

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ДИНАМИКА ГЕОСИСТЕМ

УДК 551.582+ 911.33

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-6-21

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ) И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА НАСЕЛЕНИЕ: ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ МЕСТНЫХ ЖИТЕЛЕЙ

Ананичева М. Д.¹, Литвиненко Т. В.¹, Филиппова В. В.²

¹ Институт географии РАН

119017, г. Москва, Старомонетный пер., д. 29, Российская Федерация

² Институт гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера
Сибирского отделения Российской академии наук

677027, г. Якутск, ул. Петровского, д. 1, Российская Федерация

Аннотация.

Цель. Выявить тенденции изменения климата и природной среды в Якутии по инструментальным наблюдениям и сопоставить их с восприятием этих процессов местным населением.

Процедура и методы. Проанализированы данные Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации и полевых исследований 2003–2020 гг. в арктических районах. В работе использованы методы: статистический, сравнительно-географический, картографический, опрос местного населения.

Результаты. Представлен анализ инструментальных данных об изменении климата в Якутии – поля трендов средней годовой и средней летней температур, сумм годовых осадков и осадков холодного периода. Потепление осуществляется в основном за счет роста межсезонных температур. Многолетнемёрзлые грунты подвержены таким изменениям как увеличение мощности активного слоя, пока не катастрофическим, но требующим постоянного мониторинга. Наблюдается связь между результатами научных исследований и фиксируемыми местным населением изменениями. Наблюдение местных жителей Якутии за климатическими изменениями схожи с результатами, полученными в других регионах Сибири.

Теоретическая и/или практическая значимость. Анализ массива данных по Якутии дополняет картину климатических изменений на Севере и в Арктике и даёт представление о восприятии этих изменений местным населением. Совместное использование научных данных и наблюдений местных жителей представляется важным при разработке региональных программ адаптации к изменениям климата.

© СС ВУ Ананичева М. Д., Литвиненко Т. В., Филиппова В. В., 2021.

Ключевые слова: Якутия, изменение климата, хозяйственная деятельность, местное население, наблюдения местного населения

Благодарности. Исследование проводилось в рамках гранта РФФИ № 19-05-00822, 2019–2021 «Малые ледники Севера России в разные периоды времени как чувствительный показатель изменения климата: оценка современного, прошлого и будущего состояний относительно изученных и вновь открытых ледников» (Ананичева М. Д., Литвиненко Т. В.); гранта РФФИ в рамках научного проекта № 20-55-71005 «Гидрология, криолитозона и устойчивость в восточном секторе российской Арктики и Субарктики», Шведским исследовательским советом по вопросам окружающей среды, сельскохозяйственным наукам и пространственному планированию (проект № 2019-02332) и Японским проектом по науке и технологиям (проект № JPMJBF2003), Инициативы Бельмонтского форума по Совместной исследовательской деятельности «Жизнеспособность быстроменяющихся Арктических систем (СИД Арктика II)» (2020–2022 гг.) (Филиппова В. В.); мегапроекта № 0148-2019-0008 «Проблемы и перспективы территориального развития России в условиях его неравномерности и глобальной нестабильности» (2019–2021 гг.) (Литвиненко Т. В.).

CLIMATE CHANGE IN THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA) AND ITS IMPACT ON THE POPULATION: INSTRUMENTAL MEASUREMENT AND OBSERVATIONS OF THE LOCAL POPULATION

*M. Ananicheva*¹, *T. Litvinenko*¹, *V. Filippova*²

¹*Institute of Geography, RAS*

Staromonetnyi per. 29, Moscow 119017, Russian Federation

²*Institute for Humanities Research and Indigenous Studies of the North,*

Siberian Branch of the Russian Academy of Science

ul. Petrovskogo 1, Yakutsk 677027, Russian Federation

Abstract.

Aim. The purpose of this study is to identify trends in climate and natural environment changes in Yakutia based on instrumental observations and to compare them with the perception of these processes by the local population.

Methodology. The procedure and methods included the analysis of data from the All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information and field research in the Arctic regions in 2003–2020 based on statistical, comparative-geographical, cartographic methods and expedition research, including the local people's survey.

Results. An analysis of instrumental data on climate change in Yakutia is presented – the spatial patterns of trends in mean annual and mean summer temperatures, sums of annual precipitation and precipitation of the cold period. Warming takes place mainly due to the increase of the off-season temperatures. Permafrost soils are subject to such changes as a rise of the active layer thickness, which are not yet catastrophic, but require constant monitoring. There is a link between the results of scientific research and changes recorded by the local population. Local observations of climate change in Yakutia are similar to the results obtained in other regions of Siberia.

Research implications. The analysis of the data set in Yakutia complements the picture of climate change in region of study and gives an idea of the perception of these changes by the local population. The joint use of scientific data and observations of local populations is important in elaboration of local climate change adaptation programs.

Keywords: Yakutia, climate change, economic activity, local population, observations of local population

Acknowledgements. The study was carried out within the framework of the Russian Foundation for Basic Research Grant no. 19-05-00822, 2019–2021 “Small glaciers of North Asia in different time periods as a sensitive indicator of climate change: an assessment of the current, past and future states of relatively studied and newly discovered glaciers” (Ananicheva M. D., Litvinenko T. V.); RFFI Grant in the framework of scientific project no. 20-55-71005 “Hydrology, Cryolithozone and Sustainability in the Eastern Sector of the Russian Arctic and Subarctic”, Swedish Research Council for the Environment, Agricultural Sciences and Spatial Planning (Project no. 2019-02332) and the Japan Science and Technology Project (project no. JPMJBF2003), initiative of the Belmont Forum on Joint Research Activities “Viability of Fast-Changing Arctic Systems (Arctic II LED)” (2020–2022) (V. V. Filippova); megaproject no. 0148-2019-0008 “Problems and prospects of territorial development of Russia in the conditions of its unevenness and global instability” (2019–2021) (T. V. Litvinenko).

