

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТА НА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В СЕВЕРНОЙ ЯКУТИИ

науч. сотр. Н.Е. ИВАНОВ, д-р физ.-мат. наук А.П. МАКШТАС

ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail: neivanov@aari.ru

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая статья продолжает цикл работ по описанию изменчивости современного климата Северной Якутии, инициированный созданием в рамках программы Международного полярного года (МПП) Гидрометеорологической обсерватории (ГМО) Тикси на базе действующей гидрометеорологической станции (ГМС) «Полярка» (Иванов, Макштас и др., 2009а, б, 2012; Макштас и др., 2011). В отличие от предыдущих статей в настоящей рассмотрены некоторые вопросы прикладной климатологии.

Прикладная климатология исследует специализированные климатические характеристики, показывающие влияние метеорологических факторов на объекты и процессы в различных секторах экономики и социальной сферы (Руководство, 2008). Эти специализированные характеристики (S) учитывают совокупное влияние нескольких метеорологических факторов, несводимое к их простой аддитивной сумме. Согласно монографии (Кобышева, Наровлянский, 1978) различают климатические комплексы I и II рода. Комплекс I рода формализует влияние на S метеорологических факторов x, y, \dots соотношениями вида $S = f(x, y, \dots)$. После этого описание климатической изменчивости всей совокупности значений S выполняется теми же методами, которые используются для описания изменчивости входящих в него факторов (x, y, \dots). Комплекс II рода представляет собой различные сочетания градаций факторов x, y, \dots и описывается методами многомерного статистического анализа. В настоящей статье рассмотрены комплексы первого рода: климатическая изменчивость характеристик отопительного периода и биоклиматические индексы, характеризующие совокупное влияние холода, ветра и влажности на организм человека.

Важнейшей особенностью Северной Якутии является продолжительный зимний период с низкими температурами воздуха (T). Именно здесь расположен полюс холода Северного полушария. Самые низкие температуры были зафиксированы на ГМС Верхоянск ($-67,8$ °C в 1892 г.) и Оймякон. В период 1978–2010 гг. самая низкая температура в Верхоянске составила $-63,0$ °C. По действующим нормативам даты начала и окончания отопительного периода определяет устойчивый (непрерывно в течение 5 суток) переход среднесуточной температуры воздуха T через $+8$ °C. В работе (Кобышева и др., 2008) подчеркнута: «Климатическое обеспечение отопления и горячего водоснабжения жилищного, административно-хозяйственного и промышленного»

ленного комплексов — одна из наиболее важных и сложных проблем России. Расходы на отопление составляют не менее 30–40 % вырабатываемой тепловой энергии» (и это в целом по РФ, а на Крайнем Севере значительно больше). В энциклопедии (Энциклопедия..., 2005) характеристики отопительного периода отнесены к группе климатических ресурсов коммунального хозяйства.

Важность исследования биоклиматических индексов очевидна. При всех воздействиях окружающей среды на человека наиболее существенны факторы, определяющие его тепловое состояние. Биоклиматические индексы согласно (Энциклопедия..., 2005) являются одними из основных характеристик физиолого-климатических ресурсов теплового состояния человека, поскольку «тепловой комфорт или дискомфорт в значительной степени определяют здоровье, самочувствие и работоспособность». Согласно оценкам К.Ш. Хайрулина, приведенным в (Энциклопедия..., 2005), по реальным сочетаниям T , V и по пороговым критериям дискомфорта возможная продолжительность пребывания человека на открытом воздухе зимой именно в Северной и в Центральной Якутии является одной из наименьших для всей территории Российской Федерации.

Особенностью арктического побережья Якутии (сравнительно с континентальной областью) является сильный и штормовой ветер. Его климатические характеристики особенно важны для района Тикси. Именно здесь по многолетним данным

Таблица 1

**Координаты и высота над уровнем моря станций гидрометеорологической сети
Северной Якутии**

№ п/п	Название и код ГМС	Широта, ° с.ш.	Долгота, ° в.д.	Н, м
1	Андрюшкино, <i>AND</i>	69,1	154,3	16
2	Черский, <i>CHE</i>	68,5	161,2	25
3	Чокурдах, <i>CHO</i>	70,4	147,5	61
4	Депутатский, <i>DPT</i>	69,2	139,5	284
5	Кольмская, <i>KLM</i>	68,4	158,4	12
6	Среднеколымская, <i>SRK</i>	67,5	153,4	21
7	Верхоянск, <i>VRH</i>	67,3	133,2	138
8	Тикси, <i>TKS</i>	71,3	128,5	8
9	Джалинда, <i>GLN</i>	70,1	113,8	62
10	Джарджан, <i>GAR</i>	68,7	124,0	29
11	Оленёк, <i>OLN</i>	68,5	112,6	217
12	Усть-Оленёк, <i>UOL</i>	73,0	119,5	14
13	Саскылах, <i>SAS</i>	72,0	114,1	16
14	Сухана, <i>SUH</i>	68,8	118,0	77
15	Ярольин, <i>YAR</i>	68,2	108,5	236
16	Тюмяти, <i>TUM</i>	71,9	123,4	28
17	Юбилейное, <i>UBL</i>	70,8	136,2	22
18	Кюсюр, <i>KUS</i>	70,7	127,4	36
19	Дунай, <i>DUN</i>	73,56	124,3	5
20	Котельный, <i>KOT</i>	76,00	137,5	10
21	Санникова, <i>SAN</i>	74,4	138,5	16
22	Кигилях, <i>KIG</i>	73,2	139,8	26

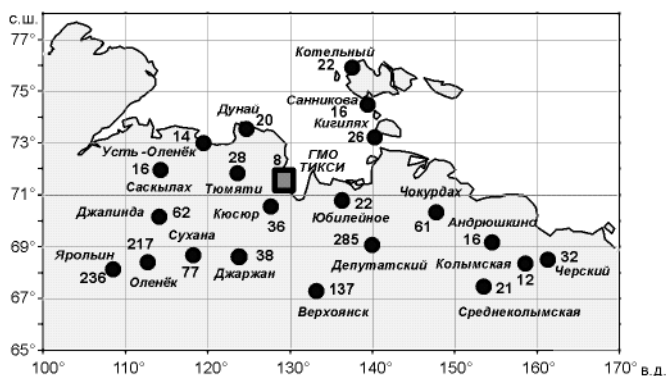


Рис. 1. Гидрометеорологическая сеть северной Якутии.

зафиксирован самый сильный ветер, а Тикси является одним из портов на трассе Северного морского пути.

Характеристики отопительного периода и биоклиматических индексов определены по рядам 8-срочных наблюдений с 1978 по 2010 г. на 22-х ГМС Северной Якутии (табл. 1, рис. 1). В настоящей статье 6 береговых и островных ГМС (Тикси, Дунай, Усть-Оленёк, Котельный, Санникова, Кигилях) обозначены как морские, а остальные 16 ГМС — континентальные. Характеристики сильного и штормового ветра в Тикси получены по ряду четырехсрочных измерений с 1936 по 2010 г. из электронного архива, размещенного на сайте ААНИИ (www.aari.ru).

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ОТОПИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА

Главная задача климатического обеспечения отопительного периода (ОП) состоит в определении необходимых запасов топлива (Кобышева и др., 2008). Основными климатическими параметрами ОП являются даты его начала θ_s , окончания θ_f и продолжительность, а также средняя температура за ОП. В Северной Якутии продолжительность ОП велика. За 33 года с 1978 по 2010 г. в некоторых случаях вообще не было условий для его завершения. Такие события отмечены на ГМС Усть-Оленёк (3 раза), Тикси (5 раз), Чокурдах (1 раз). На четырех самых северных ГМС — Дунай, Кигилях, Котельный и Санникова — основания для коротких (менее месяца) летних перерывов в ОП являются скорее исключением. За 33 года они отмечены всего лишь 9, 7, 5 и 8 раз соответственно. Приведенные ниже оценки получены без учета этих четырех ГМС.

Поскольку даты θ_s , θ_f и продолжительность θ (сутки) — целочисленные характеристики, центр и масштаб распределения представлены в табл. 2 медианой $Me = X_{0,50}$, интерквартильным расстоянием $Q = X_{0,75} - X_{0,25}$ и размахом $R = X_{max} - X_{min}$, где $X_{0,25}$, $X_{0,50}$, $X_{0,75}$ — квантили X_p соответствующего порядка p . Карты медиан θ_s , θ_f , θ приведены на рис. 2а, б, в.

