

Анализ индикаторов изменения климата. Часть 1. Восточная Сибирь

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

ФГБУ «Государственный гидрологический институт», E-mail: oleg@oa7661.spb.edu

Введение

В мире растет общественный запрос на получение понятной информации, на основе которой можно судить о региональных изменениях климата и разрабатывать меры по адаптации к ним. В ноябре 2016 г. ВМО был представлен 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 меняться 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 [5]. В данной работе анализ изменения климата проводится с использованием расширенного набора объективных и когнитивных индикаторов. К объективным индикаторам относятся изменения температурного режима и осадков, растительности, а в арктической области также и многолетнемерзлых грунтов (ММГ). Для их оценки использовались срочные данные метеостанций за период 1976-2018 гг. 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 ММГ. Описание моделей растительности и ММГ дано в работах [1, 2, 7, 11].

Выбор объективных индикаторов проводился так, чтобы их можно было сопоставить с когнитивными индикаторами, характеризующими общественное восприятие изменения климата. Были рассмотрены уровневые показатели температуры воздуха. В холодных регионах естественным пороговым значением является температура

вблизи 0 °С, разделяющая фазовые состояния влаги. Для растительности и сельского хозяйства важны биоклиматические температурные уровни +5 °С и +10 °С, ассоциируемые с различными фазами вегетации. По уровню +8 °С ведут административный расчет продолжительности отопительного периода. Последовательность дней со среднесуточной температурой выше определенного предела, который в различных регионах России составляет от +21 до + 24 °С, называют волнами жары, они оказывают негативное воздействие на здоровье людей [9]. Изменения температурного режима по отношению к любому из перечисленных индикаторов влекут за собой последствия для окружающей среды, инфраструктуры, экономики, условий жизни и здоровья населения. Помимо температурных показателей анализировались скорость ветра, суммы осадков холодного и теплого периодов, поскольку они оказывают большое влияние на тактильное восприятие погодных условий.

Когнитивные индикаторы оценивались 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 вэб-портале [8]. Анализ индикаторов изменения климата был проведен в двух крупных регионах. Далее приводятся результаты для Восточной Сибири, Северо-Западному региону будет посвящена отдельная статья.

Объективные климатические индикаторы

На рисунке 1 показаны тренды основных климатических индикаторов в Восточной Сибири, рассчитанные для календарной зимы и лета по суточным данным 45 метеостанций за период 1976-2018 гг. Более генерализованные карты приведены в ежегодном Докладе Росгидромета об особенностях климата [6]. Среднегодовая температура росла со скоростью 0.4 – 0.8 °С/10лет. Наибольшее увеличение сезонных температур происходило весной, тренд составил 0.8 – 1.0 °С/10лет, на севере региона до 1.2 °С/10лет. Осенью тренд составил 0.6 – 0.8 °С/10лет. Летняя температура росла повсеместно на 0.4 – 0.6 °С/10лет. Зимняя вела себя более контрастно, диапазон ее увеличения на большей части региона составил 0.2 – 0.6 °С/10лет, притом, что в районе виллойского полюса холода она несколько уменьшалась. Изменения осадков незначительны зимой по всему региону, преимущественно положительны в остальные сезоны, за исключением арктического побережья, где весенние и летние осадки уменьшаются. Максимальная высота снежного покрова в западной и центральной частях

региона меняется незначительно, в восточной части увеличивается в среднем на 1.5 – 2.0 см/10лет, на северо-востоке до 6 см/10лет. Средняя скорость ветра преимущественно уменьшается, при этом на обширных малонаселенных территориях наблюдается ее незначительный рост. В зимний период преобладает уменьшение, а в летний – увеличение общей облачности.