Введение

О беспрецедентности климатических и социально-экологических изменений в Арктике и на Севере свидетельствуют не только результаты инструментальных наблюдений и их анализа, но и наблюдения местных жителей [14]. Подчас выявить, показать изменение климата и его влияние на хозяйственную деятельность населения, используя только научные знания, весьма затруднительно, особенно на локальном уровне. Поэтому учёные всё чаще прибегают к наблюдениям местного населения за изменением климата в качестве источника информации [1; 3; 13; 14; 15; 16; 18; 19].

Авторами исследования предпринята попытка объединить результаты инструментальных метеорологических данных, отражающих изменения климата и природной среды в Якутии, и наблюдаемое населением арктических улусов влияние этих изменений на жизнедеятельность человека.

С помощью анализа рядов метеоэлементов (температуры воздуха и осадков) были получены поля их трендов, которые отражают пространственную картину изменения климата за последние десятилетия. Сопоставление

тенденций изменений климата и природной среды по инструментальным наблюдениям с восприятием этих событий местным населением даёт более наглядную картину изменений, происходящих в последнее время в Якутии.

Был проведён анализ климатических изменений Якутии на основе данных метеостанций, предоставленных Всероссийским научно-исследовательским институтом гидрометеорологической информации¹ и некоторых научных работ [7; 9; 10]. Для оценки изменений климатических параметров были построены карты трендов годовой ($T_{\text{год}}, ^\circ\text{C}$) и средней летней температур ($T_{\text{лет}}, ^\circ\text{C}$), а также общих осадков ($P_{\text{год}}, \text{мм}$), осадков холодного периода ($P_{\text{хп}}, \text{мм}$), когда температура устойчива ниже нуля. Для расчёта использовался временной отрезок с 1966 (когда были исправлены показатели осадкомеров на северных станциях РФ) по 2019 г. Тренды (линейные) определялись по уравнениям регрессии рядов этих

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных [Электронный ресурс]. URL: www.meteo.ru (дата обращения 17.06.2020).

параметров с принятыми интервалами ошибок $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ для температуры и ± 5 мм для осадков. Также привлекались данные метеостанций Якутии, чтобы выяснить ход температур в период потепления и после, вплоть до 2019 г.

Для оценки представлений населения об изменениях климата были проведены полевые исследования в арктических Анабарском, Булунском, Верхнеколымском, Верхоянском, Нижнеколымском, Оленекском, Среднеколымском, Эвено-Бытантайском улусах в 2003–2020 гг. В результате опроса местного населения выявлены происходящие изменения в окружающем ландшафте, хозяйственной деятельности и хозяйственном цикле, а также проблемы жизнеобеспечения в условиях изменения климата. Были обобщены данные инструментальных измерений и наблюдения местных жителей за изменением климата и природной среды и их влиянием на человека и хозяйственную деятельность.

Данные инструментальных наблюдений за изменениями климата и природной среды в Якутии

В последние десятилетия в Северо-Восточной Сибири и на севере Дальнего Востока отмечается рост температур воздуха [2]. Диапазон изменений варьирует в зависимости от местоположения метеостанции – насколько она удалена от береговой зоны, находится ли она на равнине или в предгорье и т. п. Динамику изменений метеопараметров во времени отражают их тренды, рассчитанные за определённый период. Для того чтобы представить изменение трендов в пространстве, были построены карто-схе-

мы температур и осадков на исследуемый регион (рис. 1).

Годовая температура ($T_{\text{год}}$) на территории северо-востока Сибири и севера Дальнего Востока в течение рассматриваемого периода – 53 года (1966–2019 гг.) – менялась в диапазоне от $2,5$ до $3,0^{\circ}\text{C}$, изменения $T_{\text{лет}}$ меньше – от $1,0$ до $2,0^{\circ}\text{C}$, увеличиваясь к востоку, к Корякскому нагорью. Отрицательные тренды годовых осадков отмечаются на крайнем севере регионов, в континентальной части они положительны и составляют от 0 до $+100$ мм/53 г. Тренды осадков холодного периода менялись в Якутии от 0 до -50 мм, на Чукотке – от -50 до -100 мм. Картина изменений этих характеристик в горах несколько иная: потепление летом в районе Верхоянья отмечается уже длительное время, тренд $T_{\text{лет}}$ составляет от $1,5$ до 2°C , $T_{\text{год}}$ – до $2-3^{\circ}\text{C}$, тренды осадков – нулевые, к северу повышаются до $+50$ мм.

Определялись также тренды (линейные) средней годовой и средних сезонных температур севера Якутии по метеостанциям Тикси, Чокурдах, Кюсюр, Юбилейная, Саскылах, о. Котельный с 1966 по 2019 г., Андрюшкино – с 1982 по 2019 г., Анабар – с 1988 по 2019 г. (рис. 2а).