Пространственное распределение дат начала, окончания и продолжительности ОП в целом соответствует распределению температуры в тёплый сезон. При этом основной контраст сосредоточен в направлении север-юг. Самое раннее окончание ОП приходится на 4 мая (Верхоянск), самое позднее начало приходится на 13–15 сентября (Верхоянск, Среднеколымская, Джарджан, Ярольин, Сухана, Тикси). Самое позднее окончание ОП приходится на 10 августа (Тикси) и 30 июля (Усть-Оленёк), самое раннее начало на всех ГМС приходится на 1–7 августа.

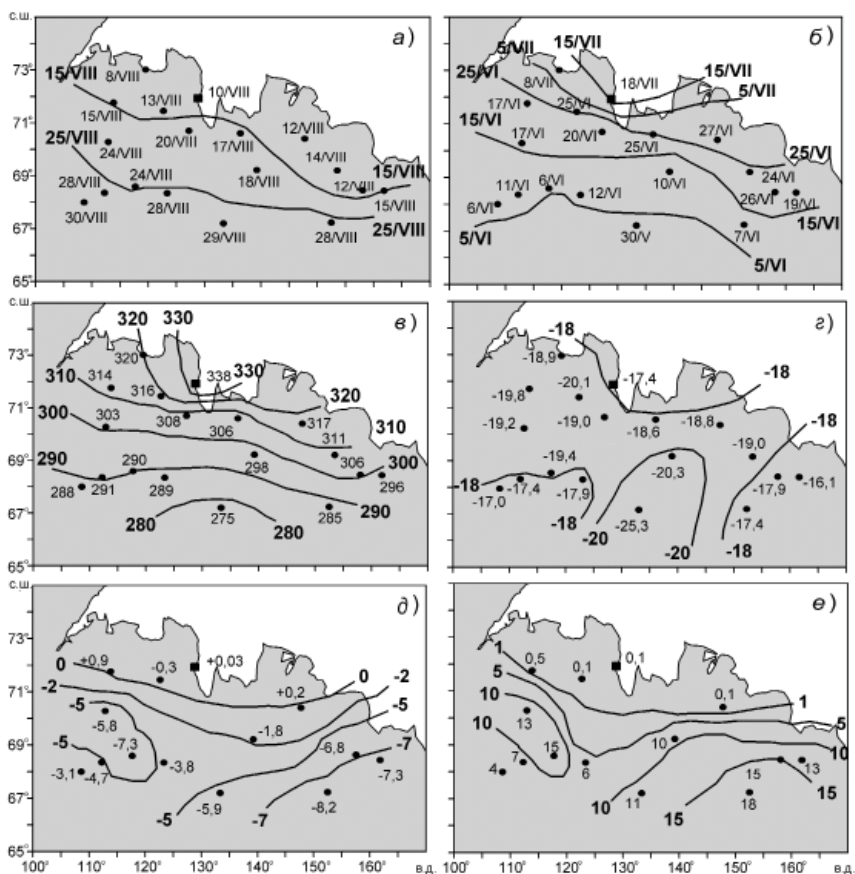


Рис. 2. Параметры отопительного периода — медиана дат начала (а), окончания (б) и продолжительности (в) ОП, среднееголетнее значение средней за ОП температуры воздуха (г), коэффициент (д, сутки за 10 лет) и относительная дисперсия (е, %) тренда продолжительности ОП.

В среднем на севере и на востоке региона начало ОП более раннее, а окончание более позднее. Для θ_f (в июне) пространственный контраст сильнее, чем для θ_s (в августе), что согласуется с годовым ходом дисперсии $D_f(t)$ (Иванов, Макштас и др., 2009а). Медиана θ_s изменяется от 8–10 августа в Тикси и Усть-Оленьке до 28–30 августа — на южных ГМС. Медиана θ_f изменяется от 30 мая в Верхоянске и 6–7 июня в Среднеколымской, Сухане и Ярольине до 8 июля в Усть-Оленьке и 18 июля в Тикси. Масштабы межгодовой изменчивости θ_s и θ_f сопоставимы по интерквартильному расстоянию — 11–23 суток для θ_s и 12–25 суток для θ_f . Размахи θ_s несколько меньше, чем θ_f . Они составляют соответственно 21–61 суток и 35–71 суток.

Медиана продолжительности θ убывает с севера на юг от 338 суток в Тикси и 320 суток в Усть-Оленьке до 275 суток в Верхоянске и до 280–290 суток южнее 69° с.ш. Самая большая из максимальных θ за 1978–2010 гг. составляет 361 сутки в Тикси, 352 суток в Усть-Оленьке и 345 суток в Тюмяти и Саскылахе, а самая малая — 309 суток в Ярольине, 312 суток в Верхоянске и 314 суток в Джарджане. Важность климатического описания ОП для Северной Якутии подчеркивается тем, что даже самый короткий ОП (Верхоянск) велик — 240 суток.

Квантили дат начала, окончания и продолжительности (сутки) отопительного периода

Код ГМС	Дата начала ОП						Дата окончания ОП						
	X_{min}	$X_{0,25}$	$X_{0,50}$	$X_{0,75}$	X_{max}	R	X_{min}	$X_{0,25}$	$X_{0,50}$	$X_{0,75}$	X_{max}	Q	R
	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки
AND	1/VIII	10/VIII	14/VIII	21/VIII	6/IX	11	30/V	15/VI	24/VI	27/VI	23/VII	12	54
CHE	1/VIII	7/VIII	15/VIII	30/VIII	17/IX	23	17/V	1/VI	9/VI	14/VI	7/VII	13	51
CHO	1/VIII	6/VIII	12/VIII	21/VIII	9/IX	15	30/V	18/VI	27/VI	3/VII	14/VII	15	45
DPT	1/VIII	13/VIII	18/VIII	24/VIII	8/IX	11	38	23/V	3/VI	10/VI	13/VII	17	51
KLM	1/VIII	5/VIII	12/VIII	18/VIII	6/IX	13	36	27/V	12/VI	26/VI	23/VII	20	57
SRK	4/VIII	16/VIII	28/VIII	4/IX	15/IX	19	42	15/V	31/V	7/VI	16/VI	16	41
VRH	2/VIII	20/VIII	29/VIII	6/IX	13/IX	17	42	4/V	23/V	30/VI	19/VI	15	46
TKS	1/VIII	6/VIII	10/VIII	21/VIII	9/IX	15	39	5/VI	29/VI	18/VI	10/VIII	25	66
GLN	2/VIII	17/VIII	24/VIII	30/VIII	7/IX	13	36	1/VI	6/VI	17/VI	7/VII	18	36
GAR	7/VIII	20/VIII	28/VIII	3/IX	13/IX	14	37	22/V	2/VI	12/VI	1/VII	16	40
OLN	3/VIII	21/VIII	28/VIII	3/IX	13/IX	13	41	25/V	5/VI	11/VI	14/VII	16	50
UOL	1/VIII	2/VIII	8/VIII	14/VIII	22/IX	12	21	14/VI	25/VI	8/VI	19/VII	24	46
SAS	2/VIII	7/VIII	15/VIII	23/VIII	8/IX	16	37	10/VI	17/VI	24/VI	15/VII	12	35
SUH	3/VIII	18/VIII	24/VIII	31/VIII	13/IX	13	41	4/V	31/V	6/VI	14/VII	18	71
YAR	4/VIII	23/VIII	30/VIII	4/IX	13/IX	12	39	24/V	31/V	6/VI	9/VII	14	46
TUM	1/VIII	5/VIII	13/VIII	23/VIII	11/IX	18	61	3/VI	16/VI	25/VI	6/VII	20	42
UBL	1/VIII	11/VIII	17/VIII	27/VIII	9/IX	16	39	2/VI	19/VI	25/VI	3/VII	14	41
KUS	1/VIII	12/VIII	20/VIII	26/VIII	8/IX	14	38	3/VI	12/VI	18/VI	25/VI	13	36

Код ГМС	Продолжительность, сутки					
	X_{min}	$X_{0,25}$	$X_{0,50}$	$X_{0,75}$	X_{max}	R
	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки
AND	294	306	311	316	337	10
CHE	256	282	296	307	334	25
CHO	287	309	317	324	338	15
DPT	262	291	298	312	328	21
KLM	270	304	308	328	339	24
SRK	254	271	285	304	321	33
VRH	240	263	275	287	312	24
TKS	292	319	338	346	361	27
GLN	273	287	303	307	331	20

