

Введение. Тема дипломной работы «Исследование режима температуры и облачности в Якутске, Магадане и Хабаровске зимой и летом».

Проблеме потепления в современном мире уделяется огромное внимание, так как климат непосредственно влияет на деятельность человека. Учитывать его изменение необходимо в ряде сфер, таких как строительство, сельское хозяйство, экономика, медицина, транспортная инфраструктура и т.д.

Россия, как страна, занимающая огромную площадь в Северном полушарии, уже ощущает последствия климатических изменений. Средние годовые значения температур воздуха растут, причем в 2,5 раза быстрее, чем на планете в целом и охватывают все регионы. Согласно многочисленным исследованиям рост температуры будет продолжаться, и в России значения средних приземных температур также будут превышать глобальные.

В данной бакалаврской работе проведено исследование режима температуры воздуха и облачности за пятидесятичетырехлетний период (с 1966 по 2020 гг.) зимой и летом в трех городах: Якутск, Магадан и Хабаровск по характерным для данных сезонов месяцам – январь и июль.

Второй рассматриваемый в дипломной работе метеорологический параметр – облачный покров представляет собой важный фактор, который регулирует распределение солнечной и земной радиации и влияет на формирование и изменение климата. Поэтому рассмотрение временного хода количества облаков представляет большой научный интерес.

Исходными материалами для выполнения исследования послужили данные о средней месячной температуре воздуха по метеостанциям Якутск, Магадан и Хабаровск, взятые с ВНИИГМИ-МЦД [16] за период с 1966 по 2020 гг. Помимо этого с ВНИИГМИ - МЦД [16] были взяты данные по общей облачности за период с 1966 по 2020 гг.

В бакалаврскую работу входят 4 главы: в первой главе рассматривается краткая характеристика глобального и регионального климата; во второй главе – облачный покров как один из факторов изменения климата; в третьей главе дается краткая характеристика зимнего и летнего сезонов в исследуемых горо-

дах и в четвертой главе описаны результаты исследования и представлены соответствующие графики.

Основное содержание работы. В последние десятилетия происходят существенные климатические изменения, которые охватывают не конкретные регионы, а глобальную систему в целом. Выделяется два периода потепления: с 1910-х гг. до 1940-х и с середины 1970-хх по настоящее время. Период первого потепления отличается от второго яркой локализацией – интенсивный рост температуры воздуха происходил в высоких широтах Северного полушария, преимущественно в зимний период. Второй период потепления имеет уже глобальный смысл, аномалии средних температур воздуха встречаются повсеместно, но наиболее значительное повышение также отмечается в Северном полушарии.

Данные тенденции имеют место и на территории рассматриваемых регионов (Магаданская область, Хабаровский край и Республика Саха (Якутия)). Данные регионы входят в состав Дальневосточного федерального округа и имеют положительный тренд осредненной температуры: средние годовые значения составляют $0,50^{\circ}\text{C}/10$ лет, в сравнении, самый большой тренд имеет побережье Северного Ледовитого океана $0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет в Азиатской части России и $1,1^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре и восточном побережье Восточно-Сибирского моря.

Так в Республике Саха (Якутия) температурный градиент средней годовой температуры воздуха составляет $0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет, наибольшие значения отмечаются в северной части региона (ст. Тикси $1,5^{\circ}\text{C}/10$ лет). В Магаданской области температура воздуха имеет тенденцию к увеличению на $0,6^{\circ}\text{C}/10$ лет. В Хабаровском крае средние годовые значения температуры увеличились на $0,4^{\circ}\text{C}/10$ лет. Наибольший тренд отмечается на севере края, например, на метеостанции Нелькан он составляет $1,1^{\circ}\text{C}/10$ лет. Наименьшие значения в южной части, на метеостанциях Бикин и Лермонтовка тренд равен $0,1^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Для получения надежных климатических показателей требуются ряды наблюдений длительностью не менее 30 лет [21]. В данном исследовании использован временной ряд длиной в 54 года.

В результате данного исследования было выявлено, что средняя многолетняя температура воздуха в январе в период с 1966 по 2020 год составляет:

- в Якутске – $-38,9^{\circ}\text{C}$. Температура воздуха возрастает на $1,4^{\circ}\text{C}/10$ лет (рисунок 1). Самое низкое среднемесячное значение температуры воздуха за данный период в январе отмечалось в 1972 года – $-47,1^{\circ}\text{C}$. Самое высокое значение в 1991 году – $-32,0^{\circ}\text{C}$.