Максимальный тренд – $3-4^{\circ}\text{C}/53$ года – характерен для межсезонных температур (осени и весны), наименьшие – $1,5-2^{\circ}\text{C}$ – для летних температур. Климат здесь становится мягче в основном за счёт потепления в холодные сезоны. Летнее потепление на севере Якутии пока достаточно слабое, но бывают и аномалии: в Верхоянске метеорологи подтвердили аномальную жару 20 июня 2019 г.: температура воздуха повысилась до $+38^{\circ}\text{C}$. Этот температурный рекорд

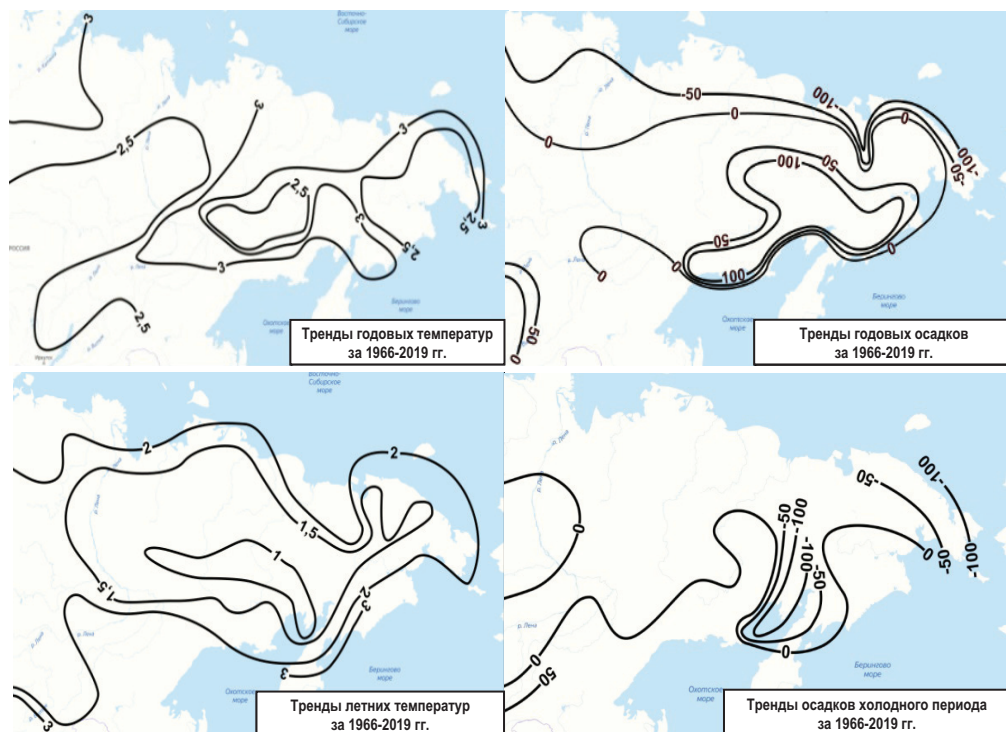


Рис. 1 / Fig. 1. Картограммы трендов годовых и средних летних температур, $^{\circ}\text{C}$ и трендов годовых сумм осадков и осадков холодного периода, мм на территории северо-востока Сибири и севера Дальнего востока / Maps of trends in annual and mean summer temperature, $^{\circ}\text{C}$ and trends in annual precipitation and cold period precipitation, mm in the Northeastern Siberia and in the North of Far East

Источник: [2]

заинтересовал WMO, и после проверки зафиксированная аномалия может быть включена в так называемую метеорологическую «книгу рекордов».

В более южных частях Якутии ситуация с потеплением несколько другая: потепление идёт за счёт зимних температур, в меньшей степени – осени и весны, летние тренды также минимальны.

Рост среднегодовой, летней, зимней температур в северной Якутии

Для оценки динамики изменения температуры, во-первых, была определена средняя годовая и сезонные температуры для северных метео-

станций и м/ст Якутск, находящейся южнее, за периоды с 1966 г. (температуры за базовый период) по 2019 г. Метеостанции Анабар и Андриюшкино имеют более короткие периоды наблюдений – с 1988 и 1982 г. соответственно (табл. 1). Во-вторых, были рассчитаны эти же температуры за период до начала потепления (1979 г.) и после, вплоть до 2019 г. (табл. 2).

Итак, $T_{\text{год}}$ всюду повысилась более чем на 1°C , для самой северной станции (о. Котельный) и самой южной (Якутска) она увеличилась более чем на 2°C . Рост средней летней – менее 1°C , за исключением Якутска. Средние зимние температуры возросли на $1-1,5^{\circ}\text{C}$

Таблица 1 / Table 1

Средняя температура (Т) по сезонам в Якутии, °С / Mean temperature by seasons in Yakutia, °C /

Метеостанция	Т _{Год}	Т ₆₋₈	Т ₃₋₅	Т ₉₋₁₁	Т ₁₂₋₂	Дата	Широта, °	Долгота, °
Анабар	-13,5	6,8	-17,8	-11,2	-31,9	с 1988	73,22	113,50
Андрюшкин	-12,2	9,9	-15,6	-10,1	-32,5	с 1982	69,10	154,26
Тикси	-12,7	6,3	-16,6	-10,7	-29,7	с 1966	71,58	128,9
Чокурдах	-13,3	8,0	-16,9	-11,5	-32,9	с 1966	70,62	147,8
Кюсюр	-13,1	10,3	-14,3	-12,8	-35,4	с 1966	70,68	127,4
Юбилейная	-13,1	9,1	9,1	-5,9	-33,2	с 1966	70,77	136,2
Саскылах	-14,0	8,7	-17,7	-13,1	-33,3	с 1966	71,97	114,0
о. Котельный	-14,1	1,7	-18,5	-11,0	-28,7	с 1966	176	137,8
Якутск	-8,9	17,0	-5,8	-9,8	-37,1	с 1966	62, 0	129,6

Примечание: Т_{Год} – средняя годовая, Т₃₋₅ – средняя летняя, Т₃₋₅ – средняя за весну, Т₉₋₁₁ – средняя за осень, Т₁₂₋₂ – средняя зимняя температуры.