Код ГМС	Продолжительность, сутки					
	X_{min}	$X_{0,25}$	$X_{0,50}$	$X_{0,75}$	X_{max}	R
	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки
AND	294	306	311	316	337	10
CHE	256	282	296	307	334	25
CHO	287	309	317	324	338	15
DPT	262	291	298	312	328	21
KLM	270	304	308	328	339	24
SRK	254	271	285	304	321	33
VRH	240	263	275	287	312	24
TKS	292	319	338	346	361	27
GLN	273	287	303	307	331	20

Код ГМС	Продолжительность, сутки					
	X_{min}	$X_{0,25}$	$X_{0,50}$	$X_{0,75}$	X_{max}	R
	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки
AND	294	306	311	316	337	10
CHE	256	282	296	307	334	25
CHO	287	309	317	324	338	15
DPT	262	291	298	312	328	21
KLM	270	304	308	328	339	24
SRK	254	271	285	304	321	33
VRH	240	263	275	287	312	24
TKS	292	319	338	346	361	27
GLN	273	287	303	307	331	20

Код ГМС	Продолжительность, сутки					
	X_{min}	$X_{0,25}$	$X_{0,50}$	$X_{0,75}$	X_{max}	R
	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки
AND	294	306	311	316	337	10
CHE	256	282	296	307	334	25
CHO	287	309	317	324	338	15
DPT	262	291	298	312	328	21
KLM	270	304	308	328	339	24
SRK	254	271	285	304	321	33
VRH	240	263	275	287	312	24
TKS	292	319	338	346	361	27
GLN	273	287	303	307	331	20

Код ГМС	Продолжительность, сутки					
	X_{min}	$X_{0,25}$	$X_{0,50}$	$X_{0,75}$	X_{max}	R
	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки
AND	294	306	311	316	337	10
CHE	256	282	296	307	334	25
CHO	287	309	317	324	338	15
DPT	262	291	298	312	328	21
KLM	270	304	308	328	339	24
SRK	254	271	285	304	321	33
VRH	240	263	275	287	312	24
TKS	292	319	338	346	361	27
GLN	273	287	303	307	331	20

Код ГМС	Продолжительность, сутки					
	X_{min}	$X_{0,25}$	$X_{0,50}$	$X_{0,75}$	X_{max}	R
	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки
AND	294	306	311	316	337	10
CHE	256	282	296	307	334	25
CHO	287	309	317	324	338	15
DPT	262	291	298	312	328	21
KLM	270	304	308	328	339	24
SRK	254	271	285	304	321	33
VRH	240	263	275	287	312	24
TKS	292	319	338	346	361	27
GLN	273	287	303	307	331	20

В табл. 3 приведены средние многолетние значения m , экстремумы min , max и среднеквадратические отклонения σ средней за ОП температуры воздуха. Пространственное распределение m_T показано на рис. 2з. Поле m_T определяется в основном зимней температурой. Самая низкая $\bar{T}_{оп}$ отмечена в Верхоянске с $m_T = -21,5$ °С, самая высокая — на восточной ГМС Черский с $m_T = -16,1$ °С. Еще два очага повышенных значений m_T ($-17...-18$ °С) расположены на побережье Северного Ледовитого океана и в юго-западной части региона. Минимальные за 1978–2010 гг. значения $\bar{T}_{оп}$ составляют $-20,8...-25,3$ °С, максимальные $-12,6...-17,8$ °С.

Таблица 3

Моменты распределения средней за отопительный период температуры воздуха

Код ГМС	m	σ	min	max
AND	-19,0	1,5	-23,4	-16,5
CHE	-16,1	1,6	-21,2	-12,6
CHO	-18,8	1,5	-23,0	-15,8
DPT	-20,3	1,5	-24,4	-17,2
KLM	-17,9	1,2	-20,2	-15,9
SRK	-17,4	1,4	-21,8	-14,6
VRH	-21,5	2,0	-25,3	-17,8
TKS	-17,4	1,4	-20,5	-14,9
GLN	-19,2	1,7	-23,0	-16,6
GAR	-17,9	1,5	-21,2	-15,2
OLN	-17,4	1,6	-20,8	-15,1
UOL	-18,9	1,2	-21,0	-17,0
SAS	-19,8	1,7	-23,1	-16,9
SUH	-19,4	1,6	-23,2	-16,4
YAR	-17,0	1,8	-21,3	-14,0
TUM	-20,1	1,6	-24,7	-17,8
UBL	-18,6	1,3	-21,5	-16,0
KUS	-19,0	1,5	-22,0	-16,7

Оценки трендов получены по линейной регрессионной модели (Дрейпер, Смит, 1986), а их статистическая значимость — по таблицам (Большев, Смирнов, 1968). Параметры трендов дат начала и окончания ОП и его продолжительности (коэффициент наклона a в сутках за 10 лет с выделением значимых на 95 %-ном уровне трендов и относительная дисперсия D_r , %) приведены в табл. 4. Для Андриюшкино, Усть-Оленёк, Кюсюр и Юбилейное оценки не приводятся из-за значительного количества пропусков.

Таблица 4

Коэффициенты (сутки за 10 лет) и относительные дисперсии (%) трендов дат начала, окончания и продолжительности отопительного периода

Код ГМС	Начало		Окончание		Продолжительность	
	a	D_r	a	D_r	a	D_r
CHE	6,82	22,1	-0,46	0,1	-7,29	13,2
CHO	-0,92	0,7	-0,54	0,2	0,24	0,1
DPT	1,28	1,8	-0,49	0,1	-1,78	1,0
KLM	4,58	15,8	-1,70	1,3	-6,83	15,3
SRK	3,31	7,1	-4,93	21,5	-8,24	18,3
VRH	4,16	1,7	-1,61	2,3	-5,94	10,8
TKS	-3,23	6,8	-1,35	0,5	0,3	0,1
GLN	2,73	6,4	-3,02	6,6	-5,76	12,8
GAR	2,52	5,7	-1,24	1,3	-3,76	6,1
OLN	1,65	2,1	-3,09	5,7	-4,74	6,5
SAS	-2,16	4,4	-1,39	1,8	0,90	0,5
SUH	1,73	2,5	-5,53	14,2	-7,26	14,5
YAR	0,49	0,2	-2,62	5,2	-3,11	4,0
TUM	0,23	0,1	-0,10	0,1	-0,26	0,1

Примечание: значимые на 95 %-ном уровне тренды выделены жирным шрифтом.

Как видно из таблицы, тренды θ_s в основном положительные, то есть в 1978–2010 гг. преобладала тенденция к более позднему началу ОП, более четко выраженная на южных и восточных ГМС. Отрицательными являются тренды только на северных ГМС Чокурдах, Тикси и Саскылах. Все они незначимые, с дисперсией D_{tr} 1–7 %. Среди положительных трендов значимыми являются только два — Черский и Колымская с D_{tr} 22 и 16 %. Помимо них заметную D_{tr} от 6 до 13 % имеют положительные тренды на ГМС Среднеколымская, Верхоянск, Джалинда, Джарджан. Все тренды θ_f отрицательные, то есть преобладает тенденция к более раннему завершению ОП, также более отчетливая на южных ГМС. Значимыми являются тренды на ГМС Среднеколымская и Сухана с D_{tr} 22 и 14 %. На ГМС Джалинда, Оленёк и Юральин D_{tr} составляет 5–7 %.

Таким образом, в период 1978–2010 гг. в Северной Якутии отмечается тенденция к сокращению продолжительности ОП. Пространственные распределения коэффициентов тренда a и D_{tr} для рядов θ приведены на рис. 2*д, е*. Как видно из рисунков, на северных ГМС Саскылах, Тюмяти, Тикси, Чокурдах тренд слабый, с ничтожно малой относительной дисперсией. На остальных, более южных ГМС тренд продолжительности ОП положительный. На ГМС Черский, Колымская, Среднеколымская, Джалинда и Сухана он значим на 95 %-ном уровне. В восточной части северной Якутии D_{tr} составляет 11–18 %, а в западной части 5–15 %.

БИОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ

Из всех воздействий окружающей среды на человека особо важны факторы, определяющие тепловое состояние организма. Одним из наиболее употребительных методов оценки теплового состояния являются «комплексные климатические показатели», показывающие уровень тепловой нагрузки в зависимости от того или иного сочетания метеорологических параметров. Для такой оценки используются температурно-влажностные ($T-F$), температурно-ветровые ($T-V$), температурно-влажностно-ветровые ($T-F-V$) и т.п. индексы. В работе (Руководство..., 2008) приведено нескольких десятков таких индексов. Для настоящей работы из наиболее употребительных индексов отобраны те, которые учитывают совокупное воздействие температуры воздуха, скорости ветра и влажности: температурно-влажностный показатель и индекс холодного стресса.

Температурно-влажностный показатель по А. Миссенарду — эффективная температура (ЭТ), °С рассчитывается по формуле:

$$\text{ЭТ} = T - 0,4 \cdot (T - 10) \cdot \left(1 - \frac{f}{100}\right),$$

где T — температура приземного слоя воздуха (°С), f — относительная влажность воздуха (%).

Этот индекс используется при биоклиматическом районировании во все сезоны года. Он характеризует теплоощущение одетого человека. Для холодного сезона приняты следующие градации ЭТ:

ЭТ, °С	–12... 0	–24... –12	–30... –24	Менее –30
Теплоощущение	Холодно (Х)	Очень холодно (ОХ)	Крайне холодно (КХ)	Предельно холодно (ПХ)
Нагрузка	Умеренная	Сильная угроза обморожения	Очень сильная угроза обморожения	Чрезвычайная вероятность замерзания

Тепловое состояние человека в холодный сезон определяются в первую очередь температура воздуха и скорость ветра. Для оценки суровости погоды как фактора, ограничивающего пребывание человека на открытом воздухе, часто используется индекс суровости зимы Бодмана с соответствующими градациями:

$$S = (1 - 0,04T) \cdot (1 + 0,272V)$$

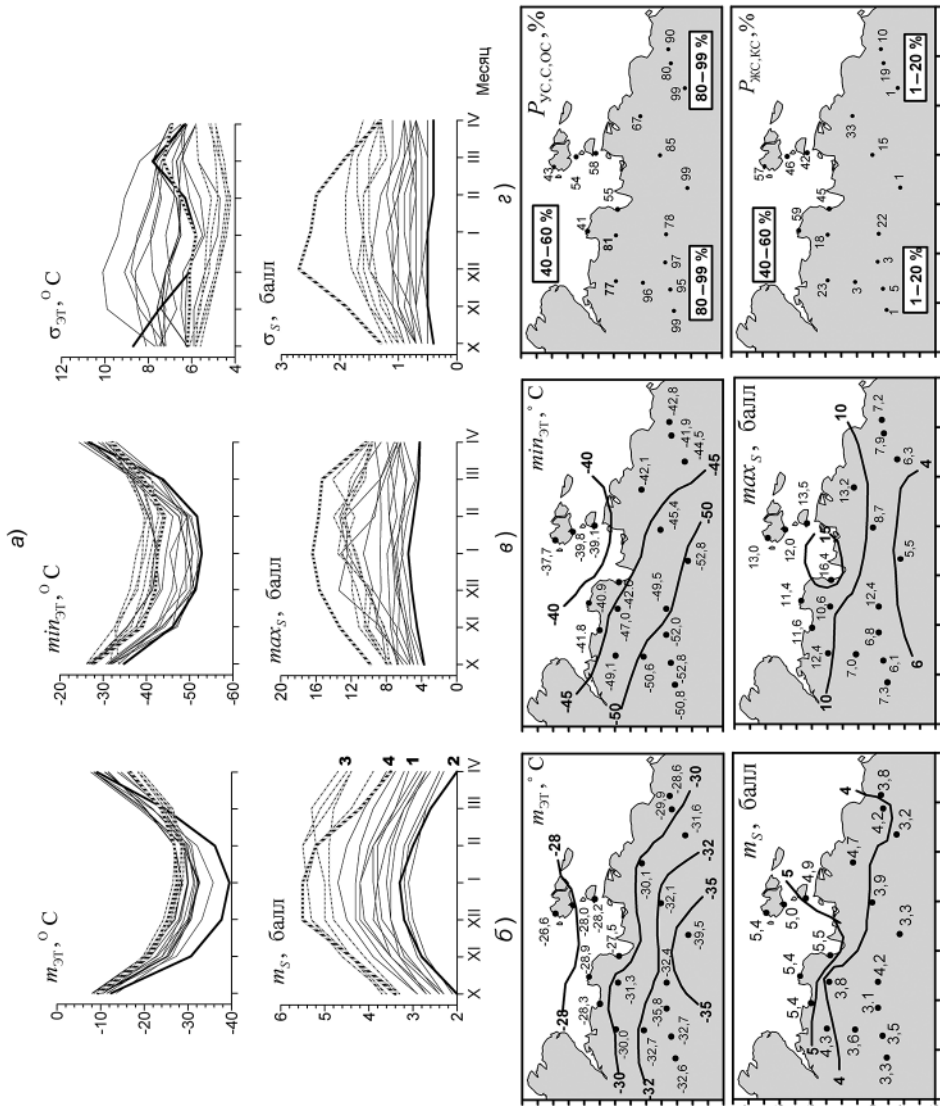
Балл индекса S	1 и менее	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	Более 6
Тип зимы	Мягкая (М)	Мало суровая (МС)	Умеренно суровая (УС)	Суровая (С)	Очень суровая (ОС)	Жестко суровая (ЖС)	Крайне суровая (КС)

Оценки ЭТ и S и их тренды рассчитаны для холодного сезона по месяцам с октября по апрель для всех станций, за исключением ГМС с большим количеством пропусков: Андрюшкино, Кюсюр, Юбилейное, а для трендов еще и ГМС Усть-Оленёк и Санникова. На рис. 3а приведены графики сезонного хода средних значений m , экстремумов min , max и СКО индексов ЭТ и S для континентальных (1) и морских (3) ГМС с выделением Верхоянска (2, полюс холода Северного полушария) и Тикси (4, наиболее сильный ветер). В цифровой форме значения $m_{ЭТ}$ и m_S приведены в табл 5. Карты средних и экстремальных значений для января приведены на рис. 3б.

Таблица 5

Сезонный ход средних значений биоклиматических индексов

Код ГМС	Месяц						
	X	XI	XII	I	II	III	IV
Эффективная температура ЭТ, °С							
CHE	-8,1	-20,1	-27,0	-28,6	-27,0	-20,3	-11,8
CHO	-12,7	-22,7	-28,4	-30,1	-29,3	-24,4	-16,3
DPT	-13,0	-26,3	-30,4	-32,1	-30,9	-24,8	-13,9
KLM	-9,1	-21,5	-27,9	-29,9	-29,0	-23,8	-16,1
SRK	-9,1	-23,0	-30,0	-31,6	-29,6	-22,0	-11,1
VRH	-12,4	-30,7	-37,7	-39,5	-36,2	-24,8	-9,2
GLN	-10,5	-25,4	-30,3	-32,7	-30,3	-21,9	-10,9
GAR	-10,1	-25,5	-30,7	-32,4	-28,9	-20,0	-8,6
OLN	-9,9	-25,1	-30,2	-32,7	-29,2	-19,5	-8,4
SAS	-11,6	-24,1	-28,1	-30,0	-29,3	-24,3	-16,2
SUH	-10,1	-27,4	-33,2	-35,8	-32,1	-21,7	-8,5
YAR	-8,7	-24,2	-29,9	-32,6	-28,9	-18,9	-7,8
TUM	-11,4	-25,1	-29,1	-31,3	-29,9	-24,2	-14,7
TKS	-9,4	-21,1	-25,4	-27,5	-26,9	-23,9	-16,8
UOL	-10,3	-21,6	-26,1	-28,3	-28,4	-24,4	-16,7
DUN	-9,3	-21,3	-26,5	-28,9	-29,1	-26,1	-18,5
KOT	-10,0	-19,7	-24,4	-26,6	-27,1	-24,9	-18,6
SAN	-9,5	-20,6	-25,7	-28,0	-28,8	-26,6	-19,4
KIG	-8,6	-20,2	-25,7	-28,2	-28,5	-25,7	-18,7
Индекс Бодмана, S (баллы)							
CHE	2,4	3,1	3,7	3,8	3,6	3,2	2,7
CHO	2,9	3,9	4,5	4,7	4,5	4,1	3,6
DPT	2,6	3,5	3,8	3,9	3,9	3,4	2,9
KLM	2,6	3,5	4,1	4,2	4,0	3,6	3,2
SRK	2,0	2,8	3,1	3,2	3,1	2,7	2,3
VRH	2,0	2,8	3,2	3,3	3,0	2,6	2,0
GLN	2,3	3,2	3,5	3,6	3,5	3,2	2,6
GAR	2,7	3,5	4,2	4,2	3,9	3,3	2,8
OLN	2,4	3,3	3,5	3,5	3,4	3,1	2,7
SAS	2,9	3,7	4,3	4,3	4,2	3,9	3,4
SUH	2,1	2,7	3,0	3,1	2,9	2,7	2,3
YAR	2,3	2,9	3,2	3,3	3,2	2,8	2,4
TUM	2,7	3,3	3,9	3,8	3,8	3,4	3,1
TKS	3,4	4,4	5,5	5,5	5,2	4,2	3,5
UOL	3,3	4,4	5,3	5,4	5,2	4,4	3,9
DUN	3,6	4,6	5,3	5,4	5,5	4,9	4,4
KOT	3,7	4,4	5,3	5,4	5,5	5,1	4,5
SAN	3,6	4,4	5,0	5,0	5,2	5,3	4,7
KIG	3,3	4,1	4,8	4,9	4,9	4,8	4,4



