

Анализ индикаторов изменения климата. Часть 1. Восточная Сибирь

О. А. Анисимов*, Е. Л. Жильцова*,
К. О. Шаповалова*, А. А. Ершова*

Сравниваются данные о современных изменениях климата и окружающей среды Восточной Сибири с общественным восприятием этих изменений через когнитивные индикаторы. Наблюдения выявляют положительные тренды температуры воздуха во все сезоны, сокращение продолжительности холодного периода и уменьшение в зимний период межсуточных амплитуд температуры, увеличение глубины сезонного оттаивания многолетней мерзлоты, увеличение продолжительности вегетационного периода. Лишь часть наблюдаемых изменений адекватно отражается в общественном сознании, притом что они уже оказывают воздействие на многие виды деятельности. Разрыв между данными наблюдений и когнитивными индикаторами изменения климата затрудняет разработку и реализацию мер по адаптации к нему.

Ключевые слова: изменение климата, Восточная Сибирь, климатические индикаторы, общественное восприятие, адаптация.

Введение

В мире увеличивается потребность в информации, на основе которой можно судить о региональных изменениях климата и разрабатывать меры по адаптации к ним. В ноябре 2016 г. Всемирная метеорологическая организация (ВМО) представила план, предусматривающий формирование двух групп климатических индикаторов, получивших названия “исторических” и “прогнозируемых рисков”. Индикаторы первой группы являются объективными, поскольку они характеризуют параметры климатической системы за исторический период и могут быть рассчитаны по данным наблюдений. Индикаторы второй группы неизбежно содержат когнитивную составляющую, поскольку точная оценка прогнозируемых рисков принципиально невозможна. Значения этих индикаторов могут изменяться в зависимости от общественного восприятия изменений климата, технологических возможностей минимизации рисков, адаптационной политики и иных факторов.

Повсеместно на территории России новые климатические условия уже вступают в силу и несут с собой как риски, так и потенциальные выгоды

* Государственный гидрологический институт; e-mail: oleg@oa7661.spb.edu (Анисимов Олег Александрович).

[5]. В данной работе анализ изменения климата проведен с использованием расширенного набора объективных и когнитивных индикаторов. К объективным индикаторам относятся изменения температурного режима и осадков, растительности, а в арктической области — и многолетнемерзлых грунтов. Для их оценки использованы срочные данные метеостанций за 1976—2018 гг. из архива ВНИИГМИ-МЦД, агрегированные до суточного и месячного уровней, спутниковые наблюдения за динамикой растительности на основе индекса NDVI за период 1982—2018 гг. и результаты моделирования климатообусловленной динамики растительности и многолетнемерзлых грунтов. Описание моделей дано в работах [1, 2, 7, 10].

Были выбраны такие объективные индикаторы, которые можно сопоставить с когнитивными индикаторами, характеризующими общественное восприятие изменения климата. Так, в холодных регионах естественным пороговым значением является температура вблизи 0°C , разделяющая фазовые состояния влаги. Для растительности и сельского хозяйства важны биоклиматические значения температуры 5 и 10°C , ассоциируемые с различными фазами вегетации. По значению 8°C ведут административный расчет продолжительности отопительного периода. Последовательность дней со среднесуточной температурой выше определенного предела, который в разных регионах России составляет от 21 до 24°C , называют волнами жары, они оказывают негативное воздействие на здоровье людей [9]. Изменение температурного режима по отношению к любому из перечисленных индикаторов влечет за собой последствия для окружающей среды, инфраструктуры, экономики, условий жизни и здоровья населения. Помимо температурных показателей проанализированы скорость ветра и суммы осадков холодного и теплого периодов, поскольку они оказывают большое влияние на тактильное восприятие условий погоды.

Когнитивные индикаторы оценены по результатам опросов населения, проведенных в 2015—2018 гг. Вопросы были сформулированы так, чтобы можно было сопоставить ответы с соответствующими объективными индикаторами и минимизировать субъективные факторы. Полный перечень вопросов и сводка ответов респондентов размещены на веб-портале [8]. Анализ индикаторов изменения климата был проведен в двух крупных регионах. Далее представлены результаты для Восточной Сибири, анализу данных для северо-запада России посвящена следующая часть статьи.

