

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПРОГНОЗ ТЕПЛЫХ И ХОЛОДНЫХ ЗИМНИХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

В.П. Садоков, В.Ф. Козельцева, Н.Н. Кузнецова

Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации
vsadokov@mecom.ru

В работах [3, 4] подробно изложены климатические особенности теплых и холодных зимних условий погоды на территории Беларуси. Для исследований привлекался параметр Wi , который рассчитывается по формуле:

$$Wi = \frac{\Delta T}{\sigma_T} + \frac{\Delta R}{\sigma_R},$$

где ΔT и ΔR – аномалии среднемесячной температуры воздуха и суммы осадков, σ_T и σ_R – средние квадратические отклонения ΔT и ΔR от нормы.

Экстремальные положительные значения $Wi \geq 2,0$ характеризуют теплые и влажные зимние погодные условия, а экстремальные отрицательные $Wi \leq -2,0$ – холодные и малоснежные. Эта характеристика удобна для индексации характера погоды в холодный период года. Такие погодные условия в природе встречаются довольно редко, поэтому, с целью увеличения числа случаев, в данной работе взят еще и диапазон значений $Wi \geq 1,5$ и $Wi \leq -1,5$.

В нашу задачу входило изучение закономерностей поведения экстремальных значений Wi на территории Беларуси [3, 4, 5] для разработки вероятностных долгосрочных прогнозов зимних условий погоды. Этот вид прогноза хорошо себя зарекомендовал при прогнозировании засух и избыточного увлажнения в летний период [1, 2]. В методе реализована гипотеза, предложенная в 1983 году Д.А. Педем [1, 2], о возрастании вероятности наступления определенных условий погоды в зависимости от длительности их отсутствия. Так, если после теплой зимы $Wi \geq 1,5$ она не наблюдалась последние 10 лет, то вероятность наступления на следующий год после десятилетнего перерыва составляет всего 10 %, через год – 20 %, через три года – 30 %, а через 10 лет – 100 %. Преимущество метода состоит в объективности, большой заблаговременности (около 9 месяцев) и возможности использования фактических данных о продолжительности и отсутствии рассматриваемых условий погоды.

Для выполнения работы использовалась существующая база параметра Wi , которая была пополнена данными до февраля 2010 года по шести станциям Беларуси: Витебск, Минск, Гродно, Могилев, Брест, Гомель. Изучение зимних погодных условий проводилось для периодов лет: декабрь 1949–2003 гг., январь и февраль 1950–2004 гг. Составление вероятностных прогнозов и их оценка производились на независимом материале за декабрь 2004–2009 гг., а за январь–февраль – 2005–2010 гг.

При составлении вероятностных прогнозов предварительно необходимо выбрать пороговое значение Wi , поэтому уточнялись абсолютные максимумы, минимумы Wi и их распределения по градациям: $Wi \geq 2,0$ и $Wi \geq 1,5$ для теплых и $Wi \leq -2,0$ и $Wi \leq -1,5$ для холодных зимних погодных условий по территории Беларуси.

На рис. 1 представлено распределение абсолютных максимумов Wi и годы, когда они наблюдались.

В декабре (рис. 1а) абсолютные максимумы параметра Wi отмечались в западных районах республики: в Минске – 4,7 (1974 г.); Гродно – 4,0 (1974 г.); Бресте – 4,3 (1982 г.). На востоке региона они составили менее 4,0: в Витебске – 2,9 (1984, 1995 гг.); Гомеле – 2,8 (1960, 1965 гг.); Могилеве – 3,6 (1960 г.).

Как видно из рис. 1б (январь), индекс Wi оказался в Бресте 7,5 (2009 г.) и Витебске – 6,7 (2006 г.). В других пунктах значения параметра Wi колебались от 3,9 до 4,4. Заметим, что на трех станциях (Минск, Гомель, Могилев) они относятся к 2004 г., а в Гродно – к 2007 г.

Перейдем к февралю (рис. 1в). Распределение значений параметра Wi схоже с декабрьским. На западе величина Wi была более 4,0 (Брест 4,5 и Гродно 5,1 в 2002 г.; Минск 4,9 в 2004 г.), а на востоке – менее 4,0 (Витебск 3,4 в 1997 г.; Могилев 3,8 и Гомель – по 3,2 в 1995 г.).

