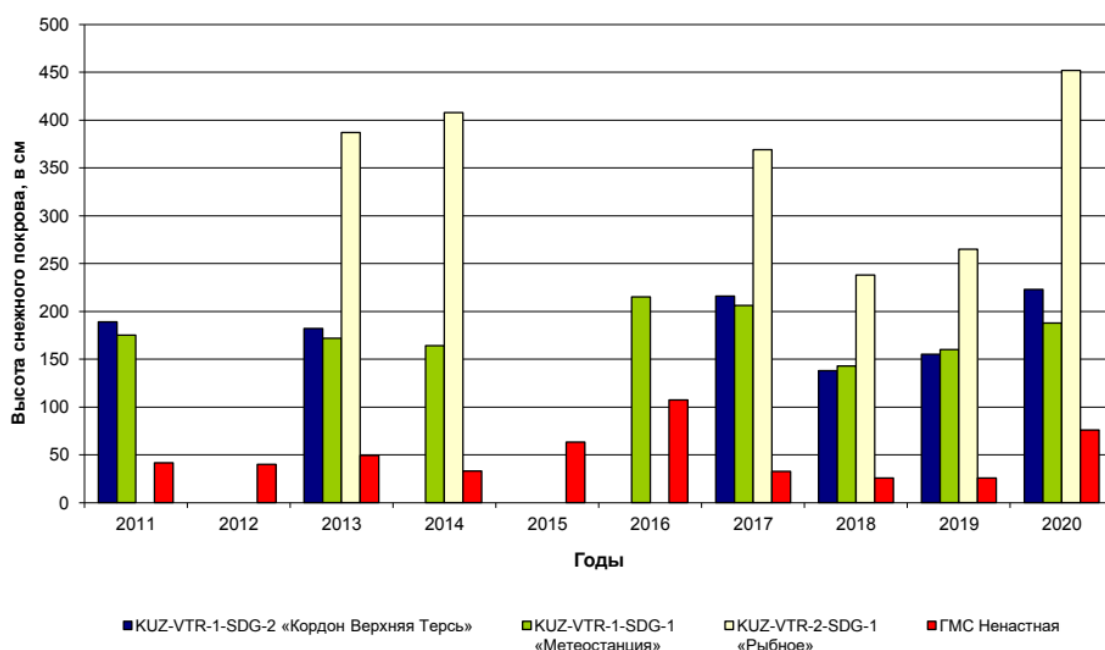


Рис. 4. Изменение высоты снежного покрова в горах Кузнецкого Алатау в 2011–2020 гг.

Fig. 4. Dynamics of the snow cover height in the Kuznetsk Alatau Mountains in 2011–2020