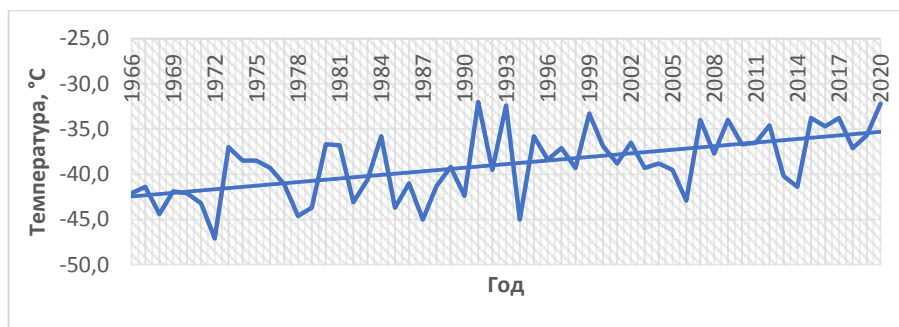


Рисунок 1- Изменение средней месячной температуры воздуха в январе в Якутске с 1966 по 2020 гг. (составлено автором)

- в Магадане – $-16,4^{\circ}\text{C}$. Здесь температура воздуха растет на $0,5^{\circ}\text{C}/10$ лет (рисунок 2). Минимальное среднемесячное значение зафиксировано в 1967 и 1973 годах – $-22,9^{\circ}\text{C}$, а максимальное – в 1996 г. $-10,4^{\circ}\text{C}$.

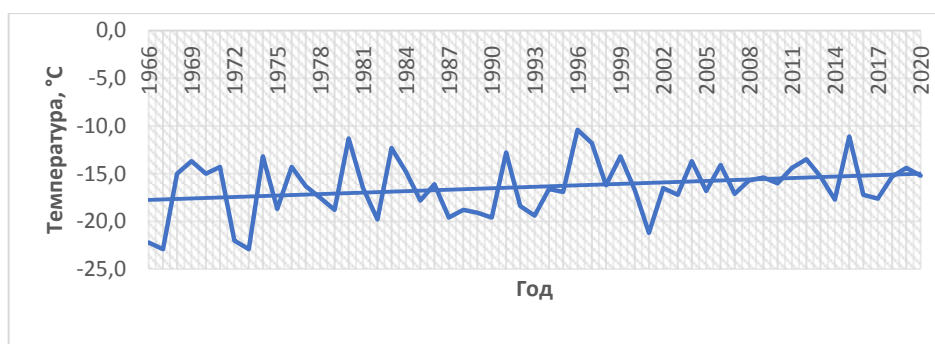


Рисунок 2 - Изменение средней месячной температуры воздуха в январе в Магадане с 1966 по 2020 гг. (составлено автором)

- в Хабаровске – $-20,0^{\circ}\text{C}$. Температура воздуха зимой растет на $0,66^{\circ}\text{C}/10$ лет (рисунок 3). Минимальная средняя месячная температура воздуха в январе отмечалась в 1977 году – $-26,3^{\circ}\text{C}$, а максимальная – в 2007 г. $-13,4^{\circ}\text{C}$.

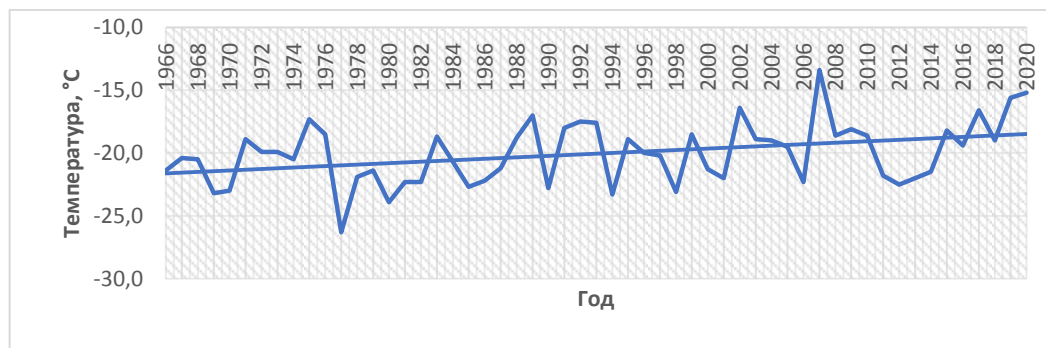


Рисунок 3- Изменение средней месячной температуры воздуха в январе в Хабаровске с 1966 по 2020 гг. (составлено автором)