Объективные климатические индикаторы

На рис. 1 показаны тренды основных климатических индикаторов в Восточной Сибири, рассчитанные для календарной зимы и лета по суточным данным 45 метеостанций за 1976—2018 гг. Более генерализованные карты приведены в ежегодном докладе Росгидромета об особенностях климата [6]. Среднегодовая температура повышалась со скоростью $0,4—0,8^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$. Наибольшее увеличение сезонных значений температуры происходило весной, тренд составил $0,8—1,0^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$, на севере региона — до $1,2^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$. Осенью тренд был $0,6—0,8^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$. Летом температура повышалась повсеместно на $0,4—0,6^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$, зимой ее распределение было более контрастным: диапазон ее увеличения на большей части региона составил $0,2—0,6^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$, притом что в районе Вилюйского по-

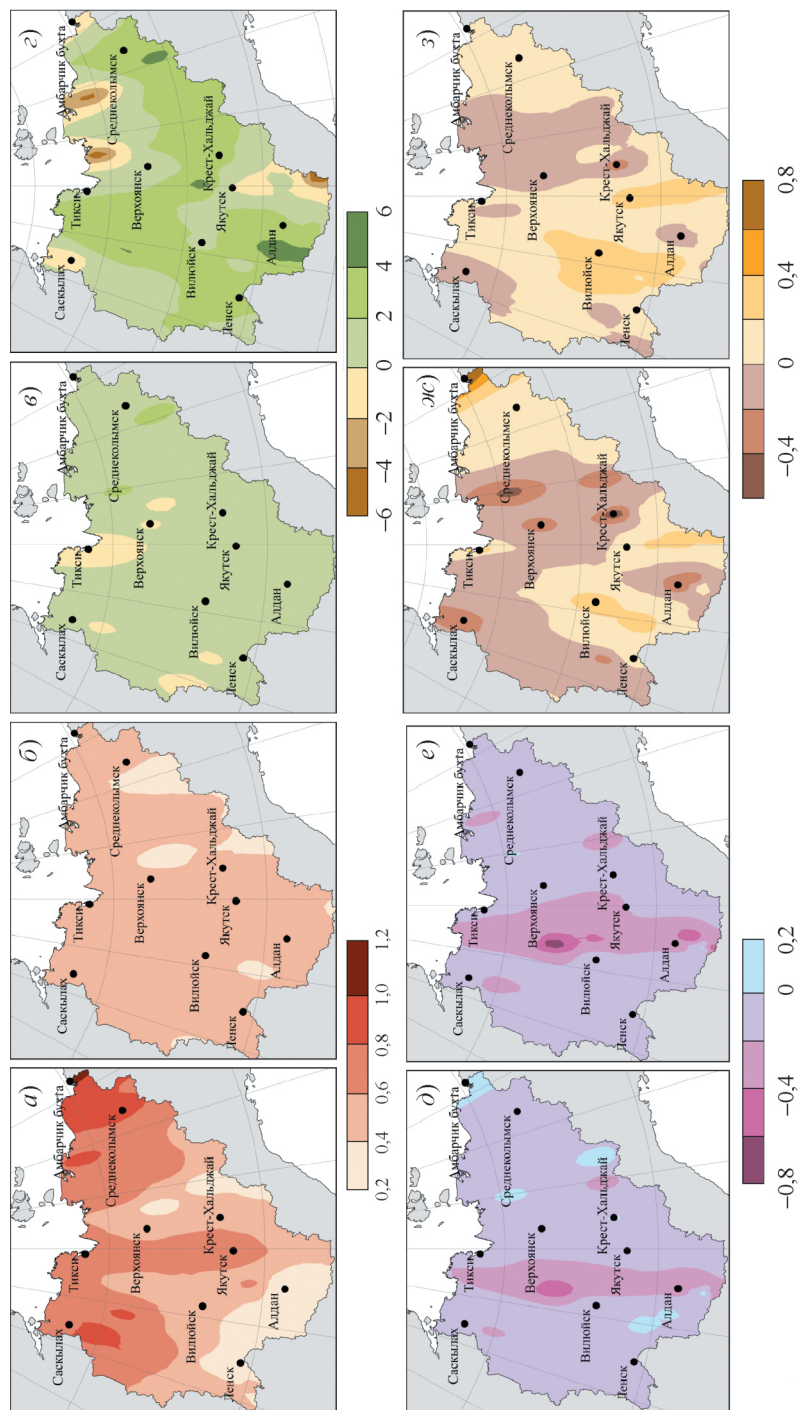


Рис. 1. Тренды климатических характеристик за 1976–2018 гг. для когнитивной зимы (октябрь — апрель; а, в, д, ж) и лета (б, г, е, з); а, б — температура воздуха ($^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$); в, г — суммы осадков ($\text{мм}/\text{мес. за } 10 \text{ лет}$); д, е — средняя скорость ветра ($\text{м}/\text{с за } 10 \text{ лет}$); ж, з — общая облачность ($\text{баллы}/10 \text{ лет}$).

