**Изменение климата. Годовой обзор 2021**

**Современные изменения климата Среднесибирского региона.**

**2021 год.**

**Температура воздуха**

**1.1 Изменение температуры воздуха на территории Среднесибирского региона.**

На рис.1 представлены временные ряды отклонений температуры воздуха от нормы для территории Среднесибирского региона. За норму принимается базовый период 1961-1990 годы.

|  |
| --- |
| http://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris1.png |

Рис. 1. *Средняя годовая аномалия (1936-2021 гг.) температуры воздуха (ºС) для территории Среднесибирского региона. Столбцы представляют аномалии – отклонения от средней годовой температуры воздуха базового периода 1961-1990 гг. Показаны: 11-летняя скользящая средняя и линейные тренды за периоды: 1936-2021 гг. (черная прямая) и 1992-2021 гг. (красная прямая).*

Анализ многолетних данных на территории Среднесибирского региона указывает на тенденцию к её повышению в среднем на 0,2 ºС /10 лет. Представленные на графике аномалии температуры воздуха демонстрируют достаточно хорошо выраженные периоды потеплений, один из которых расположился во временном отрезке 1937-1949 года, другой начался с 1978 года и по настоящее время.

Большая протяженность Среднесибирского региона с севера на юг и сложная орография вносят свои коррективы в атмосферные процессы, и как следствие, различия в многолетнем температурном режиме. Распределение теплых и холодных периодов по разным территориям Среднесибирского региона отличается, и детальный анализ графиков, представленный на рис. 2 и 2*а,* позволяет выявить эти различия.

Средняя температура воздуха за 2021г. по Среднесибирскому региону получилась -2,4 ºС, что выше нормы на 1,3 ºС. Исключением были южные территории региона – юг края, Хакасия и Тыва, где средние значения температур варьировались в пределах 0,4-1,3 ºС за последние 30 лет.

Более подробный анализ коэффициента линейного тренда температуры по отдельным территориям позволяет выявить различия в режиме температуры приземного воздуха. Как видно из табл. 1 повышение годовой температуры наиболее интенсивно происходит на Таймыре 1,08 ºС /10 лет, но при движении на юг до южных районов края и Хакассии уменьшается до 0,05-0,01 ºС /10 лет. А в Тыве снова увеличивается до 0,20 ºС /10 лет, что более чем в половину меньше среднего многолетнего тренда региону.

|  |
| --- |
| http://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris2.png  http://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris3.png  http://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris4.pnghttp://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris5.pnghttp://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris6.png  http://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris7.png |

Рис. 2а. (продолжение рис. 2)

|  |
| --- |
| http://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris8.png  http://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris9.png |

Рис. 2. *Средняя годовая аномалия (1936-2021 гг.) температуры воздуха (ºС) для районов Среднесибирского региона. Столбцы представляют аномалии – отклонения от средней годовой температуры воздуха базового периода 1961-1990 гг. Показаны: 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд за периоды: 1936-2021 гг. (черная прямая) и 1992-2021 гг. (красная прямая).*

Таблица 1.

Оценка линейного тренда территориально-осредненных годовых температур приземного воздуха за 1992-2021 гг. для Среднесибирского региона.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Регионы | Td, ºС от нормы | Оценка тренда, ºС /10 лет | |
| 1936-2021 гг. | 1992-2021 гг. |
| Среднесибирский регион | 1.3 | 0.20 | 0.20 |
| Красноярский край | 1.2 | 0.18 | 0.22 |
| Таймырский м.р. | 2.4 | 0.25 | 1.08 |
| Эвенкийский м.р. | 1.5 | 0.20 | 0.33 |
| Северные районы | 1.2 | 0.18 | 0.36 |
| Центральные районы | 0.8 | 0.26 | 0.05 |
| Южные районы | 1.1 | 0.37 | 0.01 |
| Республика Хакасия | 1.1 | 0.30 | 0.04 |
| Республика Тыва | 2.5 | 0.53 | 0.20 |

**1.2 Аномалии температуры воздуха на территории Среднесибирского региона**

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris10.png | Температурный режим 2021 года оказался выше нормы по всей территории региона, что хорошо видно на рис. 3. Осреднённая по территории Среднесибирского региона температура воздуха составила -2,4ºС, заняв 24 место в ранжированном ряду с 1936 года. Она оказалась на 1,3ºС выше годовой нормы температуры. На рис.3 представлено пространственное распределение аномалий тепла и холода на территории Среднесибирского региона. Особенно большое отклонение отмечалось за полярным кругом, где аномалии составила +2,4ºС, и на побережье пролива Вилькитского достигли +4,4ºС. Так же большие отклонения отмечались в южных районах Тывы, где аномалия составила +2,5ºС, с максимальным отклонением +3,3ºС в Убсунурской котловине.  Наименьшее превышение нормы температуры всего +0,1ºС отмечалось на Енисейской равнине. В центральных районов края превышение нормы составило +0,8ºС.  Анализируя аномалии 2020-21гг., надо заметить что они все были положительными во все сезоны года. Исключением были летние температуры северных отрогов Восточного Саяна, где сформировалось отрицательное отклонение сезонной температуры (-2,2ºС). |

Рис. 3. *Средние годовые аномалии приземной температуры воздуха, ºС.*

Особенно теплым сезоном по всем регионам была весна. Средняя температура воздуха была на 6,7 ºС выше нормы. Наибольшее сезонное отклонение отмечалось на юго-западе Таймыра, где превышение нормы достигло +11,4 0С (в нижнем течении р. Енисей).