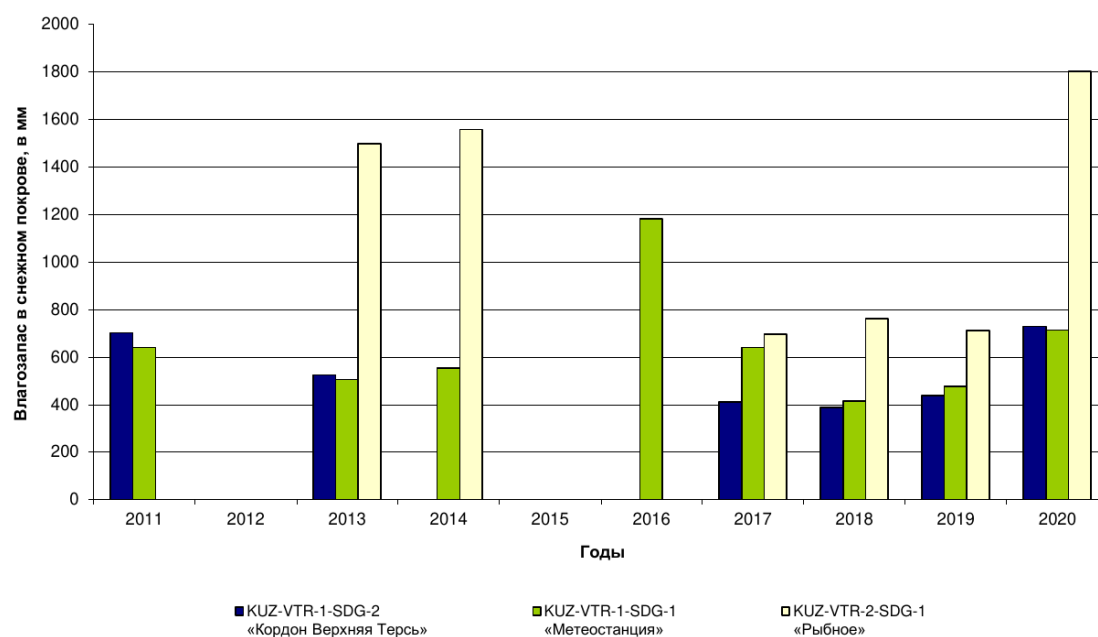


Рис. 5. Динамика влагозапаса в снежном покрове в горах Кузнецкого Алатау в 2011–2020 гг.

Fig. 5. Dynamics of water content in the snow cover in the Kuznetsk Alatau Mountains in 2011–2020

Первый снежок заложен на взлеске смешанного пихтово-березового леса, второй – на окраине заболоченной поляны размером около 1 000 м². Расстояние между снежками по прямой – около 500 м. Из лесобразующих пород здесь преобладают береза повислая, пихта сибирская, сосна сибирская, в подлеске встречается калина.

Снежок KUZ-VTR-2-SDG-1 «Рыбное» расположен на абсолютной высоте 1 029 м н. у. м. на левом борте карового озера с одноименным названием, в приводораздельной зоне западного (наветренного) макросклона гор Кузнецкого Алатау. Шурф заложен на открытой заболоченной поляне, общей экспозиции вниз по долине р. Верхняя Терсь. Ландшафты

представлены верховыми болотами, субальпийскими лугами и среднегорными смешанными березово-пихтово-кедровыми лесами.

Сравнение динамики высоты снежного в 2011–2020 гг., по данным снегомерных наблюдений авторов и по ГМС «Ненастная», показало положительную зависимость. Коэффициент корреляции между высотой снежного покрова на ГМС «Ненастная» и снегопунктом KUZ-VTR-1-SDG-1 «Рыбное» (ближайшим к метеостанции) – 0,77; с снегопунктом KUZ-VTR-1-SDG-1 «Метеостанция» (наиболее длинный ряд наблюдений) – 0,71.

Диаграммы, отражающие динамику высоты снежного покрова и водозапаса покрова в горах Кузнецкого Алатау в 2011–2020 гг., представлены на рис. 4, 5. В целом высота снежного покрова и водозапас на западном макросклоне Кузнецкого Алатау напрямую зависят от абсолютной высоты снегопункта. От предгорий к осевому водоразделу с повышением высоты места увеличивается высота снежного покрова и водозапас в нем. В приводораздельной части выше абсолютных 1 400 м н. у. м. высота снежного покрова резко уменьшается. На накопление снега здесь влияет метелевый перенос на подветренный склон, активность которого варьируется от года к году. В отдельные годы, например в 2019 г., снежный покров с гольцов полностью сдувался, обнажив каменные россыпи. В водораздельной зоне, ближе к восточному макросклону, где расположена ГМС «Ненастная», высота снежного покрова существенно ниже, чем на западном (см. рис. 4). Так, высота снежного покрова на метеостанции «Ненастная» (пос. Приисковое, абс. высота 1178 м н. у. м.) – это всего лишь 15–18 % от высоты снежного покрова на снегопункте Рыбное (западный макросклон 1 029 м н. у. м.) за аналогичный год, хотя расстояние между этими объектами по прямой всего 41 км.

Оценивая цикличность изменений водозапаса в снежном покрове можно отметить, что наиболее снежными были 2013, 2016 и 2020 гг. В 2020 г. зафиксирована наибольшая высота снежного покрова и наибольший водозапас за все 10 лет снегомерных исследований на западном макросклоне. Сравнение результатов наблюдений 2020 г. с данными 2019 г. показало, что по девяти снегопунктам среднее значение высоты снежного покрова в 2020 г. выше на 61,7 см, а среднее значение водозапаса больше на 357,5 мм, чем в 2019 г. Зафиксированный во второй декаде марта 2020 г. водозапас на снегопункте KUZ-VTR-2-SDG-1 «Рыбное» составил 1801,5 мм, что

соответствует среднегодовому количеству осадков для западных и юго-западных склонов Канымского нагорья по данным Справочника по климату СССР. В 2015 г. снегомерные работы были сорваны плохими погодными условиями, однако по данным ГМС «Ненастная» видно, что этот год также отличался повышенной снежностью. Косвенно на это также указывают результаты исследования малых ледников района [Адаменко и др., 2017].