Территория с абсолютными минимальными значениями индекса Wi и годы, когда они наблюдались, представлены на рис. 2. Самые низкие значения параметра Wi в декабре 2002 г. (рис. 2а) отмечены на следующих станциях: Брест –3,5; Гродно –3,6; Гомель –3,9; Минск – 4,1; Могилев –4,2. В Витебске $Wi = -3,8$ в 1980 г.

Значения параметра Wi к январю и февралю становятся выше по мере приближения к весне. Абсолютные минимумы января (рис. 2б) в Витебске –3,2 (1952, 1974 гг.), на четырех станциях в 1963 году: Брест –2,3, Гродно –2,4, Минск и Гомель по –2,5. В Могилеве величина Wi составила –2,5 в 1972 г.

В феврале абсолютные минимумы индекса Wi (рис. 2в) были: Брест –1,9 (1954, 1976, 1986 гг.); Гродно –2,4 (1980); Витебск –2,6 (1958 г.); Минск –2,9 (1954 г.); Могилев –3,0 (1985 г.); Гомель –3,1 (1976 г.).

С целью определения значимого критерия параметра Wi для теплых и холодных зимних погодных условий составлены табл. 1 и 2 соответственно, где показаны фактические значения и число лет индекса Wi для каждой станции и месяца в отдельности по градациям.

Рассмотрим данные табл. 1, относящиеся к декабрю. В этом месяце значения $Wi \geq 2,0$ колебались от 2 (Могилев) до 12 лет (Брест). Градация $Wi \geq 1,5$ отмечена в пределах от 5 до 18 лет, соответственно, Могилев и Брест

В январе минимальное число лет с величиной $Wi \geq 2,0$ составило 3 года в Гомеле, а максимальное – 18 лет в Витебске. Здесь, как и в декабре, значения $Wi \geq 1,5$ отмечались 10 и 24 года соответственно на тех же станциях.

В феврале так же, как и в январе, минимальное и максимальное число лет Wi обеих градаций было на станциях Витебск (10–22) и Брест (15–32).

В холодные зимы (табл. 2) число лет с критическими значениями параметра Wi ($Wi \leq -2,0$ и $Wi \leq -1,5$), по сравнению с теплыми погодными условиями, уменьшается.

Декабрьские значения $Wi \leq -2,0$ составляли от 5 лет в Бресте до 11 лет в Могилеве, а $Wi \leq -1,5$ были от 7 до 15 лет соответственно.

В январе интервалы $Wi \leq -2,0$ и $Wi \leq -1,5$ (в этих же пунктах) в первом случае составили 1 и 6 лет, во втором – 2 и 9 лет.

В феврале значения $Wi \leq -2,0$ колебались – от 2 лет (Минск) до 5 лет (Гомель). Минимальное число лет со значениями $Wi \leq -1,5$ отмечено в Бресте (3 года), максимальное – в Витебске и Могилеве (6 лет).

Таким образом, мы пришли к выводу, что наиболее значимым для вероятностных прогнозов является параметр $Wi \geq 1,5$ и $Wi \leq -1,5$.

На основании представленных выше исследований составлялись вероятностные прогнозы зимних погодных условий по шести станциям Беларуси (на независимом материале за декабрь 2004–2009 гг. и январь–февраль 2005–2010 гг.).

В табл. 3 дана оценка вероятностных прогнозов теплых погодных условий ($Wi \geq 1,5$). Все пять декабрьских прогнозов в Гомеле не оправдались. В январе и феврале оправдались по четыре прогноза, исключение – 2007 г. В Минске и Витебске успешными были по 5 прогнозов в январе и по 4 в декабре и феврале. В Гродно оправдались 5 январских прогнозов, 2 декабрьских и 1 февральский. Прогнозы для января и февраля имели хорошую оценку в Бресте (5 лет) и Могилеве (4 года). Прогноз декабря оказался для указанных станций неудовлетворительным – 3 и 2 года, соответственно. Из таблицы видно, что по 6 исследуемым пунктам декабрь оправдался только в 15 случаях из 35, январь – в 25 и февраль – в 22 случаях.