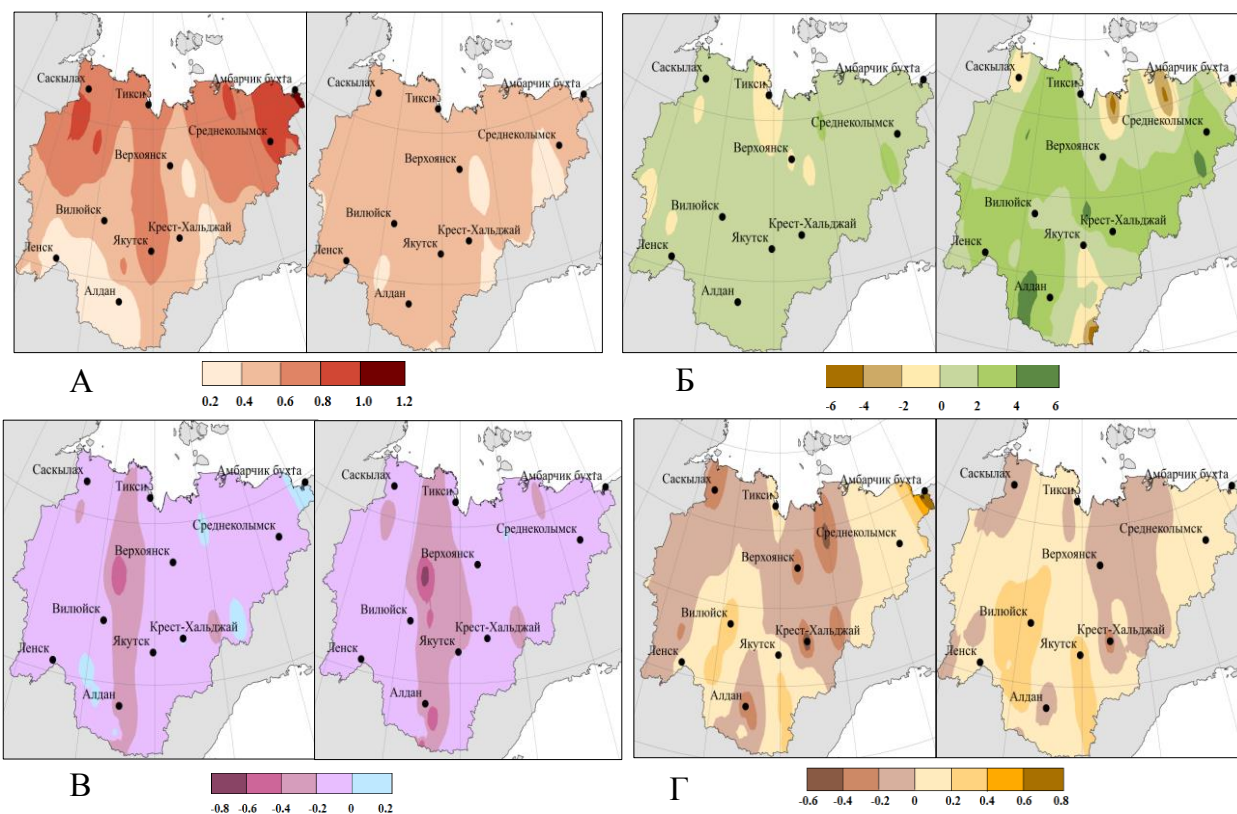


Рисунок 1. Тренды климатических характеристик за период 1976-2018 для когнитивной зимы (октябрь – апрель) и лета. А – температура воздуха (°С/10лет); Б – суммы осадков (мм/мес/10лет); В – средняя скорость ветра (м/с/10лет); Г – общая облачность (баллы/10лет).

В Восточной Сибири главной проблемой в связи с изменением климата является деградация ММГ [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 температуры ММГ и мощности сезонно-талого слоя (СТС). 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 СТС для двух периодов 2004-2013 гг. и 1961-1990гг. Результаты показали выраженную секторальную картину современных изменений. Расчетная среднемноголетняя мощность СТС 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 см и на 10 – 15 см.