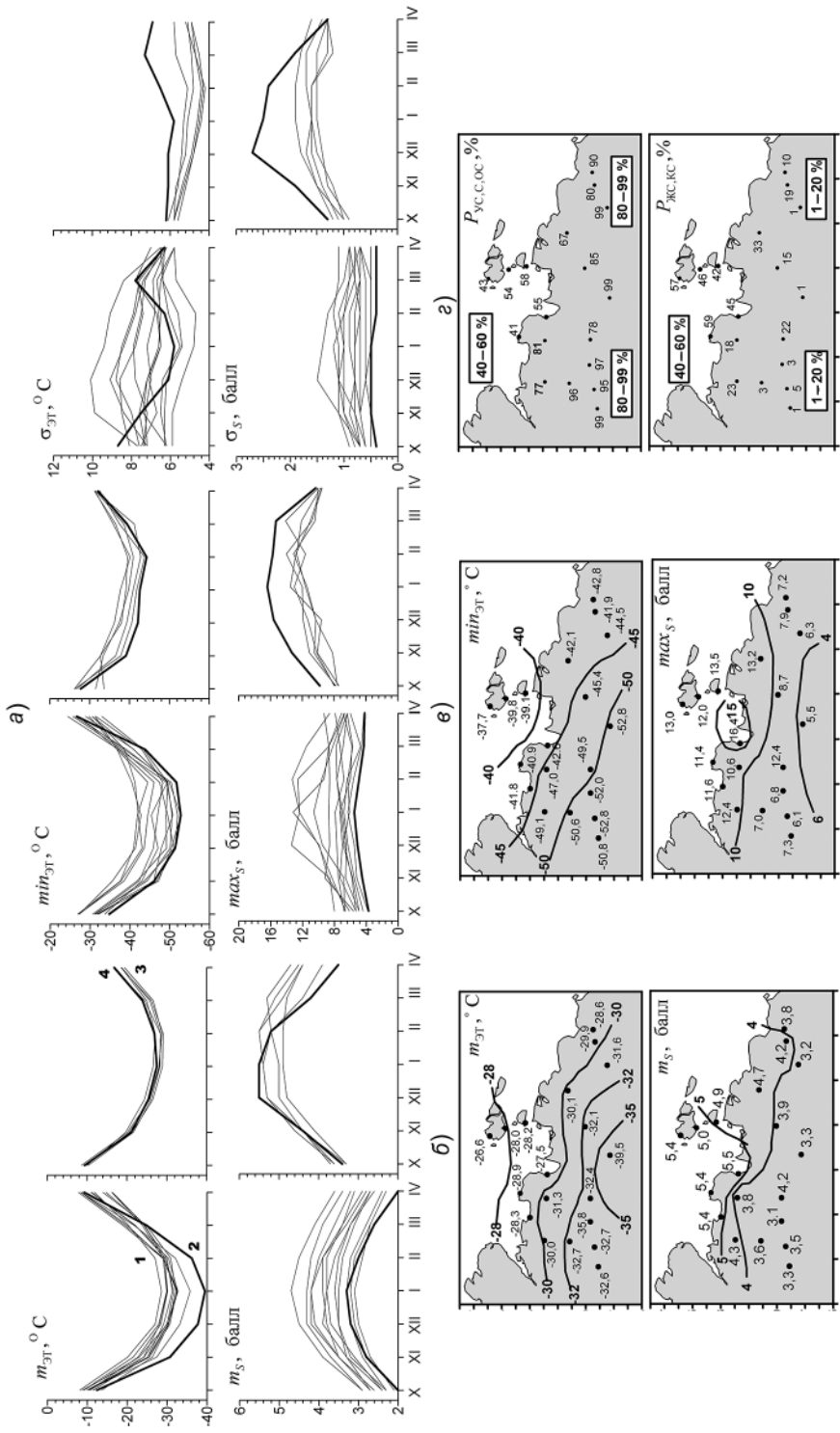


Рис. 3. Пространственно-временная изменчивость биоклиматических индексов: а — сезонный ход (с октября по апрель) среднего значения m , экстремумов min , max и среднеквадратического отклонения σ на континентальных (1) и морских (3) станциях с выделением ГМС Верхоянск (2) и Тикси (4); пространственное распределение в январе средних (б), экстремальных (в) значений ЭГ, δ и повторяемости центральных и крайних градаций индекса δ (г).

Сезонный ход и пространственное распределение температурно-влажностного индекса ЭТ и самой температуры воздуха (Иванов, Макштас, 2012) качественно почти идентичны. В континентальной части Северной Якутии зима по индексу ЭТ более суровая, чем на побережье Северного Ледовитого океана и на островах. Самые суровые условия отмечены в Верхоянске, а самые мягкие на ГМС Котельный (хотя это и наиболее северная точка). На этих станциях для января средние значения индекса составляют $-39,5$ и $-26,6$ °С, а многолетние минимумы $-52,8$ и $-37,7$ °С. Размах сезонного хода $m_{ЭТ}$ и $min_{ЭТ}$ на морских ГМС ослаблен по сравнению с континентальными.

Дополнительный учет ветра в индексе Бодмана (S) радикально изменяет представление о пространственном распределении характеристик суровости зимы. Ветер в континентальной части Северной Якутии ослаблен, велика повторяемость штиля. В морской части зимой ветер, наоборот, усилен, велика повторяемость сильных и штормовых ветров. По многолетним данным в Тикси в октябре–феврале максимальные скорости ветра составили 38–42 м/с (Иванов, Макштас и др., 2009б, 2012). Морские и континентальные ГМС по температурно-ветровому индексу Бодмана четко распадаются на 2 кластера. На всех без исключения морских ГМС зимние условия более суровые, чем на континентальных ГМС, а изменчивость индекса S на морских ГМС существенно выше по сравнению с континентальными. Самые суровые условия и максимум σ_S зафиксированы в Тикси, где значения m_S и max_S составили 5,5 и 16,4. Отметим, что на полюсе холода в Верхоянске, где зимой особенно велика повторяемость штиля, условия по температурно-ветровому показателю являются одними из самых «мягких» для рассматриваемого региона, а σ_S минимальна среди всех ГМС. Значения m_S и max_S на этой ГМС составляют 3,3 и 5,5. Карта распределения max_S на рис. 3б показывает, что с 1978 по 2010 г. на всех ГМС, кроме Верхоянска, отмечались условия, соответствующие градации КС — крайне суровая зима.