Таблица 3

**Оценка вероятностных прогнозов теплых условий погоды зимой $Wi \geq 1,5$
по шести станциям на территории Беларуси (независимый ряд лет)**

Станция	Гомель			Минск			Витебск			Гродно			Брест			Могилев		
	ХII	I	II	ХII	I	II	ХII	I	II	ХII	I	II	ХII	I	II	ХII	I	II
2004–2005	–	+	+	–	+	+	+	+	+	+	+	+	–	+	+	+	+	+
2005–2006	–	+	+	+	+	–	–	+	+	+	+	–	+	+	+	+	+	+
2006–2007	–	–	–	+	–	–	+	+	+	–	–	–	+	–	+	–	–	–
2007–2008	–	+	+	+	+	+	+	+	–	–	+	–	+	+	+	–	+	+
2008–2009	–	+	+	+	+	+	–	–	–	–	+	–	–	+	+	–	+	+
2009–2010	X	X	X	–	+	+	+	+	+	–	+	–	–	+	–	–	–	–
Всего оправдалось	0	4	4	4	5	4	4	5	4	2	5	1	3	5	5	2	4	4
Всего не оправдалось	5	1	1	2	1	2	2	1	2	4	1	5	3	1	1	4	2	2

Примечание: + – прогноз оправдался,
– – прогноз не оправдался;
X – отсутствуют фактические данные.

За весь зимний период (декабрь–февраль) по всем станциям оправдалось 62 прогноза из 105, что составило 58 % (табл. 4). Неудачным оказался декабрь (42 %). При исключении декабря оправдываемость вероятностного прогноза января и февраля увеличивается до 66 %.

Таблица 4

**Средняя оценка (%) вероятностных прогнозов теплых зимних условий погоды ($Wi \geq 1,5$)
по шести станциям на территории Беларуси (независимый ряд лет)**

Месяц	декабрь	январь	февраль	декабрь–февраль	январь–февраль
Годы					
2004–2005	50	100	100	83	100
2005–2006	67	100	67	78	83
2006–2007	50	17	33	33	25
2007–2008	50	100	67	72	83
2008–2009	17	83	67	56	75
2009–2010	20	20	40	27	30
Средняя	42	70	62	58	66

Вероятностные прогнозы, составленные для холодных зимних погодных условий ($Wi \leq -1,5$), показали низкую оправдываемость. Это связано с длительностью отсутствия значений $Wi \leq -1,5$ (20 лет и более). Так, в Гомеле период отсутствия оказался 38 лет (январь 1973–2010 год), поэтому в настоящее время рекомендуем составление вероятностных прогнозов только для теплого периода года.

В качестве примера рассмотрим порядок составления вероятностного прогноза на февраль 2008 г. по станции Витебск.

Прежде всего при составлении вероятностного прогноза устанавливается число лет отсутствия величины $Wi \geq 1,5$ после последнего теплого года перед 2008 г. В данном периоде это был 2006 г., когда $Wi = +2,5$. В 2007 г. наблюдалось $Wi = -0,5$.

Для составления вероятностного прогноза $Wi \geq 1,5$ (%) необходимо иметь рабочие таблицы по каждой станции в отдельности, по которым определяется число случаев (по группам), когда $Wi \geq 1,5$ не наблюдалось. Явление, которое отсутствовало один год, включается в первую группу, два года – во вторую группу, три – в третью и т.д. Здесь следует указать, что случаи, когда $Wi \geq 1,5$ (явление было), также включаются в эти группы, но каждый случай в отдельности после предшествующих случаев отсутствия.

В Витебске в 1993 г. $Wi = 0,4$. Явление отсутствовало 1 год. В 1994 г. – $Wi = 2,2$, в 1995 г. – $Wi = 1,5$. Явление наблюдалось два года подряд. Тогда 1993 год включаем в первую группу, 1994 – во вторую группу, 1995 – в третью.

Другой случай: 1996 г. – $Wi = 0,1$, 1997 г. – $Wi = 1,3$, 1998 г. – $Wi = -0,8$ (явление отсутствовало три года подряд). За ними в 1999 г. $Wi = 1,7$, в 2000 г. – $Wi = 2,2$, 2001 г. – $Wi = 3,1$ (явление наблюдалось три года подряд). Распределение по группам будет следующим. Первые три года ($Wi < 1,5$), объединяются вместе и включаются в третью группу, следующий 1999 год – в четвертую, 2000 г. – в пятую, 2001 – в шестую.