Для сопоставления с когнитивными индикаторами применялись показатели холодного и теплого периодов года, которые ассоциируются в общественном сознании с зимой и летом. Были рассмотрены даты начала и окончания каждого периода, количество дней с переходом температуры воздуха через 0 °С, а также с перепадами температуры в течение суток более чем на 5 °С и на 10 °С. За начало и окончание холодного периода принимались даты устойчивого перехода среднесуточной температуры через 0 °С. 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. Для определения границ теплого периода использовался переход температуры через 5 °С.

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 таблице 1 приведены выборочные данные об изменении климата для 10 городов и населенных пунктов Восточной Сибири, в которых проводились опросы населения. При расчете объективных индикаторов использовались данные как для всего рассматриваемого периода 1976-2018 гг. (в таблицах не приводятся, представлены в электронном приложении к статье на портале [8]), так и отдельно для периода 1996-2005 гг., принимаемого за базовый, и 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 принимается период вплоть до 2005 года, а последующий период считается прогностическим. Во-вторых, улучшается сопоставимость наблюдаемых индикаторов с ответами респондентов, поскольку в

общественном сознании современные климатические условия ассоциируются с интервалом порядка десятилетней давности.

Данные таблицы 1 указывают на то, что во всех рассмотренных пунктах современный холодный период весьма продолжительный (столбец N), но по сравнению с базовым периодом его длительность повсеместно уменьшилась (столбец dN). Современная зима (октябрь-апрель) характеризуется крайне низкой средней температурой воздуха (столбец T), но по сравнению с базовым периодом она повсеместно увеличилась (столбец dT). Современные суммы зимних осадков (столбец 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 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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, после уменьшения в 1980х, с 1990х годов увеличилось. На остальной территории этот параметр изменился незначительно. Количество переходов температуры через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ за год (столбец N_0) незначительно уменьшилось (столбец dN_0).

Таблица 1. Осредненные за период 2006-2018 гг. значения климатических индикаторов холодного периода и когнитивной зимы и их изменения относительно средних за период 1996-2005 гг. N , T , R обозначают число дней, температуру воздуха и сумму осадков в современный период; dN , dT , dR – их изменения по отношению к предыдущему периоду.

Станция	Холодный период		Когнитивная зима (октябрь-апрель)						N_0	dN_0
	N	dN	T	dT	R	dR	$N_{aT>10}$	$dN_{aT>10}$		
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
Вилуйск	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
Среднеколымск	221	-9	-23.4	2	118	22	4.1	1.5	11	-1
Алдан	206	-5	-17.1	0.2	259	-6	4.1	-2.7	14	-2

Согласно данным проведенного опроса, в условиях континентального климата Восточной Сибири зимняя температура в диапазоне от -20 до -40 °С воспринимается как норма и не вызывает чувства дискомфорта. Дни с температурой ниже и выше этого диапазона зимой воспринимаются как физиологически дискомфортные. В таблице 2 приведены данные о количестве зимних дней с температурой в каждом из трех диапазонов в среднем за современный период и приращения по отношению к базовому периоду. Расчет проводился для когнитивной зимы (октябрь – апрель). Дни со среднесуточной температурой выше -1 °С не учитывались, поэтому сумма дней по всем диапазонам в различных пунктах непостоянна, изменяясь от 212 в Арктике до 184 в южной Якутии.

Таблица 2. Средние значения числа дней в трех диапазонах температур для современного периода и изменения по отношению к базовому периоду

Станция	Среднее (дни), 2006-2018гг.			Изменение (дни) по отношению к 1996-2005гг.		
	-1/-20°С	-20/-40°С	<-40°С	-1/-20°С	-20/-40°С	<-40°С
Саскылах	71	116	24	16	-8	-9
Тикси	79	128	4	14	-11	-4
Верхоянск	55	76	76	6	0	-10
Вилуйск	74	103	20	-6	4	-4
Крест-Хальджай	69	78	52	4	-1	-7
Ленск	99	84	7	-8	6	-6
Якутск	71	107	19	1	3	-9
Амбарчик	96	111	1	16	-17	-2
Среднеколымск	75	117	15	10	-6	-6
Алдан	106	92	1	-6	2	0