люса холода она несколько уменьшалась. Изменения количества осадков зимой незначительны по всему региону, преимущественно положительны в остальные сезоны, за исключением арктического побережья, где количество осадков весной и летом уменьшается. Максимальная высота снежного покрова в западной и центральной частях региона изменяется незначительно, в восточной части увеличивается в среднем на 1,5—2,0 см/10 лет, на северо-востоке — до 6 см/10 лет. Средняя скорость ветра преимущественно уменьшается, при этом на обширных малонаселенных территориях наблюдается ее незначительное увеличение. В зимний период преобладает уменьшение, в летний — увеличение общей облачности.

В Восточной Сибири в связи с изменением климата главной проблемой является деградация многолетнемерзлых грунтов [5]. Она ведет к уменьшению несущей способности грунтов и активизирует геоморфологические процессы, представляющие угрозу для инфраструктуры. На севере региона интенсивное потепление весной в совокупности с умеренным повышением температуры воздуха летом создают предпосылки для увеличения значений температуры грунтов и мощности сезонноталого слоя. По данным наблюдений, за последние 35 лет температура мерзлоты почти повсеместно увеличилась на 0,5—2,0°C [12]. В работе [3] был проведен модельный расчет мощности сезонноталого слоя для двух периодов — 2004—2013 и 1961—1990 гг. Результаты показали выраженную секторальную картину современных изменений. Расчетная среднееголетняя мощность слоя за это время на западе Якутии в междуречье Лены и Вилюя не изменилась, в Центральной Якутии и на востоке Колымской низменности она увеличилась соответственно на 0—5 и на 10—15 см.

Для сопоставления с когнитивными индикаторами применяли показатели холодного и теплого периодов года, которые ассоциируются в общественном сознании с зимой и летом. Были рассмотрены даты начала и окончания каждого периода, число дней с переходом температуры воздуха через 0°C, а также с перепадами температуры в течение суток более чем на 5 и на 10°C. За начало и окончание холодного периода были приняты даты устойчивого перехода среднесуточной температуры через 0°C. Они определялись как первый день интервала, после которого сумма аномалий температуры за любой непрерывный интервал времени с положительными (для начала холодного периода) или отрицательными (для начала теплого периода) отклонениями не превышает суммы аномалий за начальный интервал периода. Определение границ теплого периода связывалось с переходом температуры через 5°C.

Специфика изучаемого региона обусловила необходимость использования как календарного, так и когнитивного определения сезонов года. Когнитивная “зима” определялась для рассматриваемого региона Восточной Сибири как период с октября по апрель включительно, “лето” совпадало с календарным определением, т. е. период июнь — август. В дальнейшем, если не оговорено обратное, приведены данные для когнитивных сезонов.

В табл. 1 приведены выборочные данные об изменении климата для десяти городов и населенных пунктов Восточной Сибири, в которых были проведены опросы населения. При расчете объективных индикаторов использованы данные для периода 1996—2005 гг., принимаемого за базовый,

Таблица 1

**Осредненные за 2006—2018 гг. значения климатических индикаторов
холодного периода и когнитивной зимы и их изменение относительно
средних за 1996—2005 гг.**

Станция	Холодный период		Когнитивная зима (октябрь — апрель)							N_0	dN_0
			T	dT	R	dR	$N_{aT > 10}$	$dN_{aT > 10}$			
	N	dN	С		мм						
Саскылах	245	−15	−25,2	2,2	83	11	18,5	5,4	12	0	
Тикси	245	−11	−22,3	2,2	149	24	4,8	−0,6	12	−1	
Верхоянск	223	−4	−30,1	2,4	51	0	8,2	−1,9	12	0	
Вилюйск	203	−8	−21,7	0,8	102	3	7,1	0,2	10	−3	
Крест-Хальджай	204	−7	−25,6	1,4	76	0	4,2	−0,4	7	−1	
Ленск	197	−10	−17,2	0,6	169	17	10,8	−2,1	12	−2	
Якутск	200	−8	−22,6	1,4	79	8	2,2	−0,5	8	0	
Амбарчик	240	−10	−20,2	2,3	46	−19	6,2	1,6	16	2	
Средне-колымск	221	−9	−23,4	2,0	118	22	4,1	1,5	11	−1	
Алдан	206	−5	−17,1	0,2	259	−6	4,1	−2,7	14	−2	

Примечание. N, T, R — соответственно число дней, температура воздуха и сумма осадков в современный период; dN, dT, dR — их изменения по отношению к предыдущему периоду.