Источник: составлено авторами по данным Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – мирового центра данных [Электронный ресурс]. URL: www.meteo.ru (дата обращения: 17.06.2020).

Таблица 2/ Table 2

Средняя температура по сезонам за разные временные периоды/ Mean air temperature by season for different periods

Метеостанция	Т _{Год}	Т ₆₋₈	Т ₃₋₅	Т ₉₋₁₁	Т ₁₂₋₂	Дата
Тикси	-13,6	5,6	-17,2	-11,8	-30,9	1966–1979
	-12,4	6,5	-16,3	-10,3	-29,3	1979–2019
Чокурдах	-14,3	7,6	-17,5	-13,1	-34,0	1966–1979
	-13,0	8,1	-16,7	-10,9	-32,5	1979–2019
Кюсюр	-13,9	9,8	-15,0	-13,7	-35,4	1966–1979
	-12,8	10,5	-14,1	-12,4	-35,4	1979–2019
Юбилейная	-14,0	8,5	-16,7	-13,1	-32,7	1966–1979
	-12,8	9,3	-18,1	-13,4	-33,3	1979–2019
Саскылах	-14,9	8,2	-18,9	-14,2	-32,8	1966–1979
	-13,7	8,8	-17,2	-12,8	-33,5	1979–2019
О-в Котельный	-15,2	1,3	-19,4	-12,6	-30,0	1966–1979
	-13,8	1,9	-18,2	-10,4	-28,3	1979–2019
Якутск	-10,3	16,3	-6,8	-10,8	-39,7	1966–1979
	-8,5	17,2	-5,4	-9,5	-36,3	1979–2019

Источник: составлено авторами по данным Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации. URL: www.meteo.ru (дата обращения 17.06.2020)

(за исключением станций Саскылах, Кюсюр и Юбилейная, находящихся в северо-западной части Якутии), межсезонные (на разных станциях в разные периоды) – на 2–3°C (больше всего в осенний период)

На юге Якутии (данные метеостанции Нагорный: 55,97 с. ш., 124,80 в. д., высота 861 м н. у. м.) тренд $T_{\text{год}} - 2,4^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{лет}}$ меньше – $1,8^{\circ}\text{C}$. Стабильное потепление здесь отмечается с конца 1980-х гг. Температура возросла: $T_{\text{год}}$ и $T_{\text{лет}} - 7,1^{\circ}\text{C}$ и $13,1^{\circ}\text{C}$ с 1966 по 2020 г., а с 1987 по 2020 г. – $6,7^{\circ}\text{C}$ и $13,5^{\circ}\text{C}$ соответственно. Тренд осадков незначительный: +25 мм за 1966–2020 гг. для средних годовых и осадков теплого периода, тренд осадков холодного периода – нулевой.

Анализ метеорологических параметров на территории Республики Саха (Якутия) показал значимое потепление климата, выражающееся в повышении годовых и сезонных температур. 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 существенным последствиям для инфраструктуры и экономики республики [7].

Таяние мерзлоты и связанные с ней явления

Температура воздуха и приходящая радиация являются основными факторами, контролирующими среднегодовые колебания мощности активного слоя (СТС). Из материалов мониторинга 2 участков (о. Самойлова и п-в Быковский, R51 и R29) в дельте р. Лены (рис. 2б) совместного проекта Германии (Потсдамского институ-

та им. Вегенера) и России (Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова, Якутск) [13] следует, что СТС на первом участке составляет 25–44 см (в среднем 34 см), а на втором – 24–43 см (в среднем за 2005–2018 гг. – 31 см) с максимумом в 2007 г. и минимумом в 2004 г. для обоих участков.

Эти два участка – Якутск (R43, R42) и Тикси (R29, R51) – показывают разные тренды средних значений СТС за период наблюдений. Для участка речной террасы на о. Самойлова он положительный – $0,2 \text{ см}^* \text{ год}^{-1}$, а для участка Едома на полуострове Быковский отрицательный, $-0,2 \text{ см}^*$ в среднем за год^{-1} . Таким образом, можно сделать вывод, что на севере Якутии активный слой многолетнемерзлых пород претерпевает пока незначительные изменения, по-видимому, потому что потепление осуществляется в основном за счёт температур холодного периода, а не летом, когда они положительны.

В районе среднего течения р. Лены межгодовые вариации средней СТС в 2008–2016 гг. пока также относительно малы. Значения мощности 2 участков мониторинга – R42, R43 (рис. 2б) – изменяются в очень узком диапазоне: 197–203 см (в среднем за 2008–2018 гг. – 201 см). Максимальные наблюдались в 2014 и 2017 г., минимальные – в 2013 г., и средние (119–129 см) невелики: слегка положительно для участка (находится на лугу в Якутске) и слегка отрицательно для другого участка (находится в тайге).

В 2019 г. была издана мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия)¹. В пояснении утверждается,

¹ Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия). Масштаб 1:1500 000 / А. Н. Фе-



Рис. 2 / Fig. 2. Картограмма метеостанций, Север Якутии (А), картограмма участков мониторинга СТС, (Б) / Map of weather stations, North of Yakutia (A), map of areas for monitoring of the ALT (B)

Источник: [13]

что карта «позволила установить, что около 69% территории представлены криогенными ландшафтами на сред-

доров, Я. И. Торговкин, А. А. Шестакова, Н. Ф. Васильев, В. С. Макаров и др. Якутск: ИМЗ СО РАН, 2018. 2 л. Фонды ИМЗ.