Летний сезон был в пределах нормы, со средней сезонной температурой +15,50С, что на 1,30С выше нормы. Наибольшее положительное отклонение отмечалось на Таймыре на 3,9 0С, и достигает максимума +5,0 0С на побережье Енисейского залива.

Таблица 2

Средняя температура воздуха, ее норма и место в ранжированном ряду

по Среднесибирскому региону

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Регионы | Средняя  темпера­тура  воздуха, ºС | Норма  темпера­туры  воздух, ºС | Место в  ранжи­рованном  ряду |
| Среднесибирский регион | -2.4 | -3,8 | 24 |
| Красноярский край | -3.0 | -4,3 | 28 |
| Таймырский м.р. | -9.8 | -12,2 | 13 |
| Эвенкийский м.р. | -6.6 | -8,0 | 25 |
| Северные районы | -3.2 | -4,4 | 29 |
| Центральные районы | 0.4 | -0,4 | 31 |
| Южные районы | 0.8 | -0,3 | 26 |
| Республика Хакасия | 1.3 | 0,2 | 18 |
| Республика Тыва | -0.9 | -3,3 | 7 |

**Атмосферные осадки**

**2.1 Наблюдаемые изменения количества атмосферных осадков.**

     Временной ряд осреднённого по Среднесибирскому региону годового количества осадков позволяет проследить изменение годовых сумм осадков за длительный период. Несмотря на сложность многолетних колебаний осадков, из рисунка 1 представляется возможным выделить периоды с большим и малым количеством по отношению к норме. За 86-летний промежуток времени прослеживается два многоводных периода (1947-1972 гг. и 1997-2019 гг.). Интересно заметить, что в оба периода выделяются продолжительные фазы, в которые не отмечены годы с недостатком увлажнения осадков: 1951-1963 гг. и 2001-2011 гг. Период дефицита увлажнения расположился между 1973 и 1996 годами.

|  |
| --- |
| http://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris11.png |

Рис.1. *Средняя   годовая   аномалия   (1936-2021 гг.)   количества   осадков (мм)   для   территории   Среднесибирского региона. Столбцы представляют аномалии – отклонения от средней суммы осадков базового периода 1961 – 1991 гг. Показаны: 11-летняя скользящая средняя, линейный тренд за период 1936 – 2021 гг. и линейный тренд за тридцатилетие 1992 – 2021 гг.*

Особого внимания заслуживают годы с экстремально большими суммами осадков. На общем фоне выделяется 1966 г., в продолжение которого накопилось 554 мм. Наибольший вклад в годовые осадки внесли обильные снегопады, обрушившиеся на территорию центральных и южных районов Красноярского края в первую половину зимы. Метеорологические станции на этой территории все без исключения зафиксировали увеличение количества осадков в 1,5-2,7 раза больше сезонной нормы. Следующим в ранжированном ряду был 1936 год, в течение которого собралось 537 мм. Третьим по счету стал 1938 г. с годовой суммой осадков 533 мм. В 2020 году территориально осредненное количество осадков составило 491 мм, превысив норму на 106 %.

|  |
| --- |
| http://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris12.png  http://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris13.pnghttp://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris14.pnghttp://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris15.pnghttp://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris16.pnghttp://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris17.png |

Рис.1а (продолжение Рис. 1б)

|  |
| --- |
| http://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris18.pnghttp://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris19.png |

Рис.1. *Годовые территориально осредненные аномалии количества осадков (мм) для районов Среднесибирского региона. Столбцы представляют аномалии – отклонения от средней суммы осадков базового периода 1961 – 1990 гг. Показаны 11-летняя скользящая средняя, линейный тренд за период 1936 – 2021 гг. (черная прямая) и линейный тренд за период 1992 – 2021 гг. (коричневая прямая).*

Как следует из рисунков, временное распределение осадков в каждом из представленных регионов имеет свои особенности. Одной из причин этого является большая протяженность территории с севера на юг, сложная орография региона, и как следствие, довольно различный характер атмосферной циркуляции. В каждом из регионов четко выраженные периоды с максимальным и минимальным количеством осадков существенно рознятся не только по продолжительности, но и во времени.

На Таймыре многоводные периоды отмечались в 1954-1972 гг. и 1985-1995 гг. В Эвенкии они смещены на   1948-1970 гг. и 1997-2012 гг. В северных и центральных районах первые периоды значительного увлажнения совпали по времени (1936 – 1971 гг.), в то время как другие наблюдались соответственно в 2002-2012 гг. и 1986 – 2011 гг. В южных районах Красноярского края регистрировалось увеличение осадков в 1948 – 1972 гг. В Хакасии и Тыве первый период со значительным увлажнением уложился в единые временные рамки с 1954 по 1972 гг.; во втором периоде такого совпадения не произошло.