и для периода 2006—2018 гг., принимаемого за современный. Такая фрагментация во времени обусловлена двумя обстоятельствами. Во-первых, она обеспечивает сопоставимость с показателями климата, рассчитанными по моделям земной системы в рамках протокола СМIP5. В нем за исторический принят период до 2005 г., а последующий период считается прогнозическим. Во-вторых, улучшается сопоставимость наблюдаемых индикаторов с ответами респондентов, поскольку в общественном сознании современные климатические условия ассоциируются с интервалом порядка 10 лет.

Данные табл. 1 указывают на то, что во всех рассмотренных пунктах современный холодный период весьма продолжителен (столбец N), но по сравнению с базовым периодом его длительность повсеместно уменьшилась (столбец dN). Современная зима (октябрь — апрель) характеризуется крайне низкой средней температурой воздуха T , но по сравнению с базовым периодом она повсеместно повысилась (столбец dT). Современные суммы зимних осадков R относительно невелики и преимущественно увеличились по сравнению с базовым периодом, за исключением Алдана и Амбарчика (столбец dR). В столбце $N_{aT > 10}$ показано среднее за зиму число дней с межсуточной амплитудой температуры больше 10°C для современного периода. В такие дни не только возникает дискомфортное ощущение, но и часто нарушается работа технических систем. Данные в столбце $dN_{aT > 10}$ указывают на разнонаправленное изменение числа таких дней по сравнению с базовым периодом. В Алдане, Ленске, Верхоянске их число заметно уменьшилось, а в арктическом Саскылахе, Амбарчике, Среднеколымске, напротив, с 1990-х годов увеличилось после уменьшения в

Таблица 2

Средние значения числа дней в холодное время года в трех диапазонах температуры для современного периода и изменения по отношению к базовому периоду

Станция	–1...–20°C		–20 ...–40°C		<–40°C	
	<i>N</i>	<i>dN</i>	<i>N</i>	<i>dN</i>	<i>N</i>	<i>dN</i>
Саскылах	71	16	116	–8	24	–9
Тикси	79	14	128	–11	4	–4
Верхоянск	55	6	76	0	76	–10
Вилуйск	74	–6	103	4	20	–4
Крест-Хальджай	69	4	78	–1	52	–7
Ленск	99	–8	84	6	7	–6
Якутск	71	1	107	3	19	–9
Амбарчик	96	16	111	–17	1	–2
Средне-колымск	75	10	117	–6	15	–6
Алдан	106	–6	92	2	1	0

1980-х. На остальной территории этот параметр изменился незначительно. Число переходов температуры через 0°C за год (столбец N_0) незначительно уменьшилось (столбец dN_0).

Согласно данным опроса, в условиях континентального климата Восточной Сибири зимой температура в диапазоне от –20 до –40°C воспринимается как норма и не вызывает дискомфорта. Дни с температурой ниже и выше этого диапазона зимой воспринимаются как физиологически дискомфортные. В табл. 2 приведены данные о числе дней для когнитивной зимы с температурой в каждом из трех диапазонов в среднем за современный период и приращения по отношению к базовому периоду. Дни со среднесуточной температурой выше –1°C не учитывались, поэтому сумма дней по всем диапазонам в разных пунктах непостоянна, изменяясь от 212 в Арктике до 184 на юге Якутии.

Расчеты выявили территориальные различия распределения температуры по диапазонам в течение зимы. Повсеместно уменьшается число экстремально холодных дней с температурой ниже –40°C. На юге Якутии (Алдан), а также в Ленске и Вилуйске сокращается число теплых для зимы дней с температурой от –1 до –20°C и увеличивается число дней с комфортной для зимы температурой. На остальной территории число теплых для зимы дней увеличивается, причем в арктической зоне значительно — на 10—16 дней; число дней с температурой от –20 до –40°C изменяется разнонаправленно, заметно уменьшаясь в арктической зоне и несколько увеличиваясь в Якутске. Таким образом, на юге Якутии зима становится более комфортной, сокращение ее общей продолжительности здесь достигается за счет дней с температурой выше –20°C. На остальной территории, напротив, таких дней становится больше, а комфортный период преимущественно уменьшается.