не- и слабоблудистых породах, которые можно представить как относительно устойчивые зоны для адаптации населения и социально-экономической инфраструктуры на случай катастрофических сценариев развития вечной

мерзлоты в условиях потепления климата». При небольшом уровне льдистости в породах сплошность и температура уже не играют большой роли, она повышается при высоком содержании льда в породах – более 50%.

На юге Якутии достаточно интенсивно развиты такие процессы, как термокарстовые просадки. А. Н. Федоров отмечает высокие темпы развития термокарста (по наблюдениям на участке Юкэчи за 1992–2019 гг.) [9]. Так, в термокарстовых понижениях за эти годы средние темпы просадок поверхности составили 5–10 см/год, а когда понижение обводнялось, темпы просадок достигали 13–18 см/год. В абсолютном значении максимальные просадки за эти годы составили около 2 м, глубины озёр увеличились с 0,4–0,6 м до 2–2,5 м. Эти изменения стали отражаться в структуре ландшафтов.

Влияние изменения климата на коренное население: результаты научных исследований

Знания коренных народов Арктики о влиянии климатических изменений на их занятия традиционными видами хозяйственной деятельности стали широко использоваться в научно-исследовательской работе в рамках программ Международного полярного года 2007–2008 гг. Повышенная наблюдательность аборигенов за происходящими природно-климатическими изменениями проанализирована в ряде работ исследователей Сибири и Арктики [8; 12].

В исследовании большое внимание было уделено результатам полевых работ в арктических районах Республики Саха (Якутия). Данные районы отличаются не только раз-

нообразием преобладающих этносов, но и специализацией хозяйств. Так, Анабарский улус является единственным в Якутии районом проживания долган, основным занятием которых является тундровое оленеводство и охота. В Верхнеколымском и Нижнеколымском районах исследования проводились среди юкагиров. Среднеколымский и Верхоянский районы являются территорией расселения северных якутов, занимающихся разведением скота и лошадей. В Булунском, Среднеколымском и Эвено-Бытантайском улусах преобладающим коренным этносом являются эвены, основным традиционным занятием которых является оленеводство.

Большинство населённых пунктов исследуемых районов, в которых проживают коренные этносы, располагаются на берегах крупных рек: Лена, Анабар, Оленёк, Яна, Индигирка, Алазея и Колыма. Усиление весенних паводков и учащение наводнений в последние десятилетия ускорили процессы размыва берегов и таяния мерзлоты. Под угрозой затопления оказались объекты жизнеобеспечения местных сообществ [6]. В Якутии имеется опыт полного переноса населённого пункта на незатопляемый участок, осуществлённый в Олекминском улусе [5]. Для некоторых поселений весьма остро стоит вопрос переноса на незатопляемое место [11]. Из-за изменения климата и его последствий существует реальная угроза массовых миграций и необратимого разрушения сложившейся производственной и расселенческой структуры [5].

Для инфраструктуры рассматриваемого региона повышение температуры многолетнемерзлых грунтов приводит

или может привести в будущем к уменьшению несущей способности свайных фундаментов, оснований и опор. В Якутске за период с начала 1970-х гг. более 300 зданий получили серьёзные повреждения в результате просадок мёрзлых почвогрунтов. В крупных северных городах с развитой инженерной инфраструктурой, например, Якутске, эта проблема дополнительно осложняется негативным влиянием антропогенных и техногенных факторов, усиливающих деструктивное воздействие меняющегося климата [7].

Результаты опроса, проведённого в рамках российско-японского международного проекта, показали обеспокоенность местного населения «изменениями окружающей среды в месте проживания». Полученные результаты показывают, что сельские жители Якутии испытывают на себе разные аспекты влияния изменений в окружающей среде, и многие из них видят в этих изменениях важные проблемы, возникающие в среде их проживания» [4].

Восприятие изменения климата жителями арктических улусов

На основе полевых материалов, собранных В.В. Филипповой в арктических районах Якутии, в сравнении с наблюдениями коренных жителей прибрежных районов Чукотского автономного округа об изменении климата можно выделить следующие группы проблем, связанных, по мнению местного населения, с изменениями климата¹:

¹ Кавры В., Болтунов А. Наблюдения коренных жителей прибрежных районов Чукотского автономного округа об изменении климата. Отчёт по проекту Арктической климатической программы Всемирного

1) Изменение водного режима рек и озёр (усиление весенних паводков, участвовавшие наводнения, ускорение процессов размыва берегов).

Последствия: затопление и подтопление населённых пунктов, более поздние сроки ледостава/раннее вскрытие рек, абразия берегов.

Адаптационные стратегии:

- перенос населённых пунктов на незатопляемые участки;
- новый способ строительства домов на «сваях», погружённых на 2,5 м вглубь земли;
- смена хозяйственного цикла;
- строительство новых зданий и хозяйственных построек;
- разработка нового генерального плана населённого пункта.

2) Таяние вечной мерзлоты.

Последствия: подтопление населённых пунктов; заболачивание местности; затопление и гниение леса; «исчезновение» озёр; образование оврагов и разломов; усиление роста кустарников на оленьих пастбищах.

Адаптационные стратегии:

- принят Перечень первоочередных мероприятий по предотвращению негативного влияния современных гидрологических процессов на жизнедеятельность сёл;
- выбираются новые хозяйственные маршруты и новые места под пастбища;
- хозяйства сокращают поголовье оленей и/или не увеличивают поголовье оленей.