Таблица 6

Повторяемость индекса Бодмана по градациям суровости зимы в январе

Код ГМС	Градация суровости зимы, баллы индекса S						
	<1 М	1–2 МС	2–3 УС	3–4 С	4–5 ОС	5–6 ЖС	>6 КС
Континентальные ГМС							
<i>CHE</i>	0	0,7	20,7	39,7	29,2	8,1	1,6
<i>CHO</i>	0	0,1	3,4	24,9	37,8	20,7	13,1
<i>DPT</i>	0	0	15,9	46,3	23,2	9,0	5,6
<i>KLM</i>	0	0	5,6	34,5	40,1	10,9	8,8
<i>SRK</i>	0	0	39,6	52,3	7,9	0,1	0,1
<i>VRH</i>	0	0	31,1	59,6	8,7	0,6	0,0
<i>GLN</i>	0	0,2	17,2	56,4	22,7	2,8	0,6
<i>GAR</i>	0	0,1	15,2	41,3	21,5	10,9	11,0
<i>OLN</i>	0	0,5	26,4	48,6	19,8	4,3	0,4
<i>SAS</i>	0	0	10,7	35,0	30,9	15,9	7,5
<i>SUH</i>	0	0,3	49,7	43,1	4,3	0,4	2,2
<i>YAR</i>	0	0	36,3	52,8	9,5	1,0	0,4
<i>TUM</i>	0	0	20,2	42,1	19,1	9,5	9,1
Морские ГМС							
<i>TKS</i>	0	0	7,5	30,1	17,8	12,4	32,2
<i>DUN</i>	0	0	3,2	13,4	24,2	22,6	36,6
<i>KOT</i>	0	0	7,3	15,7	20,4	19,1	37,6
<i>SAN</i>	0	0,2	9,9	21,2	22,4	19,7	26,6
<i>KIG</i>	0	0	9,0	23,6	25,9	20,2	21,3

Примечание: жирным шрифтом отмечены максимумы повторяемости.

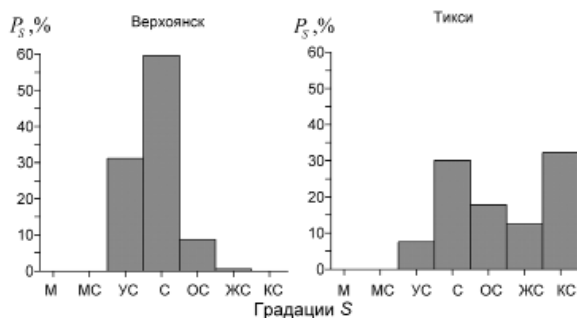


Рис. 4. Гистограммы повторяемости суровости зим по градациям температурно-ветрового индекса Бодмана в январе на континентальной ГМС Верхоянск и на морской ГМС Тикси.

В табл. 6 приведена повторяемость P_s градаций суровости зимы по Бодману, оцененных по среднесуточным значениям температуры и скорости ветра в январе. Гистограммы повторяемости суровости зим в январе для Верхоянска и Тикси приведены на рис. 4.

Как видно из таблицы, в Северной Якутии за период с 1978 по 2010 г. мягких зим «М» не было, а малосуровые зимы «МС» отмечались реже, чем в 1 % случаев. На континентальных станциях распределение балла суровости одномодальное. Мода приходится на центральные градации — суровые «С» и очень суровые «ОС» зимы — и составляет от 35 до 60 %. Интересно, что на полюсе холода в Верхоянске мода $P_s = 60\%$ (рис. 4) приходится на центральную градацию суровости и максимальна среди всех ГМС, жестоко суровые зимы «ЖС» отмечены лишь в 0,6 % случаев, а крайне суровых зим «КС» вообще не было.

Распределение балла суровости на морских ГМС бимодальное. Первая «температурная» мода на морских ГМС также приходится на центральные градации «С» и «ОС», она характеризует условия с характерной для этих ГМС температурой при слабом ветре. Вторая «ветровая» мода приходится на самую крайнюю градацию — крайне суровая зима «КС». Она формируется резкими усилениями ветра при прохождении глубоких циклонов. Роль ветра в воздействии комплекса температура–ветер на человека подчеркивает тот факт, что на ГМС Тикси, Дунай и Котельный ветровая мода больше температурной — 32–38 % против 20–30 %.

Наиболее наглядно различия морских и континентальных ГМС демонстрируют рис. 3г, где приведена карта P_s определенной суммарно по трем центральным градациям (УС, С, ОС) и по двум крайним (ЖС, ЛС) градациям, а также рис. 4, построенный для ГМС, где это различие наиболее ярко выражено. В континентальной области повторяемость центральных градаций превышает 80 %, а повторяемость крайних градаций не достигает 20 %, тогда как в морской области эти значения примерно одинаковы и составляют 40–60 %.

В табл. 7 приведены параметры тренда индекса S в январе. Как видно из таблицы, на большей части ГМС в 1978–2010 гг. зафиксирована тенденция к ослаблению суровости погоды по температурно-ветровому показателю, однако значимые отрицательные тренды отмечены только на трех ГМС: Оленёк, Верхоянск и Среднеколымская (относительная дисперсия D_{tr} 17–23 %). На остальных ГМС D_{tr} отрицательных трендов составляет менее 10 %. Положительные тренды с D_{tr} 7 и 9 % отмечены на северо-западе на ГМС Тюмяти и Саскылах. В Тикси тренд ничтожно мал.

Коэффициент литнейного тренда a (балл за 10 лет) и его вклад в дисперсию D_{tr} (%) для индекса Бодмана в январе

Код ГМС	a	D_{tr}	Код ГМС	a	D_{tr}
<i>CHE</i>	-0,102	7	<i>SRK</i>	-0,100	22
<i>CHO</i>	-0,137	9	<i>VRH</i>	-0,130	23
<i>DPT</i>	-0,020	0,3	<i>GLN</i>	-0,035	1
<i>KLM</i>	-0,110	9	<i>GAR</i>	-0,023	0,3
<i>SAS</i>	0,150	9	<i>TUM</i>	0,103	7
<i>SUH</i>	-0,055	3	<i>TKS</i>	0,107	1
<i>OLN</i>	-0,213	17	<i>KOT</i>	-0,147	5
<i>YAR</i>	-0,028	2	<i>KIG</i>	-0,123	5

Примечание: Жирным шрифтом отмечены значимые на 95 %-ном уровне тренды.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СИЛЬНЫХ И ШТОРМОВЫХ ВЕТРОВ В ТИКСИ

Согласно работам (Иванов, Макштас и др., 2009б, 2012) самый сильный ветер на побережье Северной Якутии и на близлежащих островах наблюдался в Тикси. Начиная с 1936 г. на ГМС «Полярка» были неоднократно зарегистрированы скорости ветра V достигающие 38–42 м/с, а за период с 1978 г. — 34–36 м/с. По действующим нормативам превышение ветром уровня 30 м/с ($V_{\geq 30}$, шторм) определено как особо опасное явление погоды (ООЯ). В работе (Кошинский, 1982) указано, что ограничением многих видов морской деятельности является превышение ветром уровня 15 м/с ($V_{\geq 15}$). Важно учитывать также общую и непрерывную продолжительность указанных событий. В табл. 8 для каждого месяца года приведены значения модуля V_{max} и направления φ_{max} абсолютного максимума скорости ветра и общие за весь период число случаев (количество сроков) n и повторяемость P штормового и сильного ветра.

Таблица 8

Модуль V_{max} и направление φ_{max} абсолютного максимума скорости ветра в Тикси, число случаев и повторяемость штормового и сильного ветра

Параметр	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
V_{max} , м/с	42	38	40	34	24	28	26	25	28	34	40	40
φ_{max} , град.	250	200	250	230	250	260	230	360	290	230	230	200
$n_{V \geq 30}$	17	12	5	1	–	–	–	–	–	3	5	14
$P_{V \geq 30}$, %	0,14	0,11	0,04	0,01	–	–	–	–	–	0,02	0,04	0,12
$n_{V \geq 15}$	1141	1002	594	359	151	73	58	64	136	593	731	1253
$P_{V \geq 15}$, %	9,2	8,9	4,8	3,0	1,2	0,6	0,4	0,5	1,1	4,7	6,2	10,4

Розы максимальной скорости ветра и повторяемости сильного ветра $P_{V \geq 15}$ приведены на рис. 5. В работах (Иванов, Макштас и др., 2009б, 2012) было показано, что по общей совокупности данных зимой преобладают юго-западные, а летом северо-восточные ветра. Совсем иным является годовой ход сильных и штормовых ветров. Табл. 8 и рис. 5 демонстрируют, что во все месяцы они сосредоточены преимущественно в западном и в юго-западном секторах. Особенно наглядно это демонстрируют розы повторяемости на рис. 5б. Годовой ход проявляется в зимнем усилении как самих значений V_{max} , $P_{V \geq 15}$ так и в сосредоточенности их распределения по румбам. Согласно табл. 8 с октября по апрель V_{max} находится в пределах 34–42 м/с, а с мая по