В табл. 3 приведены показатели режима температуры и осадков для теплого периода, аналогичные данным табл. 1. Повсеместно произошло

Таблица 3

**Климатические показатели теплого периода, осредненные
за современный период 2006—2018 гг., и их изменения относительно
базового периода 1996—2005 гг.**

Станция	Сезон с $T > 5^{\circ}\text{C}$		Лето (июнь — август)					
	N	dN	T	dT	R	dR	$N_{aT > 10}$	$dN_{aT > 10}$
			С		мм			
Саскылах	90	13	9,8	1,2	67	16	0,9	0,2
Тикси	80	15	7,4	1,3	115	−25	0,6	−0,9
Верхоянск	118	9	14,4	0,2	97	−3	0,8	−0,3
Вилуйск	134	11	17,0	0,5	136	7	0,5	−0,1
Крест-Хальджай	136	4	17,3	0,7	166	28	0,1	0,1
Ленск	138	6	16,0	0,1	190	2	0,2	0,1
Якутск	141	7	17,8	0,5	114	9	0,2	0,2
Амбарчик	70	14	6,8	0,5	62	7	3,2	−1,1
Средне-колымск	112	2	12,9	0,3	124	−1	1,1	−0,2
Алдан	128	8	15,2	0,3	334	46	0,2	−0,1

Примечание. Обозначения те же, что и в табл. 1.

увеличение продолжительности вегетационного периода (период с температурой выше 5°C) и средней температуры лета, наиболее это выражено вблизи арктического побережья (Саскылах, Тикси, Амбарчик). Осадки изменились разнонаправленно, как и межсуточная амплитуда температуры, которая в большинстве пунктов изменилась незначительно.

Когнитивные индикаторы изменения климата

Главная задача изучения когнитивных индикаторов состоит в том, чтобы создать информационную основу для выработки рекомендаций по адаптации к изменению климата, гармонизированных с общественным восприятием климатических рисков и новых потенциальных возможностей. Когнитивные индикаторы оценивали по результатам опроса, проведенного в 2015—2018 гг. через Интернет-портал [8], на котором была размещена интерактивная анкета, а также посредством индивидуального и группового интервьюирования. Респондентам предлагалось оценить климатические изменения за последние 20—40 лет, выбрав один из нескольких возможных ответов. Вопросы были разделены на четыре блока. В первом блоке оценивались изменения начала и продолжительности когнитивной зимы и лета, сезонных значений температуры и сумм осадков, а также аномальных условий погоды. Во втором блоке оценивалось воздействие изменения климата на окружающую среду, прежде всего на многолетнемерзлые грунты и растительность, на условия для работы и отдыха и на здоровье населения. В третьем блоке оценивалась вероятность климатообусловленных чрезвычайных ситуаций и готовность респондентов противостоять им. В последнем блоке запрашивались стандартные социологи-

ческие данные респондентов. Результаты опроса сравнивали с объективными индикаторами изменения климата, многолетней мерзлоты и растительности. Полученные ответы позволяют судить об общественном восприятии изменения климата и готовности населения выполнять действия по адаптации к нему в исследуемом регионе.

В опросе на территории Восточной Сибири приняли участие 370 человек. Основную массу респондентов составили жители Якутска, Ленска и Тикси. Большинство опрошенных (62%) имели высшее образование; доля городского населения — 64,2%; наибольшую возрастную группу (35,9%) составили лица 30—44 лет; наиболее многочисленные квалификационные группы опрошенных — специалисты (41,3%) и технические работники (23,7%); 62% опрошенных были женщины. Была проведена оценка репрезентативности, а затем корректировка выборки. Для этого по каждому из городов проведения опроса были использованы данные Росстата о гендерном и возрастном составе населения, данные переписи населения 2010 г. в целом по региону об уровне образования, семейном положении и продолжительности проживания в одном месте [4]. Далее были составлены квотные выборки, в которых методом случайного отбора в каждой из категорий ответы части респондентов были удалены таким образом, чтобы расхождения по перечисленным параметрам с данными Росстата и переписи 2010 г. были не более 5%. В результате такой корректировки число анкет в репрезентативной выборке уменьшилось до 283. Были изъяты избыточные анкеты респондентов женского пола, почти на 5% сокращена доля респондентов в самой многочисленной возрастной группе от 30 до 44 лет и уменьшена доля респондентов, имеющих высшее образование.