Расчеты выявили территориальные различия распределения температур по диапазонам в течение зимы. Повсеместно уменьшается число экстремально холодных дней с температурой ниже -40 °С. В южной Якутии (Алдан), а также в Ленске и Вилуйске сокращается число теплых для зимы дней с температурами от -1 до -20 °С 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 °С меняется разнонаправленно, заметно уменьшаясь в арктической зоне и несколько увеличиваясь в Якутске. Таким образом, в

южной 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 таблице 3 приведены значения показателей режима температуры и осадков для теплого периода, аналогичные данным таблице 1. Повсеместно произошло увеличение продолжительности вегетационного периода (период с температурой выше $+5^{\circ}\text{C}$) и средней температуры лета, это наиболее выражено вблизи Арктического побережья (Саскылах, Тикси, Амбарчик). Осадки изменились разнонаправленно, как и межсуточная амплитуда температуры, которая в большинстве пунктов изменилась незначительно.

Таблица 3. Климатические теплого периода, осредненные за современный период 2006-2018 гг., и их изменения относительно базового периода 1996-2005 гг. Обозначения те же, что и в таблице 1.

Станция	Сезон с $T > 5^{\circ}\text{C}$		Лето (июнь-август)					
	N (дни)	dN (дни)	T	dT	R	dR	$N_{dT > 10}$	$dN_{dT > 10}$
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
Вилюйск	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
Среднеколымск	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

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 оценивались по

результатам опроса, проведенного в период 2015-2018 гг. Опрос проводился через интернет-портал [8], содержащий интерактивную анкету, а также посредством индивидуального и группового интервьюирования. Респондентам предлагалось оценить показатели климатических изменений 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 температур и осадков, а также аномальных погодных условий. Во втором блоке оценивалось воздействие изменения климата на окружающую среду, прежде всего ММГ и растительность, на условия для работы и отдыха и на здоровье населения. В третьем блоке оценивались вероятности климатообусловленных чрезвычайных ситуаций (ЧС) и готовности респондентов противостоять им. В последнем блоке запрашивались стандартные социологические данные респондентов. Результаты опроса сравнивались с объективными индикаторами изменений 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.