В июле в период с 1966 по 2020 год средняя месячная температура воздуха составляет:

- в Якутске – $+19,3^{\circ}\text{C}$. За указанный промежуток времени, средняя месячная температура воздуха возросла с $+18,4^{\circ}\text{C}$ до $+20,3^{\circ}\text{C}$ (рисунок 4), таким образом, температура воздуха растет на $0,3^{\circ}\text{C}/10$ лет. Минимальное среднемесячное значение температуры воздуха в июле зафиксировано в 1979 году - $+16,1^{\circ}$, максимальная – в 2001 году $+23,0^{\circ}\text{C}$.

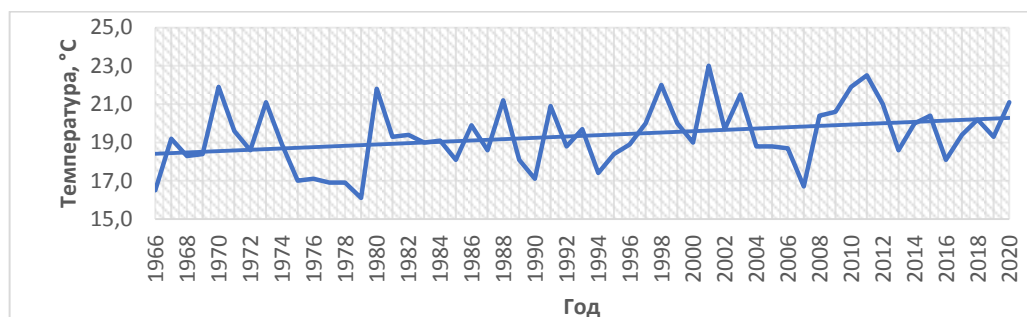


Рисунок 4 - Изменение средней месячной температуры воздуха в июле в Якутске с 1966 по 2020 гг. (составлено автором)

- в Магадане – $+11,6^{\circ}\text{C}$. За указанный период, средняя месячная температура воздуха также имеет тенденцию к повышению с $10,7^{\circ}\text{C}$ до $12,5^{\circ}\text{C}$, т.е. на $0,36^{\circ}\text{C}/10$ лет (рисунок 5). Среднемесячные минимальные и максимальные значения данной метеорологической величины за исследуемый период составляют – $+9,2^{\circ}\text{C}$ (1966 год) и $+14,1^{\circ}\text{C}$ (2009 год) соответственно.

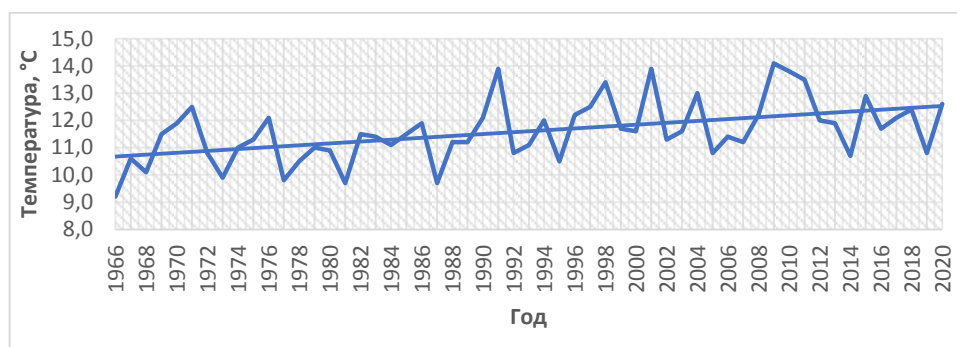


Рисунок 5 - Изменение средней месячной температуры воздуха в июле в Магадане с 1966 по 2020 гг. (составлено автором)

- в Хабаровске – $+21,4^{\circ}\text{C}$. За данный период (54 года), средняя месячная температура воздуха в июле незначительно возросла с $+21,0^{\circ}\text{C}$ до $+21,8^{\circ}\text{C}$, таким образом, температура воздуха растет на $0,16^{\circ}\text{C}/10$ лет (рисунок 6). Самое низкое среднемесячное значение температуры воздуха в июле отмечалось в 1971 года и составляло $+18,7^{\circ}\text{C}$. Самое высокое значение в 2011 году – $+23,7^{\circ}\text{C}$.