Когнитивные индикаторы изменения климата Восточной Сибири представлены на рис. 2. Гистограммы показывают доли опрошенных, выбравших разные варианты ответов. Заштрихованные столбцы обозначают ответы, соответствующие наблюдениям. Видно, что лишь на 5 из 14 вопросов наибольшая доля респондентов дала ответы, соответствующие данным наблюдений. Анализ возможных причин ошибочного восприятия объективных климатических изменений, проведенный в наших публикациях [1, 11], показал, что это может быть обусловлено совместным действием нескольких меняющихся факторов. Так, тактильное восприятие температуры во многом определяется влажностью воздуха и ветром, оказывают влияние также облачность и осадки [9]. Средние значения скорости ветра в последнее десятилетие во все сезоны на большинстве станций уменьшились на 0,2—0,5 м/с, скорость ветра при порывах на 18 из 45 станций увеличилась. Это, по-видимому, сформировало у большинства респондентов ошибочное мнение, что скорость ветра во все сезоны увеличилась или не изменилась. Общая облачность летом увеличилась на 0,2—0,7 балла на 34 станциях; на большинстве станций летом значительно возросли суммы осадков; на 33 станциях средняя за лето относительная влажность увеличилась на 0,5—5,0%. В совокупности эти факторы могли стать причиной того, что большинство респондентов не только не заметили повышения температуры летом, но и высказали ошибочное мнение, что лето стало холоднее. Определенную роль могли играть единичные аномальные явления

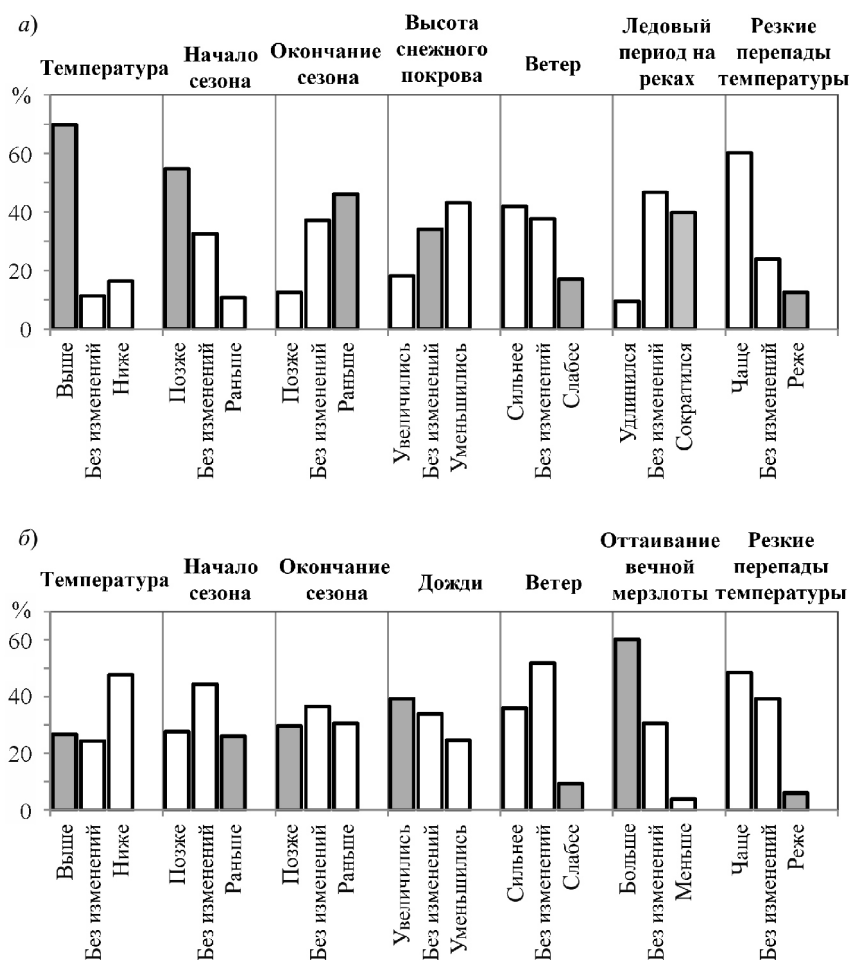


Рис. 2. Когнитивные индикаторы изменения климата Восточной Сибири для зимы (а) и лета (б).