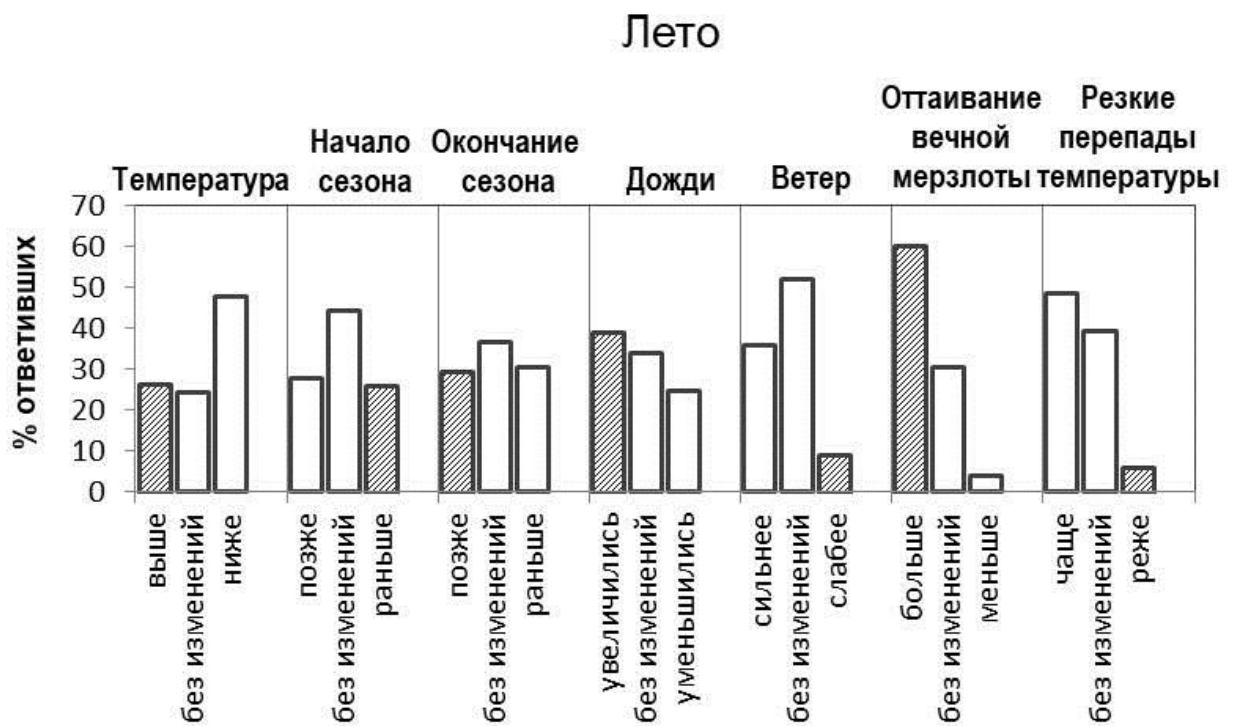
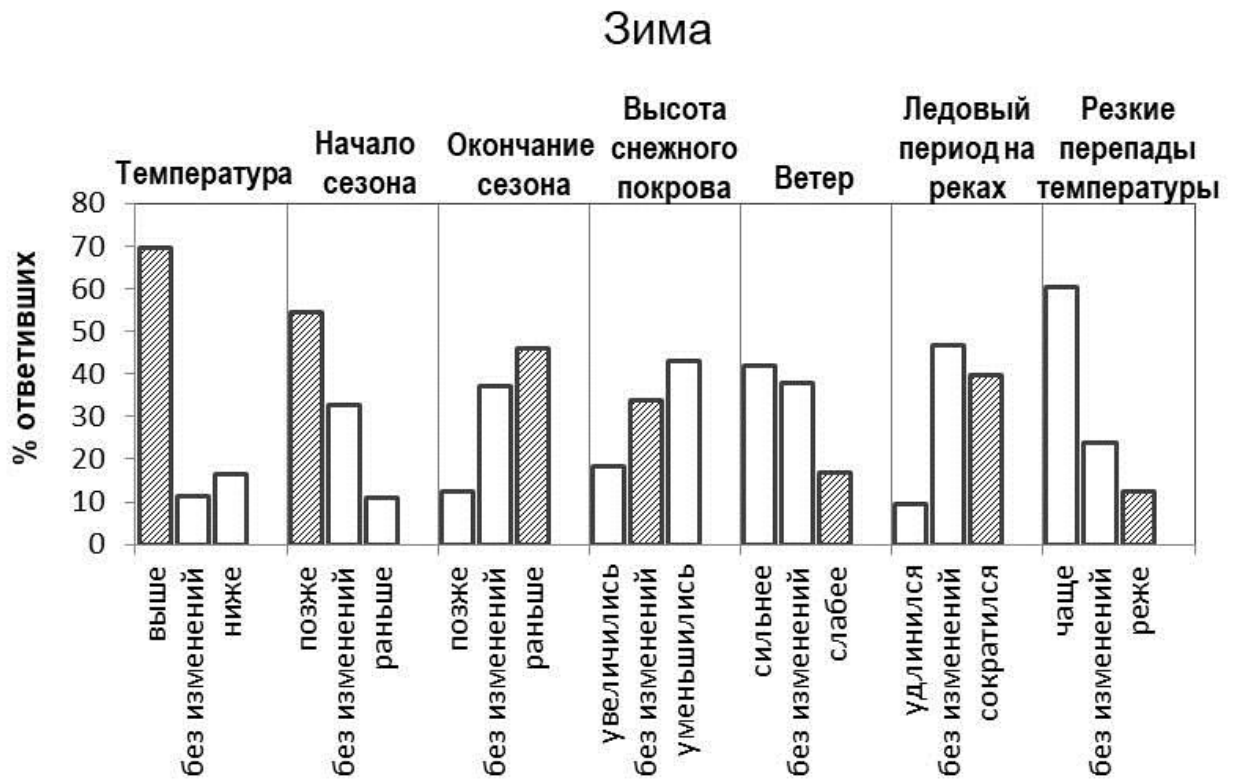


