

*К.С. Кириллина*

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

*K.S. Kirillina*

## CURRENT TRENDS OF CLIMATE CHANGE OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

*Статья посвящена проблеме изменения климата. Рассмотрены последствия изменения климата: повышение температуры в северных областях, в связи со значительными климатическими изменениями, происходящими в регионах Севера, включая и территорию Республики Саха (Якутия), вопрос об изучении их динамики, причин возникновения и последствий для природной среды, экономики и населения региона.*

*Ключевые слова: северные регионы, потепление климата, региональный влагооборот, изменение климата в зоне распространения вечной мерзлоты.*

*Now the problem of climate change is not only purely scientific, but also the most serious problem of global character. Already today inhabitants of high-altitude provinces of a planet feel some consequences of climate change. Temperature increase by the fastest rates goes in northern areas. In connection with the considerable climatic changes happening in regions of the North, including and the territory of the Republic of Sakha (Yakutia), there is a question of studying of their dynamics, the reasons of their emergence and consequences for environment, economy and the region population.*

*Key words: northern regions, climate warming, regional moisture circulation, climate changes of the permafrost zones.*

Потепление климата и его последствия для окружающей среды, экономики и общества — одна из наиболее актуальных и приоритетных программ, стоящих в повестке дня мирового сообщества. Жители северных регионов мира уже сейчас ощутимо чувствуют некоторые последствия изменения климата. Рост температуры воздуха, повышение уровня океана, эрозия берегов, повышение массы снега, таяние льдов и вечной мерзлоты, смещение ареалов обитания животных и растений, увеличение частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений — эти и другие последствия глобального изменения климата уже сейчас ощутимо влияют на промышленную и социальную инфраструктуру, оказывают влияние на стабильное существование растений и животных, угрожают здоровью и жизни людей [2].

Стоит отметить, что потепление в нашей стране происходит даже быстрее, чем в среднем по планете. Повышение температуры по территории России за последние 100 лет в 1,5–2 раза превысило глобальное потепление. При этом по сравнению со 100-летним трендом в последние 10-летия скорость потепления на территории России увеличилась в несколько раз. Данные наблюдений за температурой приземного воздуха показывают, что потепление климата становится очевидным в большинстве регионов

Российской Федерации в последнюю треть XX в. [5]. Интенсивность потепления за 100-летие (1901–2000 гг.) составила в среднем для территории России  $0,90\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ лет}$ . Во второй половине XX в. (1951–2000 гг.) общая тенденция изменения средней годовой температуры воздуха на территории России также характеризуется положительным трендом. Для нашей страны в целом потепление более заметно зимой и весной (тренд составил соответственно  $4,7\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ лет}$  и  $2,9\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ лет}$ ).

Изменения глобального климата привели на территории России к заметным последствиям в жизнедеятельности человека. В последние 10-летия происходит вынужденная его адаптация к новым условиям среды обитания [6].

В связи со значительными климатическими изменениями, происходящими в северных регионах, включая и Республику Саха (Якутия), встает вопрос об изучении их динамики, причин возникновения и последствий для природной среды, экономики и общества рассматриваемого региона. В качестве исходных данных для анализа и обобщения использованы архивные данные Якутского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЯУГМС) и база данных Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (Мировой центр данных) ВНИИ ГМИ МЦД. Географической областью, выбранной для изучения, стала территория Якутии в разрезе улусов (районов). Изучаемыми метеорологическими параметрами являются: температура воздуха, атмосферные осадки и температура почвы. Для их анализа были отобраны метеостанции с наиболее длительными рядами метеорологических наблюдений на территории республики, в перечень которых входят следующие:

- Якутск, Вилюйск, Чурапча, Бердигестях (Центральная Якутия);
- Верхоянск, Жиганск, Тикси, Чокурдах (Северная Якутия);
- Зырянка, Усть-Мая, Усть-Мома, Оймякон (Восточная Якутия);
- Ленск, Мирный, Сунтар, Оленок (Западная Якутия);
- Алдан, Олекминск (Южная Якутия).

Первый изучаемый метеопараметр – это температура воздуха, данные по которой представлены в табл. 1, 2 в виде усредненных за 10-летия значений температур за период наблюдений с 1891 по 2010 гг.