Серой заливкой выделены индикаторы, подтверждаемые данными наблюдений.

погоды. Запоминающиеся события, такие как ураганные ветры, ливневые осадки в районах, где их ранее не наблюдалось, даже если они противоречат климатическим трендам, часто формируют когнитивное представление о направлении и величине изменения климата. Наконец, немаловажную роль играют социально-экономические факторы, на фоне которых даже явные климатические изменения многим кажутся малозначимыми и не оказывающими влияния на жизнь людей.

Респондентам было предложено оценить риски климатообусловленных чрезвычайных ситуаций и свою готовность реагировать на них. Рассматривались шесть гипотетических чрезвычайных ситуаций: наводнения в результате паводка (1) и ливневых дождей (2); повреждения инфраструктуры из-за таяния многолетнемерзлых грунтов (3) и сильных порывов ветра (4); отказ систем тепло- и энергоснабжения в городах из-за экстремальных

значений температуры (5); возникновение эпидемий и появление новых заболеваний (6). Предлагалось оценить вероятность каждой из них в баллах от 1 (ситуация невозможна) до 5 (ситуация уже случалась). Средние баллы по различным чрезвычайным ситуациям составили от 3,12 до 3,68, причем наводнения и повреждения из-за ураганного ветра респонденты посчитали менее вероятными, чем другие три вида чрезвычайных ситуаций. Лишь 3% респондентов считают себя полностью подготовленными к чрезвычайным ситуациям; 24% готовы частично; 45% имеют общее представление о необходимых действиях, но не имеют опыта, а остальные респонденты совершенно не готовы к каким-либо самостоятельным действиям.

Представляют интерес анализ главных факторов, формирующих когнитивные представления об изменении климата, и выделение группы респондентов с идентичным восприятием этих факторов. Для этого с помощью пакета программ IBM SPSS Statistics 23 данные опроса были последовательно подвергнуты факторному и кластерному анализу. Факторный анализ ответов всех респондентов позволяет выделить однотипные вопросы, которые далее объединяются в меньшее число независимых факторов. С его помощью из исходных 16 вопросов, относящихся непосредственно к показателям климатического режима, были выделены четыре фактора. Первый характеризует когнитивную зиму и объединяет вопросы о ее начале и продолжительности, температуре воздуха, ледовых условиях на реках и снежном покрове. Второй характеризует лето и, помимо вопросов о начале, продолжительности сезона и температуре воздуха, включает вопросы о волнах жары и осадках. Третий объединяет вопросы об аномальных явлениях погоды во все сезоны, включая сильные порывы ветра, резкие перепады температуры, снежные бури и ливневые осадки. В качестве самостоятельного четвертого фактора был выделен вопрос о таянии многолетнемерзлых грунтов. Суть последующего кластерного анализа состояла в том, чтобы разделить всех респондентов на группы с идентичным восприятием каждого из факторов. Иерархический кластерный анализ выделил три группы респондентов. Результаты факторного и кластерного анализа по основным когнитивным индикаторам приведены в табл. 4.

В первую группу вошли 27,8% всех респондентов, в том числе большинство респондентов из г. Ленск и п. Саскылах. Их мнение часто не соответствует данным наблюдений. В большинстве случаев они указывают на постоянство индикаторов климата (символ "0" в табл. 4), в то же время отмечая ухудшение условий труда и отдыха, увеличение заболеваемости и травматизма из-за изменения климата. Среди них минимально число людей старше 45 лет, лиц с высшим образованием, а также якутов и представителей народов Севера.

Респонденты второй (28,5%) и наиболее многочисленной третьей (43,7%) групп высказывают схожие мнения о климатических изменениях, большинство которых подтверждается данными наблюдений. Группы различаются в оценке изменения количества снега, температуры воздуха в летний период (ни одна из оценок не соответствует наблюдениям) и количества осадков. Обе группы полагают, что улучшились условия для труда и отдыха, но несколько увеличилась заболеваемость и травматизм.