Заключение

Анализ динамики годовых объемов осадков по ГМС «Ненастная» показывает в горах Кузнецкого Алатау их устойчивый растущий тренд. Наибольшее увеличение осадков произошло с 1934 по 1955 г. Среднегодовые осадки за последние 30 лет (1990–2019 гг.) составляют 1650,7 мм/год. Это более чем в 2 раза больше, чем фиксировалось в первой половине XX столетия.

Результаты снегомерных работ в долине р. Верхняя Терсь также подтверждают факт значительного большего количества осадков в горах Кузнецкого Алатау, чем считалось ранее. Во второй декаде марта 2020 г. водозапас в приводораздельной зоне западного макросклона составил 1801,5 мм, что соответствует среднегодовому количеству осадков для западных и юго-западных склонов Канымского нагорья по данным Справочника по климату СССР.

Анализ процентного распределения осадков по месяцам внутри года в горах Кузнецкого Алатау показывает, что за холодный период года (с ноября по март) выпадает около 40 % от годовой суммы, в то время как в теплый период (с апреля по октябрь) – 60 %. Таким образом, расчетным методом можно предположить, что годовое количество осадков в 2020 г. может достичь 3 000 мм в год и более. По всей видимости, подтверждается мнение Петра Сергеевича Шпиня, который еще в 1970-х гг. утверждал, что максимальная величина годового количества осадков в горах Кузнецкого Алатау в отдельные годы достигает 3 000–3 500 мм и более.

Полученные данные расширили ряд наблюдений за снежным покровом в горах Кузнецкого Алатау. Наблюдения за снежным покровом в заповеднике «Кузнецкий Алатау» проводятся ежегодно в схожую декаду уже девятый год, что, вместе с анализом данных гидрометеостанций позволяет оценивать современную динамику изменения климата всего западного макросклона горного района.

ЛИТЕРАТУРА

- Аванесян Р.А. Пространственно-временные особенности формирования стока горных рек Алтая в условиях изменения природной среды : автореф... дис. канд. геогр. наук. Барнаул, 2013. 23 с.
- Адаменко М.М., Гутак Я.М., Антонова В.А. Изменение климата и размеров ледников в горах Кузнецкого Алатау в 1975–2015 гг. // Лед и Снег. 2017. Т. 57, № 3. С. 334–342.

Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. Описание массива данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР (ТТТ). Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620942. URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation#описание-массива-данных> (дата обращения: 01.10.2020).

Быков Н.И., Попов Е.С. Наблюдения за динамикой снежного покрова в ООПТ Алтае-Саянского экорегиона. Методическое руководство. Красноярск, 2011. 64 с.

Вершинина И.П. Геоэкологические условия формирования стока и прогнозы характеристик весеннего половодья реки Томи у города Томска : автореф. ... дис. канд. геогр. наук. Томск, 2017. 23 с.

Гаврилова С.Ю. Устранение неоднородности временных рядов атмосферных осадков и их использование для анализа изменений режима увлажнения на территории России : автореф. ... дис. канд. геогр. наук. СПб., 2010. 23 с.

Евсеева Н.С., Филандышева Л.Б. Динамические изменения климата и селективность развития природных процессов на территории Западно-Сибирской равнины // Геосферные исследования. 2016. № 1. С. 124–139.

Метеоцентр : метеорологический портал. URL: <http://meteoecenter.net/> (дата обращения: 01.10.2020).

Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Ч. 1–6. Вып. 21: Красноярский край и Тувинская АССР. Ч. 4: Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров. Л. : Гидрометеиздат, 1990. 665 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15: Алтай и Западная Сибирь, вып. 2: Средняя Обь. Л. : Гидрометеиздат, 1972. 407 с.

Справочник по климату СССР. Вып. 21: Красноярский край. Метеорологические данные за отдельные годы. Ч. Па: Атмосферные осадки; Ч. Ша: Снежный покров. Л. : Гидрометеиздат, 1956. 329 с.

Швер Ц.А. Исследование результатов наблюдений по дождемеру и осадкомеру. Л. : Гидрометеиздат, 1965. 170 с.