*Таблица 1***Средние за 10-летия температуры воздуха  
на станциях Центральной, Северной и Южной Якутии**

Годы	Якутск	Бердигестях	Вилюйск	Чурапча	Жиганск	Верхоянск	Тикси	Чокурдах	Алдан	Олекминск
1891–00	–10,5	–	–	–	–	–*	–	–	–	–*
1901–10	–10,2	–	–9,5	–	–	–15,8	–	–	–	–6,0
1911–20	–10,2	–	–9,2	–	–	–15,7	–	–	–	–*
1921–30	–10,1	–	–9,2	–	–	–15,5	–	–	–*	–6,3

Годы	Якутск	Бердигестях	Виллойск	Чурапча	Жиганск	Верхоянск	Тикси	Чокурдах	Алдан	Олекминск
1931–40	–9,9	—	–8,7	—	—*	–14,9	—*	—	—*	–6,1
1941–50	–10,2	—	–8,9	–11,8	–11,5	–14,5	–13,1	—*	–6,1	–6,7
1951–60	–10,7	–11,3	–9,9	–11,9	–12,1	–15,9	–13,3	–13,9	–6,5	–7,0
1961–70	–10,3	–11,2	–9,5	–11,7	–11,9	–14,9	—*	–14,6	–6,4	–6,5
1971–80	–9,7	–10,7	–9,4	–11,2	–11,7	–15,3	–13,5	–14,3	–6,2	–6,4
1981–90	–9,4	–9,8	–8,7	–10,8	–11,4	–14,8	–12,9	–13,7	–5,6	–5,8
1991–00	–8,7	–9,7	–8,3	–10,4	—*	–14,4	–13,1	–13,8	—*	–5,7
2001–2010	–8,1	–9,1	–7,7	–9,7	—*	–14,0	–12,3	–12,6	–5,4	–5,5

Примечание:

—\* — отсутствовали данные наблюдений по годам;

— — наблюдения еще не велись.

Таблица 2

Средние за 10-летия температуры воздуха на станциях Восточной и Западной Якутии

Годы	Зырянка	Усть-Мая	Оймякон	Усть-Мома	Мирный	Сунтар	Ленск	Оленок
1891–00	—	—*	—	—	—	—	—	—
1901–10	—	—*	—	—	—	—*	—	—
1911–20	—	—*	—	—	—	—	—	—
1921–30	—	—*	—	—	—	—	—	—
1931–40	—*	—*	–16,0	—*	—	—*	—	—*
1941–50	–11,6	—*	–16,5	–14,4	—	–7,7	–6,0	—*
1951–60	–11,5	–10,4	–17,0	–15,2	—	–8,3	—*	–14,0
1961–70	–11,6	–10,6	–16,8	–15,0	–7,6	–8,0	–6,2	—*
1971–80	–10,8	–11,4	–16,4	–14,5	–7,6	–7,8	–6,0	–12,5
1981–90	–10,7	–10,7	–15,9	–13,8	–7,0	–7,0	–5,4	–11,9
1991–00	–10,9	–10,9	–15,5	–13,3	–7,0	–6,4	–5,3	–11,8
2001–2010	–10,0	–10,0	–15,0	–12,5	–6,4	–6,4	–5,2	–10,9

Примечание:

—\* — отсутствовали данные наблюдений по годам;

— — наблюдения еще не велись.

Анализ температурных данных по Республике Саха (Якутия) позволяет сделать следующие выводы:

- в исследуемом районе выделено 3 периода направленных изменений температуры воздуха в последнее 100-летие, в результате чего ряды наблюдений были разбиты на 3 периода с определенной тенденцией изменения температуры: 1-й – с 1916 по 1945 г. – этап потепления, 2-й – с 1946 по 1975 г. – этап похолодания, и 3-й – с 1976 г. по настоящее время – этап потепления;
- выделяется потепление, начавшееся в 20-е гг. и достигшее своего апогея в 40-е гг. прошлого 100-летия, совпадающее с так называемым «потеплением Арктики»;
- на всех станциях прослеживается четкое похолодание в 50-60 гг. XX в.;
- самыми теплыми на всех станциях явились последние десятилетия, а именно, 80-е, 90-е и 2000-е гг.;
- четко видна резкая тенденция к потеплению, появившаяся в 70-х гг.;
- практически на всех станциях прослеживается положительный тренд изменения среднегодовых температур.