Таблица 4

**Результаты факторного и кластерного анализа данных опроса
о восприятии изменения климата**

Фактор	Когнитивные индикаторы изменения климата	Группа респондентов		
		1	2	3
1	Начало зимы	0	+	+
	Температура воздуха зимой	0	+	+
	Высота снежного покрова	0	0	–
	Гололед на дорогах	0	+	+
	Ледовый период на реках	0	–	–
2	Начало лета	0	0	0
	Окончание лета	–	+	+
	Температура воздуха летом	–	–	0
	Осадки	+	+	0
3	Ветер	+	+	+
	Резкие перепады температуры	+	+	+
4	Таяние многолетнемерзлых грунтов	0	+	+

Примечание. Символы “–”, “0” и “+” обозначают соответственно меньшие (ранние) значения, отсутствие изменений и большие (поздние) значения. Выделены когнитивные индикаторы, подтверждаемые данными наблюдений.

Обсуждение и выводы

Анализ выявил разрыв между объективными данными об изменении климата и его восприятием населением Восточной Сибири. Многие показатели климатического режима заметно изменились, однако общественное сознание зафиксировало пока лишь то, что когнитивная зима стала теплее, начинается позже и заканчивается раньше, летом увеличивается количество осадков и усиливается таяние многолетнемерзлых грунтов. Ответы большинства респондентов на остальные вопросы не соответствуют данным наблюдений. Несмотря на это опросы показывают, что происходящие в Восточной Сибири климатические изменения фиксируются общественным сознанием и уже оказывают воздействие на многие виды деятельности, условия труда и отдыха. Респонденты полагают, что риск чрезвычайных ситуаций, обусловленных изменением климата, достаточно высок, при этом большинство к ним не готовы.

Общественное восприятие изменения климата важно учитывать при разработке мер по адаптации к нему. Даже безупречная государственная климатическая политика не сможет достичь успеха, если она останется непонятой и не получит поддержки населения. Это обуславливает необходимость новых аналогичных исследований в других регионах России, а также разработку обобщенных количественных показателей, характеризующих адекватность когнитивных индикаторов изменения климата и готовность населения к мерам по адаптации к нему.

Авторы признательны Ю. И. Жегусову за помощь в проведении социологического опроса в Республике Саха (Якутия). Данная работа поддерживается РФФИ (проект 18-05-60005).

Литература

1. Анисимов О. А., Жильцова Е. Л., Жегусов Ю. И. Общественное восприятие изменения климата в холодных регионах России: пример Якутии. — Лед и снег, 2017, № 4 (57), с. 565—574.
2. Анисимов О. А., Жильцова Е. Л., Разживин В. Ю. Моделирование биопродуктивности в арктической зоне России с использованием спутниковых наблюдений. — Исследования Земли из космоса, 2015, № 3, с. 60—70.
3. Анисимов О. А., Кокорев В. А. Моделирование мощности сезонного слоя с учетом изменений климата и растительности: прогноз на середину XXI века и анализ неопределенностей. — Криосфера Земли, 2017, № 2 (21), с. 3—10.
4. Всероссийская перепись населения 2010; <http://vpngis.gks.ru:8080/>.
5. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. — М., Росгидромет, 2014, 58 с.
6. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. — М., Росгидромет, 2019, 79 с.
7. Жильцова Е. Л., Анисимов О. А. Динамика растительности Северной Евразии: анализ современных наблюдений и прогноз на 21 век. — Арктика XXI век. Естественные науки, 2015, № 2 (3), с. 48—59.
8. Кокорев В. А., Ершова А. А., Анисимов О. А. Вэб-портал о вечной мерзлоте. — 2018; <http://www.permafrost.su>.
9. Ревич Б. А., Шапошников Д. А., Анисимов О. А. и др. Волны жары и холода в трех арктических и субарктических городах как факторы риска повышения смертности населения. — Гигиена и санитария, 2018, № 9 (97), с. 791—798.
10. Anisimov O. A., Kokorev V. A., and Zhiltcova E. L. Arctic ecosystems and their services under changing climate: Predictive modelling assessment. — *Geograph. Rev.*, 2017, No. 1 (107), pp. 108—124; doi: 10.1111/j.1931-0846.2016.12199.x.
11. Anisimov O. and Orttung R. Climate change in Northern Russia through the prism of public perception. — *Ambio*, 2018; doi: 10.1007/s13280-018-1096-x.
12. Vaughan D. G., Comiso J. C., Allison I., et al. Observations: Cryosphere. /In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, et al. (eds.). — Cambridge, Cambridge University Press, 2013, pp. 317—382.