Шпинь П.С. Некоторые вопросы современного оледенения Кузнецкого Алатау // Вопросы географии Кузбасса и Горного Алтая. Новокузнецк, 1971. Вып. 4. С. 155–173.

Шпинь П.С. О снежном покрове и количестве осадков в южной части Кузнецкого Алатау // Гляциоклиматология Западной Сибири. Л., 1975. С. 74–88.

Авторы:

Адаменко Марина Михайловна, кандидат географических наук, доцент, Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.

E-mail: adamenko.marina@gmail.com

Гутак Ярослав Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия.

E-mail: gutakjarslav@andex.ru

Тренков Иван Павлович, заместитель директора по научно-исследовательской работе, Государственный природный заповедник «Кузнецкий Алатау», Междуреченск, Россия

E-mail: trenkoff@rambler.ru

Geosphere Research, 2021, 2, 101–109. DOI: 10.17223/25421379/19/9

М.М. Adamenko¹, Ya.M. Gutak¹, I.P. Trenkov²

¹*Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia*

²*Federal State Natural Reserve "Kuznetsk Alatau", Mezhdurechensk, Russia*

CHANGES IN THE INTRA-ANNUAL DISTRIBUTION OF PRECIPITATION AND THE DYNAMICS OF SNOWFALL IN THE KUZNETSK ALATAU MOUNTAINS

The article analyzes the changes in the annual precipitation on the western slope and in the axial part of the Kuznetsk Alatau Mountains from 1960 to 2020. This territory is interesting because it receives the largest annual precipitation for the whole of Western Siberia. Based on data of two meteorological stations operating in the area the climatic indicators of the amount of precipitation by months and average annual for the 30-year period from 1990 to 2020 are calculated. The results were compared with the data of the second half of the XX century. The results showed a steady upward trend in rainfall. So the average annual amount of precipitation according to the weather station “Nenastnaya” for the period 1950–1980 was 1,507 mm in the water layer and for the period 1990–2019 it was 1,650.7 mm. There is also a shift in precipitation towards the liquid phase. A pattern has been revealed: on average for the last 30 years, in the Kuznetsk Alatau Mountains 40% of the annual precipitation is accumulated in the snow cover and 60 % falls mainly in the liquid phase.

The second part of the article describes the results of snow measurements in the Verkhnyaya Ters' river basin conducted from 2011 to 2020 within the most poorly studied and most humid part of the mountainous region. The literature data about the amount of precipitation in the near-watershed zone of the Kuznetsk Alatau is differ greatly: in the “USSR Surface Water Resources” – up to 1,500 mm/year; by the calculation method by the flow modulus – up to 2,190 mm/year; according to the results of snow measurements in the southern part of the western slope of the Kuznetsk Alatau – up to 3,000 mm/year. Snow measurements showed that the height of the snow cover and liquid-water content in it on the western slope of the Kuznetsk Alatau directly depend on the absolute height of the place. From the foothills to the axial watershed, with an increase in the height of the place, the height of the snow cover and the liquid-water content in it is increase. Above 1,400 m, the depth of the snow cover decreases sharply due to the snow drift to the leeward slope, up to the complete absence of snow cover. In the subalpine zone of the windward western and southwestern slopes at the headwaters of the Verkhnyaya Ters' river, water content in the snow cover by mid-March accumulates up to 1,800 mm in the water layer. Thus, by the calculation method based on the updated climatic parameters, it can be assumed that the annual precipitation in 2020 can reach 3,000 mm per year or more. The results of snow measurements have shown that the maximum average annual precipitation in the Kuznetsk Alatau Mountains can be significantly higher than indicated in the climatic reference books. For the first time, the opinion that

the value of the annual precipitation in the Kuznetsk Alatau Mountains reaches 3,000–3,500 mm and more was expressed by P.S. Spin. The results of the work confirm his assumption.