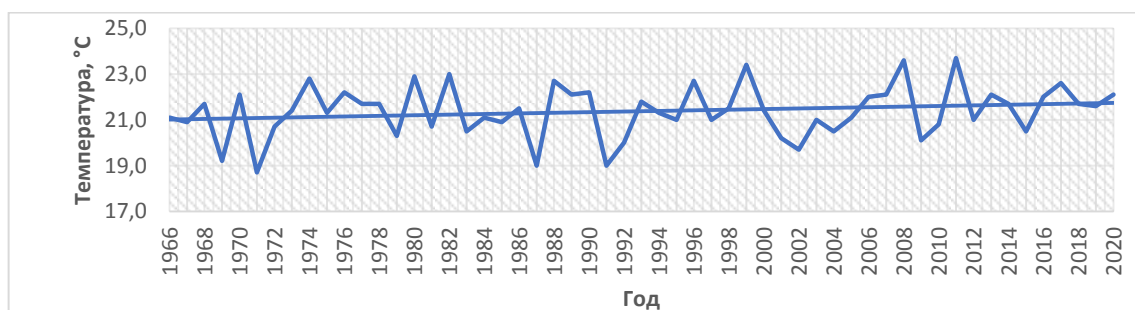


Рисунок 6 - Изменение средней месячной температуры воздуха в июле в Хабаровске с 1966 по 2020 гг. (составлено автором)

Как видно из полученных данных характер потепления неодинаков в различные сезоны, в зимний период отмечается наивысший рост температуры.

В настоящем исследовании по данным об облачности в различные часы суток (00.00, 06.00, 12.00, 18.00) рассчитано среднее количество общей облачности в январе и июле за период с 1966 – 2020 гг. Получены следующие результаты:

- в Якутске среднее количество общей облачности в январе, за 54-летний период, составляет 9,1 балл (рисунок 7). При анализе временного хода общей облачности, выявлено увеличение среднемесячного количества облаков в январе с 8,4 до 9,7 балла. Рассчитанное среднее значение общей облачности в июле равно 7,5 баллов. При анализе временного хода общей облачности, аналогично январю, выявлено увеличение количества облаков с 6,5 до 8,5 балла. Следовательно, количество общей облачности в январе превышает ее значения в июле. Таким образом, по данным метеостанции Якутск выявлено устойчивое повышение средней месячной температуры зимой и летом и увеличение среднемесячного количества общей облачности в оба сезона.

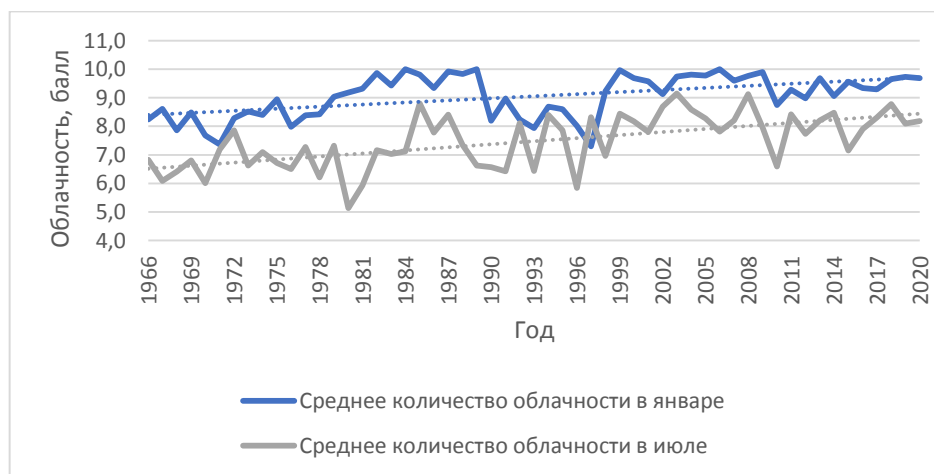


Рисунок 7 - Изменение средних месячных значений общей облачности в Якутске в январе и июле с 1966 по 2020 гг. (составлено автором)