После распределения всех случаев по группам, определяется сумма (Σ) случаев в каждой группе за весь период. Затем последовательно находится общая сумма случаев от первой группы до последней. Так, если в первой группе отмечался 1 случай, а во второй – 2, сумма плюс ($\Sigma+$) второй группы будет равняться трем случаям. В третью группу входило четыре случая. Общая $\Sigma+$ (первая–третья группы) составит 7 и т.д. Имея суммы по группам, переходим к вычислению вероятностей для каждой группы в отдельности, которые последовательно повышаются (100 % в последней группе).

При составлении вероятностного прогноза $Wi \geq 1,5$ для станции Витебск на февраль 2008 г. устанавливается число лет отсутствия величины $Wi \geq 1,5$ после последнего теплого года перед 2008 г. В данном периоде это был 2006 г., когда $Wi = +2,5$. В 2007 г. наблюдалось

$Wi = -0,5$, который является первым годом отсутствия явления после 2006 г., когда наблюдались теплые условия погоды. Поэтому прогнозируемый 2008 г. в Витебске будет вторым. Вычисленная вероятность появления $Wi \geq 1,5$ для этого случая составляет 52 %. Фактически $Wi = -1,2$. Поэтому прогноз считается неоправдавшимся. Поясняем, что используя условную вероятность 40 % [1, 2], прогноз считается оправдавшимся, если фактически наблюдались значения $Wi \geq 1,5$. При прогнозируемой вероятности менее 40 % прогноз также считается оправдавшимся, если $Wi < 1,5$. В противных случаях прогнозы считаются неоправдавшимися.

На рис. 3 представлен вероятностный прогноз $Wi \geq 1,5$ по территории Беларуси на февраль 2008 г. (рис. 3а), а так же фактические значения параметра Wi и оценка прогнозов по станциям (рис. 3б). Из рисунка видно, что прогноз оправдался на четырех станциях из шести, что составляет 67 %. Не оправдались прогнозы в Витебске ($Wi = -1,2$) и Гродно ($Wi = -0,4$), где ожидалось теплые условия погоды с вероятностью 52 % и 78 % соответственно (более 40 %).

Настоящие исследования показали возможность использования вероятностных прогнозов, составленных с учетом индекса Wi , в качестве вспомогательных для теплых зимних условий погоды. В дальнейшем базу данных следует обновлять ежегодно и ежемесячно, с целью использования в практической работе при составлении прогнозов для теплых и холодных зимних погодных условий.

Список использованных источников

1. Козельцева В.Ф., Педь Д.А. Вероятность атмосферных засух на Европейской территории СССР, в Западной Сибири и Северном Казахстане // Труды Гидрометцентра СССР. – 1983. – Вып. 250. – С. 3–14.
2. Козельцева В.Ф., Педь Д.А. Вероятность избыточного увлажнения на Европейской территории СССР, в Западной Сибири и Северном Казахстане // Труды Гидрометцентра СССР. – 1984. – Вып. 254. – С. 17–29.
3. Садоков В.П., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н. Зимние погодные условия Беларуси с учетом индекса Wi // Труды Гидрометцентра России. – 2009. – Вып. 343. – С. 120–126.
4. Садоков В.П., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н. Повторяемость зимой теплых и холодных погодных условий два года подряд и более и продолжительность их отсутствия по станциям Беларуси // Труды Гидрометцентра России. – 2009. – Вып. 343. – С. 127–140.
5. Садоков В.П., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н. Пространственно-временные изменения индекса Wi , характеризующего зимние погодные условия в основных сельскохозяйственных районах России и Беларуси // Труды Гидрометцентра России. – 2010. – Вып. 344. – С. 252–264.