Данные выводы подтверждаются работами известного якутского климатолога М.К. Гавриловой, согласно которым XX столетие характеризуется общим повышением температуры воздуха выше средних многолетних значений [1]. Следовательно, на всех рассматриваемых станциях, расположенных в различных частях нашей республики, прослеживается изменение среднегодовых температур в сторону повышения, значит, имеет место довольно значимое потепление климата.

Исходя из ранее полученных выводов, возникает вопрос, какие факторы привели к такому выраженному потеплению климата: аномально теплые зимы, повышение температур летнего сезона и т.п. Поэтому целесообразно рассмотреть изменение температуры на территории Якутии отдельно в зимний и летний периоды. При этом в анализе за теплый период года берутся месяцы с мая по сентябрь, а за холодный период года – с октября по апрель. Обобщенные данные по станциям представлены в табл. 3.

Анализ результатов вклада температур теплого и холодного периода года в повышение среднегодовой температуры показал довольно любопытные результаты, установлено, что:

- на большинстве станций температура за холодный период года значительно повысилась, в первую очередь, на станциях Центральной и Западной Якутии и в меньшей степени – в Южной Якутии;
- на станциях Восточной Якутии темпы повышения температур как в холодный, так и в теплый периоды года были практически одинаковыми, за исключением Зырянки. На станции Зырянка потепление в теплый период года значительно превышает потепление за холодный период, а на станции Усть-Мая в теплый период года произошло понижение температур на 1,2 °С;
- на станциях Северной Якутии прослеживается потепление как в теплый, так и в холодный периоды года, т.е. не прослеживается четкой положительной или отрицательной тенденции в какой-то определенный период года.

Для подтверждения полученных выводов проанализируем изменение температур за январь и июль как наиболее часто используемых для климатических обобщений месяцев (табл. 4).

Таблица 3

**Изменение среднегодовых температур за теплый и холодный период года и  
а метеостанциях Республики Саха (Якутия) за период с 1941 по 2010 гг.**

№ п/п	Станция	Изменение температуры за холодный период года, °С	Изменение температуры за теплый период года, °С
1	Якутск	3,0	0,8
2	Вилуйск	1,6	0,8
3	Чурапча	2,6	1,1
4	Бердигестях	2,8	1,3
5	Верхоянск	1,0	1,6
6	Жиганск	1,7	0,5
7	Тикси	0,6	1,3
8	Чокурдах	1,7	0,9
9	Зырянка	1,2	2,1
10	Усть-Мая	0,7	-1,2
11	Усть-Мома	2,0	1,9
12	Оймякон	1,4	1,6
13	Ленск	1,1	0,4
14	Мирный	1,5	0,6
15	Сунтар	1,6	0,7
16	Оленек	4,5	1,1
17	Алдан	0,8	0,4
18	Олекминск	2,2	-0,1

Анализ изменения температуры за январь и июль за 70 лет показывает следующие результаты:

- на станциях Центральной Якутии темпы потепления за январь превышают темпы потепления за июль в несколько раз;
- в Северной Якутии потепление прослеживается как в январе, так и июле, нет четкой превалирующей тенденции за определенный месяц, как в Центральной Якутии;
- в Западной Якутии темпы потепления за январь также превышают темпы потепления за июль. При этом встречаются две интересные особенности. Первая — на станции Оленек потепление за январь превышает потепление за июль почти в 8 раз. На станциях Ленск и Мирный за период в 70 лет происходит снижение температур июля.
- на станциях Южной Якутии вклад в потепление выше за январь месяц, при этом за июль прослеживается снижение температуры;
- в Восточной Якутии темпы потепления за июль выше на всех станциях, кроме станции Усть-Мая, где потепление за январь намного выше.