- в Магадане среднее количество общей облачности в январе за период с 1966 по 2020 гг., составляет 6,5 балл (рисунок 8). При анализе временного хода выявлено увеличение количества облаков в январе с 5,9 до 6,9 балл. Среднее значение общей облачности в июле равно 8,2 баллов. При анализе временного хода выявлено совершенно незначительное увеличение количества облаков с 8,1 до 8,4 балла. Таким образом, по данным метеостанции Магадан, выявлен тренд повышения средней месячной температуры в январе и июле и незначительное увеличение общего количества облачности за эти месяцы, причем зимой количество общей облачности меньше чем в летнее время.

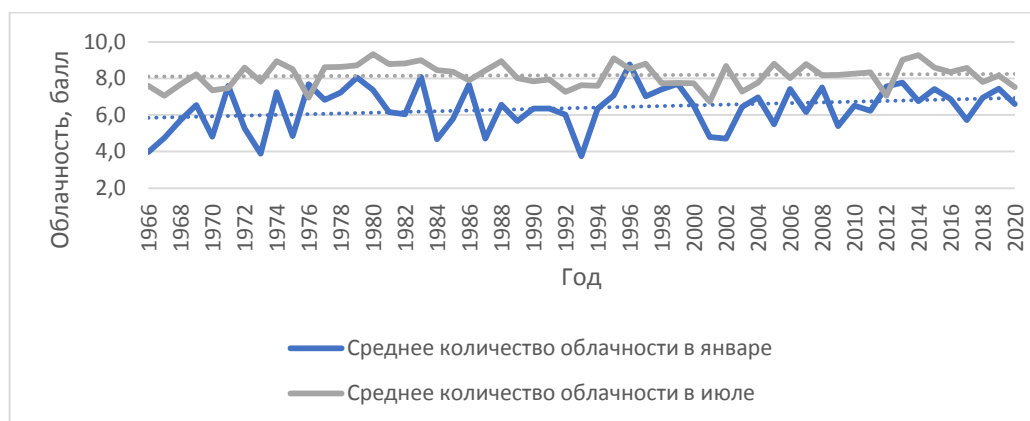


Рисунок 8 - Изменение средних месячных значений общей облачности в Магадане в январе и июле с 1966 по 2020 гг. (составлено автором)

- в Хабаровске среднее количество общей облачности в январе составляет 4,4 балл (рисунок 9). При анализе временного хода общей облачности по линии тренда выявлено незначительное уменьшение количества облаков в январе с 4.5 до 4.3 балл. Рассчитанное среднее значение общей облачности в июле за период с 1966 по 2020 гг. равно 7,2 баллов. При анализе временного хода общей облачности изменений в количестве облачности не обнаружено. В целом по Хабаровску можно сделать вывод, что средняя месячная температура воздуха зимой и летом имеет тенденцию к увеличению при относительном постоянстве количества общей облачности.

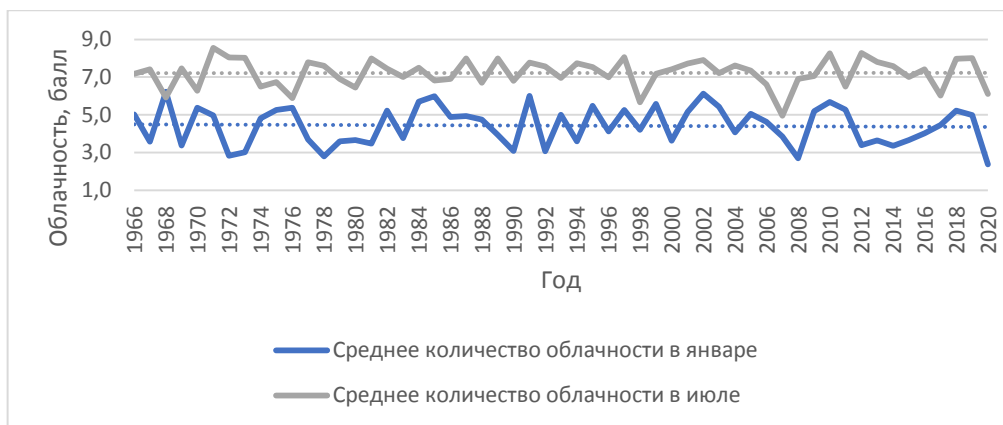


Рисунок 9 - Изменение средних месячных значений общей облачности в Хабаровске в январе и июле с 1966 по 2020 гг. (составлено автором)

Для исследования режима температуры воздуха и облачности помимо обычного временного ряда использовался метод интегрально-разностных кривых. Метод заключается в последовательном суммировании отклонений от некоторой нормы за длительный период в пределах всего периода[23].