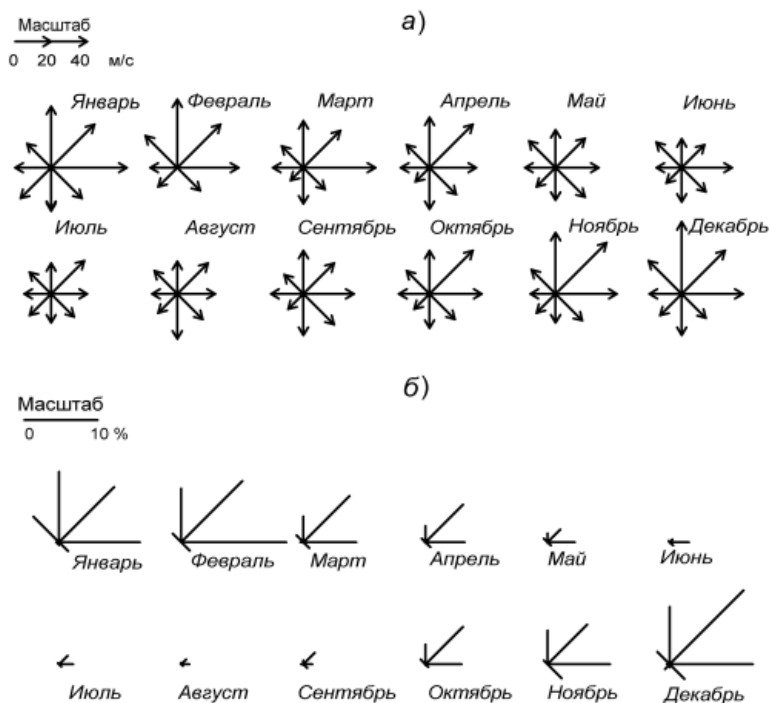


Рис. 5. Розы максимальной скорости ветра (а) и повторяемости сильного ветра $P_{V \geq 15}$ (б).

сентябрь не превышает 28 м/с. В целом количество штормов $n_{\geq 30}$ невелико — за 75 лет с 1936 по 2010 г. их было всего 57. Из них 43 наблюдались в декабре–феврале, а с мая по сентябрь их вообще не было. Указанным сезонам также соответствуют увеличенная и уменьшенная повторяемость $P_{\geq 30}$ сильного ветра, которая с ноября по март составляет 5–10 % (с максимумом в декабре–феврале), а с мая по сентябрь 0,5–1 %.

Таблица 9

Средние многолетние, наименьшие и наибольшие значения модуля максимальной скорости ветра и повторяемости сильного (15 м/с и более) ветра

Параметр	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Максимум скорости ветра, м/с												
<i>m</i>	23	22	20	17	15	14	14	15	16	20	20	23
<i>min</i>	8	8	6	7	8	9	9	10	10	9	9	10
<i>max</i>	42	38	40	34	24	28	26	25	28	34	40	40
Повторяемость сильного ветра, %												
<i>m</i>	9,2	8,9	4,8	3,0	1,2	0,6	0,4	0,5	1,1	4,7	6,2	10,4
<i>min</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>max</i>	53,2	42,0	23,4	20,0	7,3	5,8	4,0	6,5	6,7	17,7	30,8	30,6

Максимальная скорость ветра и повторяемость штормов и сильных ветров существенно изменяются от года к году. В табл. 9 приведены их средние многолетние, наименьшие и наибольшие значения. Средние значения годовых максимумов изменяются от 20–23 м/с с октября по март до 14–16 м/с с мая по сентябрь при миниму-

мах (см. также табл. 8) 38–42 м/с. Наименьшие годовые максимумы во все месяцы составили 6–10 м/с. Среднее многолетнее значение годовых повторяемостей $P_{V \geq 15}$ сильных ветров практически совпадает с общей оценкой повторяемости из табл. 8. Отметим, что во все месяцы были годы с полным отсутствием $V \geq 15$ м/с. Годовые максимумы $P_{V \geq 15}$ составили в мае–сентябре 4–7%, в ноябре–феврале 30–53 % при наибольшем значении в январе.

Поскольку в Тикси во все месяцы направление максимальных ветров изменяется от года к году незначительно (за крайне редкими исключениями), возможна оценка их многолетних трендов по временным рядам модуля максимальной скорости ветра. В табл. 10 оценки коэффициентов линейных трендов a_V и их относительной дисперсии D_V получены как по всему ряду, так и за последние 33 года (с 1978 г.). Здесь же приведены оценки коэффициента $a_{P_{\geq 15}}$ и относительной дисперсии $D_{P_{\geq 15}}$ тренда повторяемости сильного ветра. По данным с 1936 по 2010 г. во все месяцы отмечена тенденция к ослаблению максимального ветра. В январе, апреле и с июля по сентябрь отрицательные тренды V_{max} значимы на 95 %-ном уровне, их относительная дисперсия составляет 7–15 %. В остальные месяцы отрицательные тренды незначимы, с дисперсией от 2–4 % до ничтожно малой в мае, июне и декабре. За последние 33 года все тренды (кроме февраля) статистически незначимы, с декабря по апрель и в июне они отрицательные, а в остальные месяцы — положительные. Их дисперсия в феврале составила 30 %, а в остальные месяцы не превышала 3 %.

Тренды повторяемости $P_{P_{\geq 15}}$ по знаку согласованы с трендами V_{max} . Это означает, что ослабление максимального ветра сопровождается уменьшением повторяемости сильного ветра и наоборот. За 75 лет с 1936 г. значимыми являются отрицательные тренды $a_{P_{\geq 15}}$ в феврале–марте ($D_{P_{\geq 15}} = 7$ %) и в июле–сентябре ($D_{P_{\geq 15}} = 8–16$ %). За последние 33 года с 1978 г. значим только отрицательный тренд $a_{P_{\geq 15}}$ в феврале с $D_{P_{\geq 15}} = 26$ %.

Таблица 10

Параметры трендов модуля максимальной скорости ветра и повторяемости сильного ветра по полному ряду с 1936 по 2010 г. и за период с 1978 по 2010 г.

Параметр	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1936–2010 гг.												
a_V , м/с за 10 лет	-0,69	-0,56	-0,48	-0,87	-0,06	-0,02	-0,48	-0,53	-0,57	-0,31	-0,33	-0,20
D_V , %	7	4	3	10	0,1	<0,1	7	15	12	2	2	0,5
$a_{P_{\geq 15}}$, % за 10 лет	-0,42	-1,09	-0,63	-0,47	-0,01	-0,03	-0,12	-0,18	-0,33	-0,40	-0,81	0,03
$D_{P_{\geq 15}}$, %	1	7	7	5	<0,1	0,3	8	13	16	4	6	<0,1
1978–2010 гг.												
a_V , м/с за 10 лет	-0,53	-2,52	-0,17	-0,90	0,61	-0,41	0,47	0,18	0,11	0,87	0,47	-0,85
D_V , %	2	30	0,1	3	2	1	3	1	0,1	3	1	3
$a_{P_{\geq 15}}$, % за 10 лет	-0,40	-3,11	-1,16	-0,57	0,09	-0,40	0,13	0,01	-0,21	-0,18	-0,89	-1,42
$D_{P_{\geq 15}}$, %	0,1	26	8	2	0,2	10	3,1	0,1	3	0,2	4	3

Примечание: Жирным шрифтом отмечены тренды, значимые на 95 %-ном уровне.

Оценки непрерывной продолжительности τ_{15} сильного ветра $V \geq 15$ м/с получены для июля–сентября (летняя навигация) и для ноября–марта (сезон увеличенной штормовой активности). Общее число таких событий (с различными τ_{15}) составило по

всему ряду наблюдений: в июле–сентябре 186 и в ноябре–марте — 1679. В табл. 11 приведены оценки квантилей X_p распределения τ_{15} , полученные по всему ряду измерений (с 1936 по 2010 г.) и на двух неперекрывающихся отрезках (1936–1977 гг. и 1978–2010 гг.). Масштаб распределения τ_{15} характеризует наряду с интерквартильным расстоянием Q и общим размахом R еще и интердецильное расстояние $Q_{0,9} = X_{0,90} - X_{0,10}$, показывающее размах без учета 10 % самых сильных отрицательных и положительных аномалий.