Рисунок 2. Когнитивные индикаторы изменения климата Восточной Сибири для зимы и лета. Заштрихованы индикаторы, подтверждаемые данными наблюдений.

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 составила 64.2%; наибольшую возрастную группу (35.9%) составили лица 30 - 44 лет; наиболее многочисленные профессиональные группы опрошенных – специалисты (41.3%) и технические работники (23.7%); 62% опрошенных были женщины. Была проведена оценка репрезентативности и корректировка выборки. Для этого по каждому из городов проведения опроса были собраны данные Росстата о гендерном и возрастном составе населения. Также использовались 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 были удалены ответы части респондентов 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% была 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 иллюстрирует рисунок 2. Гистограммы показывают доли опрошенных, выбравших различные варианты ответов. Заштрихованные столбцы обозначают ответы, соответствующие наблюдениям. Видно, что лишь на 5 из 14 гистограмм наибольшая доля респондентов дала ответы, соответствующие наблюдениям. Анализ возможных причин ошибочного восприятия объективных климатических изменений дан в наших публикациях [1, 10], его главные выводы приводятся в заключительном разделе статьи.

Респондентам было предложено оценить риски климатообусловленных чрезвычайных ситуаций (ЧС) и свою готовность реагировать на них. Рассматривались шесть гипотетических ЧС: наводнения в результате паводка (1) и ливневых дождей (2); повреждения инфраструктуры из-за таяния ММГ (3) и сильных порывов ветра (4); отказ систем тепло- и энергоснабжения в городах из-за экстремальных температур (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 ЧС составили от 3.12 до 3.68, причем наводнения и повреждения из-за ураганного ветра респонденты посчитали менее вероятными, чем другие три вида ЧС. Лишь 3% респондентов считают себя полностью

подготовленными к ЧС; 24% готовы частично; 45% имеют общее представление о необходимых при ЧС действиях, но не имеют опыта, а остальные респонденты совершенно не готовы к каким-либо самостоятельным действиям.

Таблица 4. Результаты факторного и кластерного анализа данных опроса о восприятии изменения климата. Символы “-”, “0” и “+” обозначают меньшие/ранние значения, отсутствие изменений и большие/поздние значения. Серой заливкой обозначены когнитивные индикаторы, подтверждаемые данными наблюдений.

Фактор	Когнитивные индикаторы изменения климата	Группы респондентов		
		1	2	3
1	Начало зимы	0	+	+
	Зимняя температура воздуха	0	+	+
	Высота снега	0	0	-
	Гололед на дорогах	0	+	+
	Ледовый период на реках	0	-	-
2	Начало лета	0	0	0
	Окончание лета	-	+	+
	Летняя температура воздуха	-	-	0
	Осадки	+	+	0
3	Ветер	+	+	+
	Резкие перепады температуры	+	+	+
4	Таяние ММГ	0	+	+

Представляет интерес провести анализ главных факторов, формирующих когнитивные представления об изменении климата, и выделить 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 4 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 погодных явлениях 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 ММГ. Суть последующего кластерного анализа состояла в том, чтобы разделить всех респондентов на группы с идентичным восприятием каждого из факторов. Иерархический кластерный анализ выделил 3 группы респондентов. Результаты факторного и кластерного анализа по основным когнитивным индикаторам приведены в таблице 4.