3) Непредсказуемость/нестабильность погоды и учащение опасных метеорологических явлений (дожди в

фонда дикой природы (WWF), выполненному WWF России. Чукотка 2005–2006. URL: https://wwf.ru/upload/iblock/459/chukotka_ru.pdf (дата обращения 10.06.2019).

ноябре–декабре, выпадение большого количества снега, резкое повышение температуры и оттайка снежного покрова).

Последствия: резкие перепады температуры и атмосферного давления, опасные метеорологические явления, образование ледяной корки, изменение продолжительности явлений, оказывающих негативное влияние на население и его традиционную хозяйственную деятельность.

Адаптационные стратегии: пока нет способов адаптации к проблемам данной группы, кроме как надлежащего ухода за оленями и лошадьми.

4) Изменение ареалов обитания животных и миграции дикого оленя из-за потепления.

Последствия: дикие олени уводят стада домашних оленей и вытаптывают олени пастбища; появились птицы (напр., кряква, чирок, дрозд-рябинник) и животные (в связи с продвижением на север кустарничковых растений и потеплением климата в тундру стал выходить соболь, среди мышевидных грызунов встречается красная полёвка), нехарактерные для Севера и Арктики; в связи с повышением температуры воды промысловые виды рыб «уходят» вглубь, что приводит к сокращению улова.

Адаптационные стратегии:

– обеспечение хорошего ухода за оленями в период миграции диких оленей;

– поиск других участков для рыболовства и охоты; однако данная стратегия наталкивается на проблему: необходимость аренды участков у других землепользователей.

5) Смещение сезонов: удлинение осени и быстрое наступление весны.

Последствия: невозможно предугадать, когда рыба пойдёт на нерест (рыба стала нереститься в разное время), оленеводы не успевают перекочевать на весенние пастбища – при переправе через реку на пастбища есть опасность уйти под лёд при раннем ледоходе и/или позднем ледоставе.

Адаптационные стратегии:

– оленеводы вынуждены сокращать зимние маршруты.

Наблюдение местных жителей за климатическими изменениями в Якутии схожи с результатами, полученными в других регионах Сибири, прежде всего воздействием изменения климата на качество пастбищных ресурсов, состояние здоровья северных оленей и пути их миграции, на увеличение числа кровососущих насекомых [8; 17].

Заключение

Рассчитанные пространственные распределения средних годовых и летних температур указывают на повсеместное потепление на территории Якутии в течение последних 53 лет. Тренды осадков, как годовых, так и за период устойчивых отрицательных температур, изменяются от +100 мм на континенте до отрицательных значений (-100 мм) к береговой зоне за этот же период. Потепление осуществляется в основном за счёт роста межсезонных температур. Многолетнемёрзлые грунты подвержены также изменениям (увеличение мощности активного слоя), пока не катастрофическим, но требующим постоянного мониторинга.

Результаты научных исследований совпадают с наблюдениями местного населения Якутии. Учёными установлен рост межсезонных (весна и осень)

температур, население фиксирует удлинение осени и быстрое наступление весны, усиление весенних паводков, более поздние сроки ледостава и более раннее вскрытие рек. Исследования показывают рост среднегодовой температуры, ухудшение мерзлотных условий, а местные жители говорят об их негативных последствиях: подтопление населённых пунктов, заболачивание местности и затопление лесных участков. Участвовавшие аномальные погодные условия, отрицательно влияющие на человека и его хозяйственную деятельность, отмечаются как местным населением, так и инструментальными наблюдениями.

Сравнение результатов исследований на Чукотке [1] с полученными данными в Якутии показывает схожесть проблем в хозяйственной деятельности, связанных, по мнению местного населения, с изменением климата и природной среды. В Якутске и Анадыре, региональных столицах, население особо озабочено разрушением зданий и инженерных коммуникаций из-за просадок мерзлых грунтов.

В местах проживания коренных этносов особо актуальными являются негативные последствия изменения климата для традиционных видов природопользования – оленеводства и

рыболовства. К некоторым проблемам – непредсказуемость и нестабильность погодных уловий и учащение опасных метеорологических явлений – населением пока не отработаны способы адаптации.

Усиление весенних паводков и участвовавшие наводнения тревожат жителей поселений Якутии, расположенных на берегах таких крупных рек, как Лена, Яна, Индигирка и др. Их перенос в более безопасные, с точки зрения инженерно-геокриологических условий, места, как и адаптация к изменениям окружающей среды, является актуальным для обоих регионов.

Не только учёные, но и население Якутии обеспокоены изменениями климата и окружающей среды в районах его постоянного проживания. Наблюдения местных жителей за изменением климата и природной среды и их традиционные знания, позволяющие адаптироваться к таким изменениям, являются важным источником информации. Их следует учитывать наряду с инструментальными наблюдениями и мониторингом соответствующих служб, при разработке мер по адаптации населения и хозяйственной деятельности к изменениям климата.