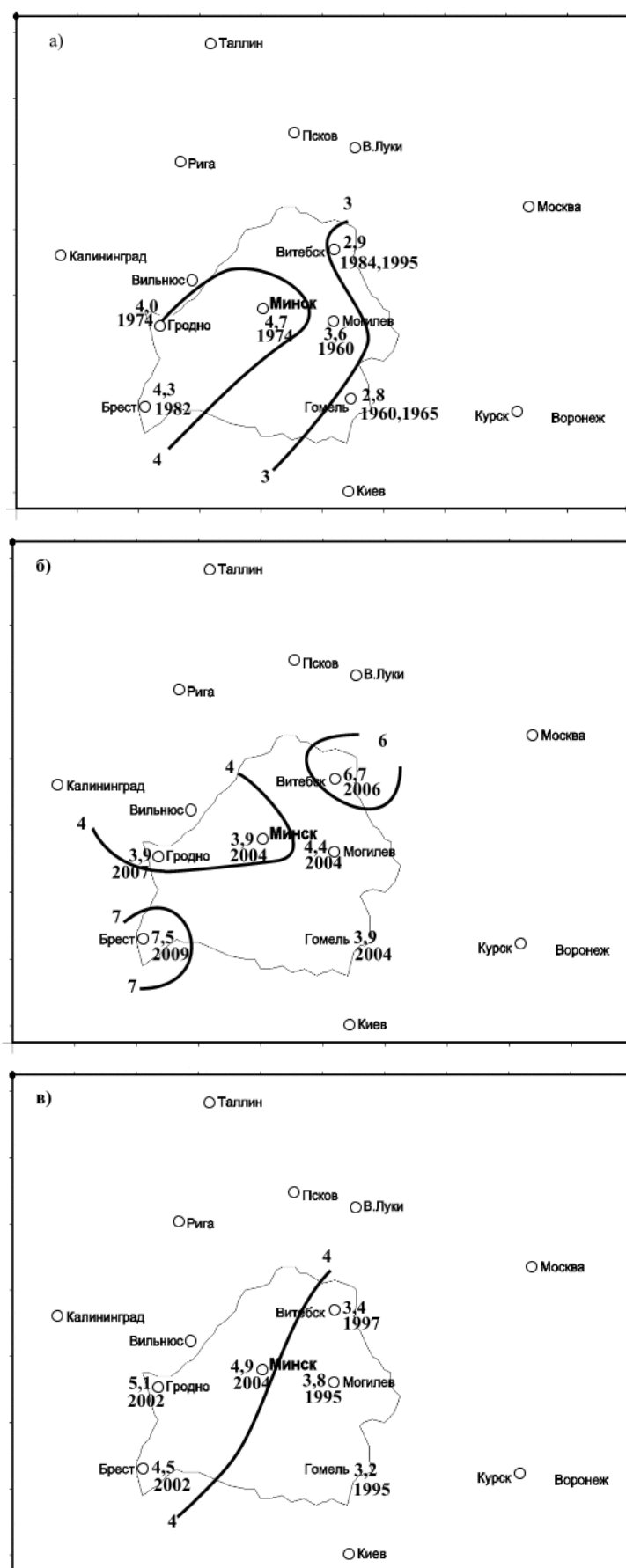


Рис. 1. Распределение максимальных значений W_i и годы, когда они наблюдались за период 1949–2010 гг.: а) декабрь; б) январь; в) февраль.