Согласно полученным результатам, в Якутске в январе с начала 1990-х гг. происходит постепенное увеличение средней месячной температуры воздуха с возрастающей интенсивностью в последние два десятилетия, облачность имеет положительный тренд с середины 1990-х гг., в летнее время отмечается схожий ход исследуемых метеорологических элементов.

В Магадане в январе ход температуры воздуха и облачности менее однороден, чем в Якутске, отмечается несколько этапов интенсивного согласованного увеличения температуры воздуха и облачности: с начала 1990-х по 2000-е гг. и с 2010-х по настоящее время. В июле ход температуры воздуха и облачности разнится: при положительных отклонениях количества облачности температура воздуха имеет тенденцию к понижению и наоборот.

В Хабаровске в январе ход облачности относительно стабилен, с небольшим увеличением с 2000 по 2010-е гг. Температура воздуха также не имеет тенденции к интенсивным скачкам в повышении и понижении, с 2015 года отмечается ее стабильный рост. В июле также как и в январе отмечаются неболь-

шие периоды понижения и повышения температуры воздуха. С 1990-х по настоящее время ход облачности и температуры воздуха зеркален, при уменьшении облачности температура наоборот возрастает.

Заключение. Исходя из вышеописанного исследования можно сделать выводы:

1 Глобальная средняя температура продолжает повышаться повсеместно. Во всех трех исследуемых регионах – Якутске, Магадане и Хабаровске, рост средней месячной температуры воздуха зимой превышает её рост в летнее время. Так в январе отмечается положительный тренд температуры воздуха в Якутске, Магадане и Хабаровске – $1,4^{\circ}\text{C}/10$ лет, $0,5^{\circ}\text{C}/10$ лет и $0,66^{\circ}\text{C}/10$ лет соответственно, в то время как в июле, температура воздуха повышается на $0,3^{\circ}\text{C}/10$ лет в Якутске, $0,36^{\circ}\text{C}/10$ лет в Магадане и $0,16^{\circ}\text{C}/10$ лет в Хабаровске.

2 На фоне глобального потепления, облачность не имеет тенденции к повсеместному увеличению. Количество общей облачности на исследованных метеостанциях имеет положительные тренды в Якутске и Магадане, средние значения облачности в зимнее время – 9,1 и 6,5 баллов соответственно, в летнее время в Якутске средняя облачность имеет значение 7,5 баллов, в Магадане – 8,2 балла.

3 При рассмотрении интегрально-разностных кривых, выявлено, что:

В Якутске ход температуры воздуха в январе имеет два главных периода – падение с начала исследуемого периода и до начала 1990-х гг. и дальнейшее увеличение до настоящего времени. В июле относительная стабилизация до середины 1970-х гг. и с 1980-х по 2000-е гг. и рост с 2000-х гг. по настоящее время. Ход облачности в период с 1980-х по 2000-е гг. разнятся в зимнее и летнее время, в январе в данный промежуток времени наблюдается интенсивный рост до 1990-х гг., затем падение до 2000-х гг., в летнее время отмечалась относительная стабилизация метеопараметра. В ходе облачности согласуется увеличение количества облаков с середины 1990-х гг. по настоящее время.

В Магадане ход температуры воздуха и облачности в зимнее время имеет синхронность в периодах понижения и повышения значений. В летнее время

такая согласованность не обнаружена. В оба сезона облачность имеет тенденцию к увеличению в настоящее время, в то время как температура воздуха в летнее время показывает отрицательный тренд с 2016 года.

В Хабаровске температура воздуха в оба периода имеет устойчивый рост в настоящее время, при отрицательном тренде облачности. В целом отмечаются общие периоды стабилизации в ходе температуры и облачности и периоды, в которых при уменьшении облачности, температура увеличивается.