Статья поступила в редакцию 31.05.2021.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананичева М. Д., Литвиненко Т. В., Нувано В. Н. Изменение климата и его влияние на хозяйственную деятельность населения Чукотки: научные знания и наблюдения местного населения // Теоретические и прикладные проблемы географической науки: демографический, социальный, правовой, экономический и экологический аспекты: материалы международной научно-практической конференции: в 2 т. Т. 2 / отв. ред. Н. В. Яковенко. Воронеж, 2019. С. 52–55.
2. Ананичева М. Д., Кононов Ю. М. Горные ледники Севера России: изменения за последние десятилетия под воздействием вариаций климата // Фундаментальная и прикладная климатология. 2020. Т. 3. С. 42–72.
3. Анисимов О. А., Жильцова Е. Л., Жегусов Ю. И. Общественное восприятие измене-

- ния климата в холодных регионах России: пример Якутии // Лёд и Снег. 2017. № 57 (4). С. 565–574.
4. Боякова С. И., Гото М., Григорьев С. А. и др. Вечная мерзлота и культура. Глобальное потепление и Республика Саха (Якутия), Российская Федерация : учеб. пособие. Сендай, 2019. 74 с.
 5. В ожидании ледохода: социальные аспекты разрушительных наводнений в сельской Якутии (конец XX – начало XXI вв.) / Л. И. Винокурова, В. В. Филиппова, А. А. Сулейманов, С. А. Григорьев // Гуманитарные исследования в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. 2016. № 1. С. 28–40.
 6. Наводнения в Арктике: воздействие на жизнь местных общин в России и США / Т. Н. Гаврильева, Дж. Ч. Эйкельбергер, Е. Е. Конгарь, В. В. Филиппова, А. Н. Саввинова // ЭКО. 2017. № 8. С. 93–113.
 7. Кириллина К. С. Современные тенденции изменения климата республики Саха (Якутия) // Учёные записки. 2013. № 30. С. 69–77.
 8. Медведков А. А. Трансформация «кормящих ландшафтов» и традиционной культуры аборигенных народов Сибири в условиях изменения климата // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2016. Т. 22. № 1. С. 62–70.
 9. Фёдоров А. Н. Эволюция и динамика мерзлотных ландшафтов Якутии : дис. ... док. геогр. наук. Якутск. 2020. 302 с.
 10. Мерзлотно-ландшафтная карта республики Саха (Якутия) масштаба 1:1500000 / А. Н. Фёдоров, А. А. Шестакова, Я. Н. Торговкин, Н. Ф. Васильев // Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования : сборник трудов Международной научно-практической конференции, посвящённой памяти члена-корреспондента РАН А. Н. Антипова. Иркутск, 2019. С. 680–683.
 11. Филиппова В. В. Эвены Березовки в условиях наводнений: из опыта седентеризации // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. 2017. № 12. С. 84–88.
 12. Шадрин В. И. Коренные народы в условиях изменения климата (на примере народов Севера Якутии) // Вопросы истории и культуры северных стран и территорий. 2009. № 2 (6). С. 95–101.
 13. A 16-year record (2002–2017) of permafrost, active-layer, and meteorological conditions at the Samoylov Island Arctic permafrost research site, Lena River delta, northern Siberia: an opportunity to validate remote-sensing data and land surface, snow, and permafrost models / J. Boike, K. Anders, J. Nitzbon, M. Grigoriev // Earth System Science Data. 2019. № 11. P. 261–299.
 14. Cultural dimensions of climate change impacts and adaptation / W. N. Adger, J. Barnett, K. Brown, N. Marshall, K. O'Brien // Nature Climate Change. 2013. № 3. P. 112–117.
 15. Crate A. Susan Climate and Culture: Anthropology in the Era of Contemporary Climate Change // Annual Review of Anthropology. 2011. № 40 (1). P. 175–194.
 16. Indigenous Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation / D. Nakashima, I. Krupnik, J. Rubis, C. Mondragon, eds. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. 210 p.
 17. Medvedkov A. The kets ethnos and its «feeding landscape»: ecological-geographical and socio-ecological problems under globalization and changing climate // Geography, Environment, Sustainability. 2013. № 6 (3). P. 108–118.
 18. Nuttall M. Arctic Environments and Peoples. 2018. DOI:10.1002/9781118924396.wbiea1480
 19. Stoutenborough J. W., Liu X., Vedlitz A. Trends in public attitudes toward climate change: The influence of the economy and climategate on risk, information, and public policy // Risk, Hazards & Crisis in Public Policy. 2014. Vol. 5. № 1. P. 22–37.