Таблица 11

Квантили распределений непрерывной продолжительности τ_{15} (ч) сильного ветра $V \geq 15$ м/с

Годы	X_{\min}	$X_{0,10}$	$X_{0,25}$	$X_{0,50}$	$X_{0,75}$	$X_{0,90}$	$X_{0,95}$	$X_{0,97}$	$X_{0,99}$	X_{\max}	Q	$Q_{0,9}$	R
Июнь–сентябрь													
1936–2010	6	6	6	6	6	12	12	12	18	36	0	6	30
1936–1977	6	6	6	6	6	12	12	18	24	36	0	6	30
1978–2010	6	6	6	6	6	6	12	12	12	12	0	0	6
Ноябрь–март													
1936–2010	6	6	6	6	12	24	36	48	72	144	6	18	138
1936–1977	6	6	6	6	18	30	48	54	72	144	12	24	138
1978–2010	6	6	6	6	12	24	30	36	54	72	6	18	66

Сопоставление данных в табл. 11 с данными, приведенными в табл. 8–10, показывает сопряженность интенсивности и продолжительности опасных усилений ветра. По данным с 1936 по 2010 г. в летнюю навигацию при ослабленной штормовой активности в 75 % случаев продолжительность τ_{15} сильного ветра $V \geq 15$ м/с не превышала 6 ч, а события продолжительностью 18 и более часов (при максимуме 3 суток) отмечены лишь в 1 % случаев. Зимой, при усиленной штормовой активности, короткими (6 часов и менее) были только 50 % событий усиления ветра, а в 40 % случаев τ_{15} составила от 6 до 12 ч. Аномалии τ_{15} обеспеченностью 5, 3 и 1 % составили 3, 4 и 6 суток, а самое продолжительное усиление ветра $V \geq 15$ м/с составило 12 суток. При этом на всех высоких уровнях значения X_p ($p \geq 0,75$) непрерывной продолжительности τ_{15} как в летний, так и зимний сезоны 1978–2010 гг. уменьшилась по сравнению с 1936–1977 гг. Так значения τ_{15} 1 %-ной обеспеченности составили на последнем и на первом временных отрезках летом 12 и 24 ч, зимой 54 и 72 ч.

В целом, согласно табл. 8, число штормов, зафиксированных в ГМО Тикси, невелико. За 75 лет количество наблюдений, выполненных при $V \geq 30$ м/с, составило: с декабря по февраль 14, 17, 12 (всего 43, что соответствует повторяемости менее 0,15 %); в октябре, ноябре, марте и апреле от 1 до 5 сроков; с мая по сентябрь такие события не регистрировались. Поэтому можно ограничиться самыми простыми характеристиками продолжительности штормов. Всего за 75 лет с 1936 по 2010 г. зафиксировано 57 штормов. Их продолжительность τ_{30} в 38 случаях не превышала 6 ч (1 срок) $\tau_{30} \leq 6$, еще в 19 случаях она составила $6 < \tau_{30} \leq 12$ ч и лишь 1 раз достигла 18 ч. Все 19 событий с $\tau_{30} > 6$ ч отмечались в период с ноября по февраль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среди элементов комплекса метеорологических факторов, влияющих на условия жизнедеятельности в Северной Якутии, особенно важно учитывать суровость зимы. Именно здесь (Верхоянск и Оймякон) расположен полюс холода Северного полуша-

рия, а максимально возможная годовая амплитуда температуры воздуха достигает 100 °С. На побережье и островах свой вклад вносит еще и сильный ветер.

Отопительный сезон (ОС) в Северной Якутии имеет большую продолжительность. На побережье Северного Ледовитого океана и на островах в течение многих лет вообще не было оснований для летнего перерыва в отопительном сезоне. На остальной территории медиана продолжительности ОС составляла в 1978–2010 гг. от 275 до 338 суток. Даже на самой южной ГМС (Верхоянск) максимально короткий ОС составил 240 суток. При этом на ГМС, расположенных южнее 72° с.ш., в исследованный период отмечается отрицательный тренд продолжительности ОС, достигающей на юго-востоке рассматриваемой области 7–8 суток за 10 лет.

Основным фактором влияния погоды на человеческий организм является тепловое состояние тела, определяемое биоклиматическими индексами. По температурно-ветровому индексу Бодмана S регион Северной Якутии может быть разделен на исключительно суровую морскую и несколько менее суровую континентальную области. Самые суровые условия отмечены в Тикси, районе, где зимой наблюдаются наиболее сильные ветры. Выявлено, что, несмотря на то, что Верхоянск является полюсом холода Северного полушария, здесь по индексу S условия наименее суровые вследствие преимущественно слабого ветра и частых штилей. Распределение S по грациям суровости в Верхоянске одномодальное, мода приходится на умеренно суровые и суровые зимы. В Тикси распределение бимодальное, первая мода (умеренно суровая и суровая зима) формируется низкой температурой при слабом ветре, вторая мода (крайне суровая зима) формируется при усилении ветра. В континентальной области в 1978–2010 гг. существовала тенденция, хотя и слабая и статистически незначимая, к ослаблению суровости зимы.

Самые сильные ветры наблюдались в Тикси. Здесь в течение всего года преобладающими направлениями сильных и штормовых ветров являются западное и юго-западное. Максимальная скорость ветра по данным с 1936 по 2010 г. составила в октябре–марте 38–42 м/с, в мае–сентябре 24–28 м/с. Всего за 75 лет с октября по апрель отмечено 57 штормов с $V \geq 30$ м/с. Характерная продолжительность штормов — не более 6 ч, при максимуме 18 ч. Повторяемость сильного ветра с $V \geq 15$ м/с составила в холодный сезон около 10 %, а с мая по сентябрь — 1 % и менее. Непрерывная продолжительность таких усиления ветра в 90 % случаях составила от 6 ч до 2 суток при максимуме 12 суток. В 1978–2010 гг. по сравнению с 1936–1977 гг. произошло небольшое уменьшение максимальной скорости ветра, повторяемости и непрерывной продолжительности штормов и опасных усиления ветра.

Работа выполнена в рамках темы ЦНТП Росгидромета 1.7.3. Авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам Якутского Управления гидрометеослужбы и отдела взаимодействия атмосферы и океана ААНИИ, создавшим электронные архивы данных метеонаблюдений, выполненных на ГМС Северной Якутии и ГМО Тикси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Архив метео и аэрологических данных ГМО Тикси. URL: http://www/aari.ru/архивные_данные/ [дата обращения 01.03.2014]

Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: ВЦ АН СССР, 1968. 474 с.
Дрейнер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. Т. 1. М.: Финансы и статистика, 1986. 366 с.

Иванов Н.Е., Макитас А.П. Многолетняя изменчивость характеристик климата Северной Якутии // Проблемы Арктики и Антарктики, 2012. № 4 (94). С. 5–23.

Иванов Н.Е., Макитас А.П., Шутилин С.В. Многолетняя изменчивость характеристик климата в районе гидрометеорологической обсерватории Тикси. Часть 2 – годовой ход // Проблемы Арктики и Антарктики. 2009. № 3 (83). С. 97–113.

Иванов Н.Е., Макитас А.П., Шутилин С.В., Гунн Р. М. Многолетняя изменчивость характеристик климата района гидрометеорологической обсерватории Тикси // Проблемы Арктики и Антарктики. 2009. № 1 (81). С. 24–41.

Кобышева Н.В., Клюева М.В., Александрова А.А., Булыгина О.Н. Климатические характеристики отопительного периода в субъектах Российской Федерации в настоящем и будущем // Метеорология и гидрология. 2008. № 8. С. 46–53.

Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. Климатическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 215 с.

Кошинский С.Д. Режимные характеристики сильных ветров на морях СССР. Ч. 3. Северный Ледовитый океан. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 495 с.

Макитас А.П., Большакова И.И., Гунн Р.М., Жукова О.Л., Иванов Н.Е., Шутилин С.В. Климат района Гидрометеорологической обсерватории Тикси // Сер. Вклад России в Международный полярный год 2007/08. Метеорологические и геофизические исследования. М.; СПб.: Изд. ООО «Паульсен», 2011. С. 49–74.

Руководство по специализированному климатологическому обеспечению экономики / Под ред. Н.В. Кобышевой. СПб.: ГГО, 2008. 334 с.

Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / Под ред. Н.В. Кобышевой, К.Ш. Хайрулина. СПб.: Гидрометеиздат, 2005. 399 с.