Таблица 1

 Количество и норма осадков, мм

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Регионы | Год 2021 | |
| Количество осадков, мм | Норма, мм |
| Среднесибирский регион | 491 | 462 |
| Красноярский край | 503 | 472 |
| Таймыр | 403 | 351 |
| Эвенкия | 382 | 438 |
| Северные районы | 590 | 533 |
| Центральные районы | 475 | 438 |
| Южные районы | 649 | 570 |
| Хакасия | 571 | 582 |
| Тыва | 314 | 268 |

Результаты наблюдений и сравнительный анализ осадков в 2021 г позволяют сделать выводы о существенном различии накопившегося за год количества осадков на территории Региона.

Дефицит осадков наблюдался в Эвенкии. Территориально осреднённое годовое количество осадков по муниципальному району составило соответственно 382 мм - это оказалось ниже нормы на 56 мм. В ранжированном ряду данных заняло 71 место, попав в разряд «сухих лет» (табл.1).   Обратная картина сложилась на Таймыре. В течение года на территории накопилось 403 мм осадков, превысив норму на 115 мм, заняв в ранжированном ряду данных 14 место.

            Анализ тридцатилетия 1992-2021 гг. указывает на рост количества осадков на большей части Среднесибирского региона. Максимальная интенсивность повышения годовой суммы осадков наблюдается в южных районах Красноярского края – 31,6 мм/10 лет. Менее интенсивный рост наблюдается в северных и центральны районах Красноярского края, соответственно: 26,0 мм/10 лет и 18,5 мм/10лет (Таб.2)

Таблица 2

Аномалия регионально-осредненного годового количества осадков за 2021 г.,

оценка коэффициента линейного тренда и место в ранжированном ряду.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Регионы | Год 2021 | | | |
| b, мм/10 лет  (1936-2021 г.) | b, мм/10 лет  (1992-2021 г.) | Количество  осадков  (% от нормы) | Место в  ранжированном ряду |
| Среднесибирский регион | -0,8 | 12,5 | 106 | 25 |
| Красноярский край | -0,8 | 13,3 | 107 | 23 |
| Таймыр | 4,5 | 2,5 | 115 | 14 |
| Эвенкия | -0,2 | -7,1 | 87 | 71 |
| Северные районы | 0,1 | 26,0 | 111 | 17 |
| Центральные районы | 3,0 | 18,5 | 108 | 32 |
| Южные районы | -5,1 | 31,6 | 114 | 17 |
| Хакасия | 9,3 | 8,5 | 98 | 42 |
| Тыва | -0,9 | 2,7 | 117 | 17 |

**2.2 Климатические особенности режима увлажнения**

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.krasmeteo.ru/images/obzor/climat/year2021/ris20.png | В 2021 году по региону территориально осредненное количество осадков составило 491 мм, превысив норму на 29 мм. В ранжированном ряду данных он занял 25 место.  Наиболее благоприятная картина с увлажнением сложилась на Таймыре. В течение года здесь накопилось 403 мм осадков, или 115 % от нормы. При этом в западной части полуострова Таймыр зарегистрировано порядка 630 мм осадков или 136 % нормы.  Маловодным год оказался для всей территории Эвенкии, где годовое количество осадков составило всего 382 мм, что ниже нормы на 56 мм. На протяжении всех сезонов года отмечался недостаток увлажнения варьировал в пределах 85-100% от сезонной нормы.  По данным наблюдений в Северных районах края на протяжении года выпало осадков 590 мм, превысив значения нормы в 1,1 раза. Избыточное количество годовых сумм осадков зарегистрировано на территории Туруханской низменности 656-847 мм, что превысило норму в 1,5 раза. Дефицит увлажнения (74-96 % нормы) отмечался лишь территории Енисейского района, особенно сухо было в населенных пунктах п. Мотыгино, п. Стрелка. |

 Рис.2. *Отклонение количества осадков (% от нормы) за 2021 год.*

Активная циклоническая деятельность способствовала интенсивному накоплению осадков в северных районах Красноярского края (111% нормы), центральных районах Красноярского края (108% нормы), южных районах Красноярского края (114% нормы), и Тыве (117 % нормы). Особого внимания заслуживают осадки, выпавшие в Восточной части Тувинской котловине. Наибольший вклад в годовое их количество внесли обильные июльские и августовские дожди; накопившиеся месячные суммы по территории перекрыли норму в 1,5-1,9 раз. Изобилие осадков зарегистрировано на склонах хребта Восточного Танну-Ола, где за летний сезон выпало 259-273 мм, что выше нормы в 2,1-2,3раза.

Обратная картина сложилась в Хакасии, где годовое количество осадков составило 571 мм, что ниже нормы на 11 мм. Особенно сухо было в весенние месяцы, дефицит осадков составил в 2 раза ниже нормы. В Хакасии после засушливой весны, летняя и осеняя, погода наградила непрерывными дождями, количество осадков варьировало в пределах 160 – 300 % нормы.