REFERENCES

1. Ananicheva M. D., Litvinenko T. V., Nuvano V. N. [Climate change and its impact on the economic activity of the population of Chukotka: scientific knowledge and observations of the local population]. In: Yakovenko N. V., ed. *Teoreticheskie i prikladnye problemy geograficheskoi nauki: demograficheskii, sotsialnyi, pravovoi, ekonomicheskii i ekologicheskii aspekty : materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: v 2 t. T. 2.* [Theoretical and applied problems of geographical science: demographic, social, legal, economic and environmental aspects : proceedings of the international scientific and practical conference: in 2 volumes. Vol. 2]. Voronezh, 2019, pp. 52–55.
2. Ananicheva M. D., Kononov Yu. M. [Mountain glaciers of the North of Russia: changes in recent decades under the influence of climate variations]. In: *Fundamentalnaya i prikladnaya klimatologiya* [Fundamental and Applied Climatology], 2020, vol. 3, pp. 42–72.
3. Anisimov O. A., Zhiltsova E. L., Zhegusov Yu. I. [Public perception of climate change in cold regions of Russia: the example of Yakutia]. In: *Led i Sneg* [Ice and Snow], 2017, no. 57 (4), pp. 565–574.
4. Boyakova S. I., Goto M., Grigorev S. A., et al. *Vechnaya merzlota i kultura. Globalnoe poteplenie i Respublika Sakha (Yakutiya), Rossiiskaya Federatsiya : ucheb. posobie* [Permafrost and culture. Global warming and the Republic of Sakha (Yakutia), Russian Federation: textbook]. Sendai, 2019. 74 p.
5. Vinokurova L. I., Filippova V. V., Suleimanov A. A., Grigoriev S. A. [Waiting for an ice drift: social aspects of devastating floods in rural Yakutia (late 20th – early 21st centuries)]. In: *Gumanitarnye issledovaniya v Vostochnoi Sibiri i na Dalnem Vostoke* [Humanitarian Research in Eastern Siberia and in the Far East], 2016, no. 1, pp. 28–40.
6. Gavrilova T. N., Eikelberger J. C., Kontar E. E., Filippova V. V., Savvinova A. N. [Floods in the Arctic: Impact on Local Communities in Russia and the United States]. In: *EKO* [EKO], 2017, no. 8, pp. 93–113.
7. Kirillina K. S. [Current trends in climate change in the Republic of Sakha (Yakutia)]. In: *Uchenye zapiski* [Scientific notes], 2013, no. 30, pp. 69–77.
8. Medvedkov A. A. [Transformation of ‘nourishing landscapes’ and traditional culture of the indigenous peoples of Siberia in the context of climate change]. In: *InterKarto. InterGIS*, 2016, vol. 22, no. 1, pp. 62–70.
9. Fedorov A. N. *Evolutsiya i dinamika merzlotnykh landshaftov Yakutii : diss. ... dok. geogr. nauk* [Evolution and dynamics of permafrost landscapes in Yakutia : Dr. Sci. thesis in Geographical sciences]. Yakutsk, 2020. 302 p.
10. Fedorov A. N., Shestakova A. A., Torgovkin Ya. N., Vasilev N. F. [Permafrost landscape map of the Republic of Sakha (Yakutia) at a scale of 1: 1500000]. In: *Geograficheskie osnovy i ekologicheskie printsipy regionalnoi politiki prirodopolzovaniya : sbornik trudov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati chlena-korrespondenta RAN A. N. Antipova* [Geographic foundations and ecological principles of regional environmental policy : a collection of proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences A. N. Antipov]. Irkutsk, 2019, pp. 680–683.
11. Filippova V. V. [Evens of Berezovka in flood conditions: from the experience of sedenterization]. In: *Sovremennaya nauka: aktualnye problemy teorii i praktiki. Seriya: Gumanitarnye nauki* [Modern science: topical problems of theory and practice. Series: Humanities], 2017, no. 12, pp. 84–88.
12. Shadrin V. I. [Indigenous peoples in the context of climate change (on the example of the peoples of the North of Yakutia)]. In: *Voprosy istorii i kultury severnykh stran i territorii*

- [Issues of the history and culture of the Nordic countries and territories], 2009, no. 2 (6), pp. 95–101.
13. Boike J., Anders K., Nitzbon J., Grigoriev M. A 16-year record (2002–2017) of permafrost, active-layer, and meteorological conditions at the Samoylov Island Arctic permafrost research site, Lena River delta, northern Siberia: an opportunity to validate remote-sensing data and land surface, snow, and permafrost models. In: *Earth System Science Data*, 2019, no. 11, pp. 261–299.
 14. Adger W. N., Barnett J., Brown K., Marshall N., O'Brien K. Cultural dimensions of climate change impacts and adaptation. In: *Nature Climate Change*, 2013, no. 3, pp. 112–117.
 15. Crate A. Susan Climate and Culture: Anthropology in the Era of Contemporary Climate Change. In: *Annual Review of Anthropology*, 2011, no. 40 (1), pp. 175–194.
 16. Nakashima D., Krupnik I., Rubis J., Mondragon C., eds. *Indigenous Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation*. Cambridge, Cambridge University Press, 2018. 210 p.
 17. Medvedkov A. The kets ethnos and its 'feeding landscape': ecological-geographical and socio-ecological problems under globalization and changing climate. In: *Geography, Environment, Sustainability*, 2013, no. 6 (3), pp. 108–118.
 18. Nuttall M. Arctic Environments and Peoples. 2018. DOI:10.1002/9781118924396.wbiea1480
 19. Stoutenborough J. W., Liu X., Vedlitz A. Trends in public attitudes toward climate change: The influence of the economy and climategate on risk, information, and public policy. In: *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy*, 2014, vol. 5, no 1, pp. 22–37.
-

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ананичева Мария Дмитриевна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела социально-экономической географии Института географии РАН;
e-mail: maranan@gmail.com

Литвиненко Тамара Витальевна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела социально-экономической географии Института географии РАН;
e-mail: tamaralit@bk.ru

Филиппова Виктория Викторовна – кандидат исторических наук, старший научный сотрудник отдела истории и арктических исследований Института гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера Сибирского отделения РАН;
e-mail: filippovav@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maria D. Ananicheva – Cand. Sci. (Geography), Senior Researcher, Institute of Geography, RAS;
e-mail: maranan@gmail.com

Tamara V. Litvinenko – Cand. Sci. (Geography), Senior Researcher, Institute of Geography, RAS;
e-mail: tamaralit@bk.ru

Viktoria V. Filippova – Cand. Sci. (History), Senior Researcher, Institute for Humanities Research and Indigenous Studies of the North, Siberian Branch of the RAS;
e-mail: filippovav@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Ананичева М. Д., Литвиненко Т. В., Филиппова В. В. Изменение климата в республике Саха (Якутия) и его влияние на население: инструментальные измерения и наблюдения местных жителей // Географическая среда и живые системы. 2021. № 3. С. 6–21.
DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-6-21

FOR CITATION

Ananicheva M. D., Litvinenko T. V., Filippova V. V. Climate change in the republic of Sakha (Yakutia) and its impact on the population: instrumental measurement and observations of the local population. In: *Geographical Environment and Living Systems*, 2021, no. 3, pp. 6–21.
DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-6-21