Keywords: climate change, increased precipitation, snow measurements

References

- Avanesyan R.A. *Prostranstvenno-vremennye osobennosti formirovaniya stoka gornyh rek Altaya v usloviyah izmeneniya prirodnoy sredy* [Spatial-temporal features of the formation of the flow of mountain rivers of Altai under conditions of changes in the natural environment]: dissertation abstract. "Gorno-Altai State University". Barnaul, 2013. 23 p. In Russian
- Adamenko M.M., Gutak Ya.M., Antonova V.A. Climate change and the size of glaciers in the Kuznetsky Alatau Mountains between 1975 and 2015 // *Ice and Snow*. 2017. V. 57. No 3. pp. 334–342. In Russian
- Bulygina O.N., Razuvaev V.N., Alexandrov T.M. *Opisanie massiva dannyh sutochnoy temperatury vozduha i kolichestva osadkov na meteorologicheskikh stantsiyah Rossii i byvshego SSSR* [Description of the array of daily air temperature and precipitation data at meteorological stations of Russia and the former Soviet Union (TTTR)]. Certificate of state database registration: 2014620942. URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation#описание-массива-данных> (Date of accessed 10/01/2020). In Russian
- Bykov N.I., Popov E.S. *Nablyudeniya za dinamikoj snezhnogo pokrova v OOPT* [Observations of the dynamics of snow cover in specially protected natural areas]. Methodical guidance. Krasnoyarsk, 2011. 64 p. In Russian
- Vershinina I.P. *Geoekologicheskie usloviya formirovaniya stoka i prognozy harakteristik vesennego polovod'ya reki Tomi u goroda Tomsk* [Geoecological conditions of runoff and forecasts of spring flood characteristics of the Tom River near the Tomsk city]: dissertation abstract. "National Research Tomsk State University". Tomsk, 2017. 23 p. In Russian
- Gavrilova S.Yu. *Ustraneniye neodnorodnosti vremennykh ryadov atmosferynykh osadkov i ih ispol'zovanie dlya analiza izmenenij rezhima uvlazhneniya na territorii Rossii* [Elimination of the inhomogeneity of the time series of atmospheric precipitation and their use for the analysis of changes in the moisture regime on the territory of Russia]: dissertation abstract. "Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeikov". St. Petersburg, 2010. 23 p. In Russian
- Evseeva N.S., Filandysheva L.B. Dynamic climate changes and selectivity of natural processes in the West Siberian plain // *Geosphere Research*. 2016. No 1. pp. 124–139. In Russian
- Meteocenter: meteorological portal. URL: <http://meteocenter.net/> (Date of accessed 10/01/2020). In Russian
- Nauchno-prikladnyy spravochnik po klimatu SSSR [Scientific and applied reference book on the climate of the USSR]. Ser. 3. Ch. 1–6. Issue 21: Krasnoyarsk region and Tuva Autonomous Soviet Socialist Republic. Part 4. Air humidity, precipitation and snow cover. Leningrad: Publishing house "Gidrometeoizdat", 1990. 665 p. In Russian
- Resursy poverhnostnykh vod SSSR / Srednyaya Ob'* [Surface water resources of the USSR / Middle Ob]. Leningrad: Publishing house "Gidrometeoizdat", 1972. V. 15, Iss. 2. 407 p. In Russian
- Spravochnik po klimatu SSSR* [Reference book on the climate of the USSR]. Issue 21: Krasnoyarsk region. Meteorological data for selected years. Part IIa Atmospheric precipitation. IIIa Snow cover. Leningrad: Publishing house "Gidrometeoizdat", 1956. 329 p. In Russian
- Shver Ts.A. *Issledovanie rezul'tatov nablyudenij po dozhdemeru i osadkomeru* [Investigation of observation results using pluviometer and Tretyakov rain gauge]. Leningrad: Publishing house "Gidrometeoizdat", 1965. 170 p. In Russian
- Spin P.S. *Nekotorye voprosy sovremennogo oledeneniya Kuzneckogo Alatau* [Some questions of the modern glaciation of the Kuznetsk Alatau] // Questions of the geography of Kuzbass and Gorny Altai. Iss. 4. Novokuznetsk, 1971. pp. 155–173. In Russian
- Spin' P.S. *O snezhnom pokrove i kolichestve osadkov v yuzhnoy chasti Kuzneckogo Alatau* [About snowpack and precipitation in the southern part of the Kuznetsky Alatau] // *Glyatsioklimatologiya Zapadnoy Sibiri*. Leningrad, 1975. pp. 74–88. In Russian.

Author's:

Adamenko Marina M., Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia.

E-mail: adamenko.marina@gmail.com

Gutak Yaroslav M., Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor, Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia.

E-mail: gutakjaroslav@andex.ru

Trenkov Ivan P., Deputy Director for Research, State Natural Reserve "Kuznetsk Alatau", Mezhdurechensk, Russia

E-mail: trenkoff@rambler.ru