**Динамика температуры за январь и июль  
на станциях Республики Саха (Якутия) за период с 1941 по 2010 гг.**

№ п/п	Станция	Изменение температуры за январь, °С	Изменение температуры за июль, °С
1	Якутск	5,1	0,6
2	Вилуйск	3,4	0,8
3	Чурапча	4,2	1,3
4	Бердигестях	4,4	1,5
5	Верхоянск	1,8	2,6
6	Жиганск	3,1	0,6
7	Тикси	3,7	1,7
8	Чокурдах	0,3	1,1
9	Зырянка	-0,5	3,0
10	Усть-Мая	4,5	-1,0
11	Усть-Мома	2,5	3,0
12	Оймякон	-0,9	2,1
13	Ленск	0,7	-0,1
14	Мирный	0,8	-0,6
15	Сунтар	2,3	0,4
16	Оленек	7,0	0,9
17	Алдан	0,6	-1,0
18	Олекминск	1,9	-0,8

Следующий рассматриваемый параметр – атмосферные осадки. Атмосферные осадки являются одной из важнейших характеристик климата. Они имеют исключительную важность для различных аспектов жизнедеятельности человека (сельское хозяйство, энергетика и транспорт, опасные гидрометеорологические явления, связанные с наводнениями и засухами, и др.) и собственно для климатической системы (облачность, потоки скрытого тепла, приток пресной воды в океан, аккумуляция, разрушение ледовых щитов и горных ледников и т.д.). Однако климатология осадков изучена хуже, чем климатология температуры, так же как и их режим. Такая ситуация объясняется более сложной физической природой, как самого явления осадков, так и колебанием осадков в зависимости от локальных географических и климатических условий [4].

Общеизвестно, что после повышения температуры вторым важным следствием реальности процесса глобального потепления является усиление глобального влагооборота. Отсюда ожидаемым следствием будет увеличение количества осадков на рассматриваемой территории. Сделаем попытку изучения динамики осадков над территорией Якутии и установим их взаимосвязь с ранее полученными выводами. Результаты анализа представлены в табл. 5–7.

Таблица 5

**Средние за 10-летия значения осадков на станциях,  
расположенных на территории Центральной, Северной Якутии**

Годы	Якутск	Бердигестях	Вилуйск	Чурапча	Жиганск	Верхоянск	Тикси	Чокурдах
1961–70	241,8	239,8	232,3	237,6	—*	—*	—*	—*
1971–80	236,0	261,0	262,1	262,0	297,8	175,3	—*	227,9
1981–90	241,0	255,0	268,8	233,6	282,4	165,3	—*	218,9
1991–00	231,6	267,6	292,2	238,1	330,4	179,3	297,3	208,1
2001–2010	234,3	296,4	294,8	252,8	371,4	—*	345,1	183,4

Примечание:

—\* — отсутствовали данные наблюдений.

Таблица 6

**Средние за 10-летия значения осадков на станциях,  
расположенных на территории Западной и Восточной Якутии**

Годы	Зырянка	Усть-Мая	Оймякон	Усть-Мома	Мирный	Сунгар	Ленск	Оленек
1961–70	—*	—*	—*	—*	—*	—*	—*	—*
1971–80	255,0	297,2	241,1	202,9	303,7	318,1	372,4	287,6
1981–90	241,7	306,6	220,0	203,4	297,8	287,6	360,7	285,5
1991–00	273,7	286,0	—*	190,6	317,7	294,4	390,1	320,4
2001–2010	329,6	316,0	209,5	223,5	335,3	333,2	438,4	299,7

Примечание:

—\* — отсутствовали данные наблюдений

Таблица 7

**Средние за 10-летия значения осадков на станциях,  
расположенных на территории Южной Якутии**

Годы	Алдан	Олекминск
1961–70	—*	—*
1971–80	686,4	325,0
1981–90	689,1	308,3
1991–00	—*	314,4
2001–2010	767,9	349,5

Примечание:

—\* — отсутствовали данные наблюдений

В результате анализа атмосферных осадков установлено:

- на территории Центральной Якутии произошло практически повсеместное увеличение количества годовых осадков;
- на станциях Северной Якутии также повсеместно происходило повышение количества выпадающих осадков, кроме станции Чокурдах, на которой прослеживается постепенное снижение количества осадков;
- на территории Южной Якутии также отмечается повышение количества выпадающих атмосферных осадков;
- в Восточной Якутии количество выпадающих осадков также повысилось на всех рассматриваемых станциях, кроме станции Оймякон, где постепенно происходило снижение количества выпадающих осадков;
- на территории Западной Якутии прослеживается значительное повышение количества выпадающих осадков, наблюдаются самые высокие темпы повышения количества атмосферных осадков;
- в целом по Республике Саха (Якутия) произошло повышение количества выпадающих атмосферных осадков, что подтверждает ранее полученные выводы.