В первую группу вошли 27.8% всех респондентов, в том числе большинство респондентов из города Ленск и арктического поселка Саскылах. Их мнение часто не соответствует данным наблюдений. В большинстве случаев они указывают на постоянство индикаторов климата (символ «0» в таблице 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 подтверждается наблюдениями. Группы различаются в оценке изменений снега, летней температуры воздуха (ни одна из оценок не соответствует наблюдениям) и осадков. Обе группы полагают, что улучшились условия для труда и отдыха, но несколько усилились заболеваемость и травматизм.

ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Проведенный 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, увеличиваются летние осадки и усиливается таяние ММГ. По остальным вопросам ответы большинства респондентов не соответствуют наблюдениям. Эти расхождения могут быть обусловлены совместным действием нескольких меняющихся факторов. Так, тактильное восприятие температуры во многом определяется влажностью воздуха и ветром, оказывают влияние также облачность и осадки [9]. Притом, что средние скорости ветра в последнее десятилетие во все сезоны на большинстве станций уменьшились на 0.2 – 0.5 м/с, порывы ветра на 18 из 45 станций увеличились. Это, по-видимому, сформировало у большинства респондентов ошибочное мнение, что скорость ветра во все сезоны увеличилась или же не изменилась. Общая облачность летом увеличилась на 0.2 – 0.7 балла на 34 станциях; на большинстве станций значительно

выросли суммы летних осадков; на 33 станциях средняя за лето относительная влажность выросла на 0.5 – 5.0%. В совокупности эти факторы могли стать причиной того, что большинство респондентов не только «не заметили» увеличения летней температуры, но и высказали ошибочное мнение, что лето стало холоднее. Определенную роль могли играть единичные аномальные погодные явления. 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.

Несмотря на отмеченные трудности оценки когнитивных индикаторов, они 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 ЧС, 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 выполнять меры по адаптации к нему.

Благодарности

Данная работа поддерживается РФФИ (проект 18-05-60005). Авторы признательны А.С. Щербаковой за помощь в проведении социологического опроса в республике Коми.

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 сезонноталого 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** Всероссийская перепись населения 2010. 2010. <http://vpngis.gks.ru:8080/>

5. **Второй** Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. - Москва, ФГБУ "НИЦ "Планета", 2014, 58 с.

6. **Доклад** Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. 2019, Росгидромет: Москва. р. 79. ISBN 978-5-906099-58-7,

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., Orttung R.** Climate change in Northern Russia through the prism of public perception.- Ambio, 2018, №, DOI 10.1007/s13280-018-1096-x

11. **Anisimov O.A., Kokorev V.A., Zhiltcova E.L.** Arctic ecosystems and their services under changing climate: predictive modelling assessment.- Geographical Review, 2017, № 1 (107), с. 108-124.10.1111/gere.12199 DOI: 10.1111/j.1931-0846.2016.12199.x

12. **Vaughan D.G., Comiso J.C., Allison I. и др.** Observations: Cryosphere. /В кн.: Climate Change 2013: the physical science basis. Contribution of Working group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Под ред. Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K. и др. - Cambridge, Cambridge University Press, 2013, с. 317-382.

Анализ индикаторов изменения климата. Часть 1. Восточная Сибирь

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

Аннотация

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 зимних межсуточных амплитуд температуры, увеличение глубины сезонного оттаивания многолетней мерзлоты, увеличение продолжительности вегетационного периода. Лишь часть наблюдаемых изменений адекватно отражаются 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

Analysis of climate change indicators. Part 1. East Siberia

O.Anisimov, Ye.Zhiltcova, K.Shapovalova, A.Yershova

Abstract

Data on modern climate and environmental changes in East Siberia are compared with the public perception of such changes through cognitive indicators. Observations indicate positive temperature trends in all seasons, shortening of the cold period and decrease in daily temperature variations, deeper seasonal thawing of permafrost, lengthening of the vegetation period. Public perception only in part acknowledges these changes, although they already have discernible impact on many types of human activities. The gap between the observational data and the public perception of climate change complicates the development and implementation of climate adaptation strategies.

Key words: climate change, East Siberia, climate indicators, public perception, adaptation