Почти вся территория Якутии находится в зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты. Для инфраструктуры рассматриваемого региона повышение температуры многолетнемерзлых грунтов может таить различные опасности. Прежде всего, тем, что приводит к уменьшению несущей способности свайных фундаментов, оснований и опор. По оценкам, полученным на кафедре инженерной геокриологии Московского госуниверситета под руководством профессора Л.Н. Хрусталева, более четверти стандартных жилых 5-этажных зданий в Якутске, Тикси, построенных за период с 1950-х по 1970-е гг., может стать непригодными к эксплуатации уже в ближайшие одно-два 10-летия. Более того, в условиях Якутска при увеличении среднегодовой температуры воздуха на 2 °С несущая способность свайных фундаментов может сократиться до 50 %.

В Якутске за период с начала 1970-х гг. более 300 зданий получили серьезные повреждения в результате просадок мерзлых почвогрунтов. В крупных северных городах с развитой инженерной инфраструктурой, таких как Якутск, эта проблема дополнительно осложняется негативным влиянием антропогенных и техногенных факторов, усиливающих деструктивное воздействие меняющегося климата.

В целом общей тенденцией на огромной территории Якутии является увеличение максимальных за год значений температур и глубины сезонного протаивания. Кроме того, и в будущем такая тенденция будет сохраняться.

В табл. 8 представлены данные, показывающие изменение температуры почвогрунтов. Таким образом, в Республике Саха (Якутия) за 3 10-летия произошло повышение минимальных и максимальных за год значений температуры на всех глубинах, повысились и среднегодовые значения на всех глубинах примерно на 1 °С, однако среднегодовые значения температуры были и остались отрицательными на глубинах от 80 до 320 см. В республике условия для устойчивой многолетней мерзлоты сохраняются [6].



Таблица 8

Минимальное и максимальное значение среднего годового хода суточной температуры почвогрунтов на глубинах и среднегодовое ее значение (°С) по двум выборкам лет, Якутия

Глубина, см	1977–1981 гг.			Глубина, см	2001–2005 гг.		
	Min	Max	Среднее		Min	Max	Среднее
80	–9,9	6,8	–2,1	80	–8,7	8,0	–1,1
160	–7,5	2,0	–2,3	160	–6,6	2,5	–1,3
240	–6,5	0	–2,3	240	–5,1	1,0	–1,5
320	–4,8	–1,5	–2,5	320	–5,2	–0,5	–1,5

### Заключение

Анализ метеорологических параметров на территории Республики Саха (Якутия) показал довольно-таки значимое потепление климата, что подтверждает как повышение среднегодовых температур, так и увеличение количества выпадающих осадков. Наиболее благоприятна пока ситуация с температурой почвогрунтов, но и она может измениться не в лучшую сторону при дальнейшем сохранении или ускорении темпов потепления, которое может привести к значительным последствиям для инфраструктуры и экономики республики, что является темой для отдельного изучения. Поэтому разработка ответных стратегий, в частности, методов адаптации для северных регионов, включая и рассматриваемый регион Республику Саха (Якутия), необходима и должна стать приоритетной государственной задачей [3].

### Литература

1. *Гаврилова М.К.* Изменения климата в районах «вечной мерзлоты» на протяжении XX века в России. Влияние климатических и экологических изменений на мерзлотные экосистемы. // Труды Третьей Междунар. конф. «Роль мерзлот. экосистем в глобальном изменении климата» (Якутск, 27–31 авг. 2006 г.). – Якутск, 2007, с. 9–15.
2. Комплексные климатические стратегии для устойчивого развития регионов российской Арктики в условиях изменения климата (модельный пример Мурманской области). – М.: Программа развития ООН в России, Российский региональный экологический центр, 2009.
3. Оценочный отчет «Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза и моделирования» под ред. О.А. Анисимова. – М.: ОМННО «Совет Гринпис», 2010. – 44 с.
4. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме под ред. Т.В. Тешкевича. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). – М.: 2008. – 89 с.
5. *Катцов В.М., Порфирьев Б.Н.* Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территориях РФ на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу. // Тр. ГГО, 2011, вып. 563, с. 7–60.
6. *Шерстюков А.Б.* Изменения климата и их последствия в зоне многолетней мерзлоты России. – Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2009. – 127 с.