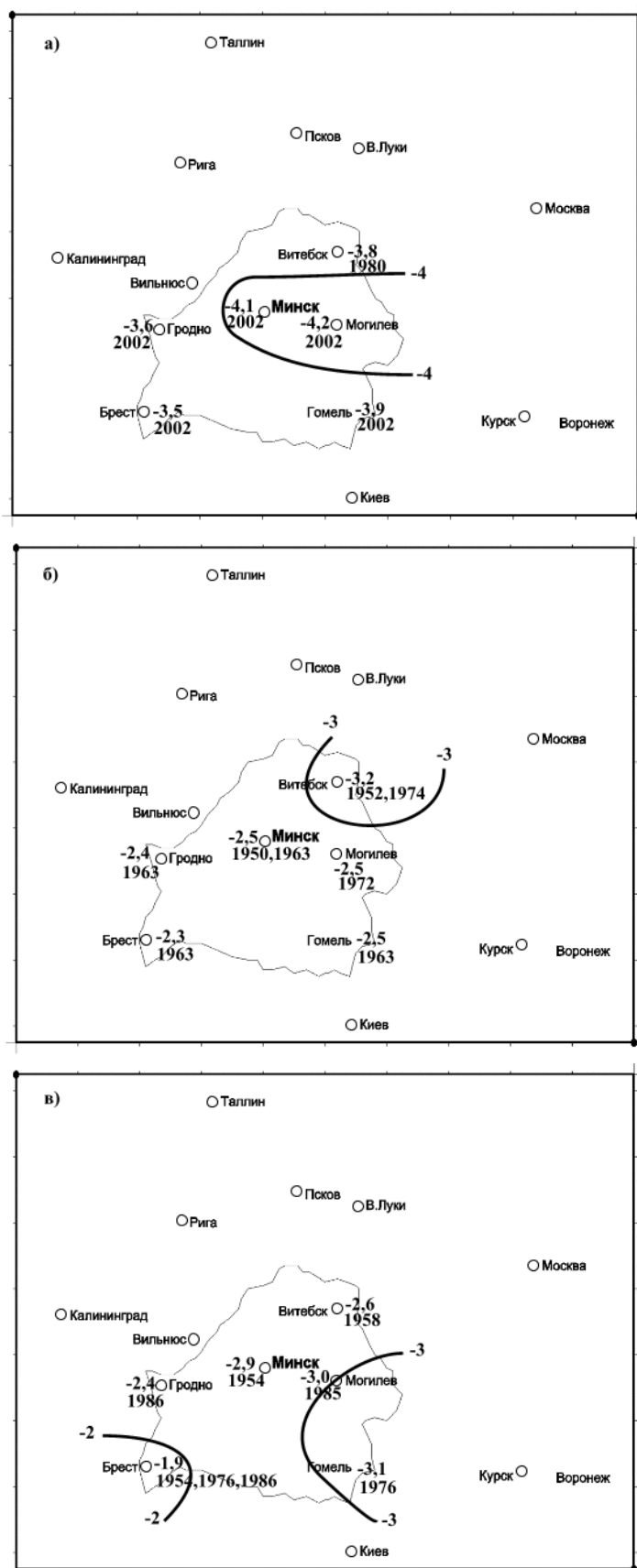


Рис. 2. Распределение минимальных значений W_i и годы, когда они наблюдались за период 1949–2010 гг.: а) декабрь; б) январь; в) февраль.

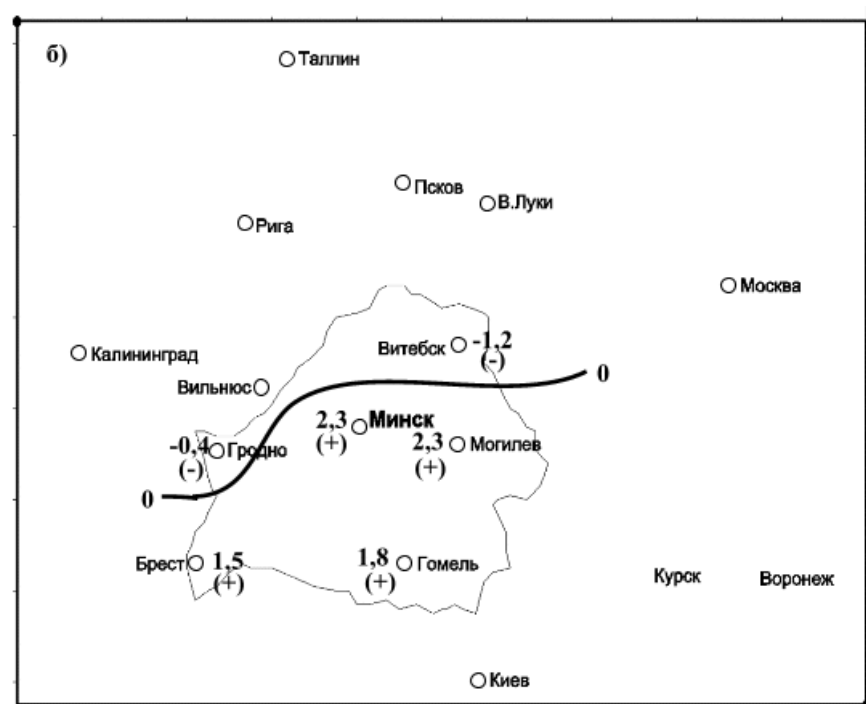
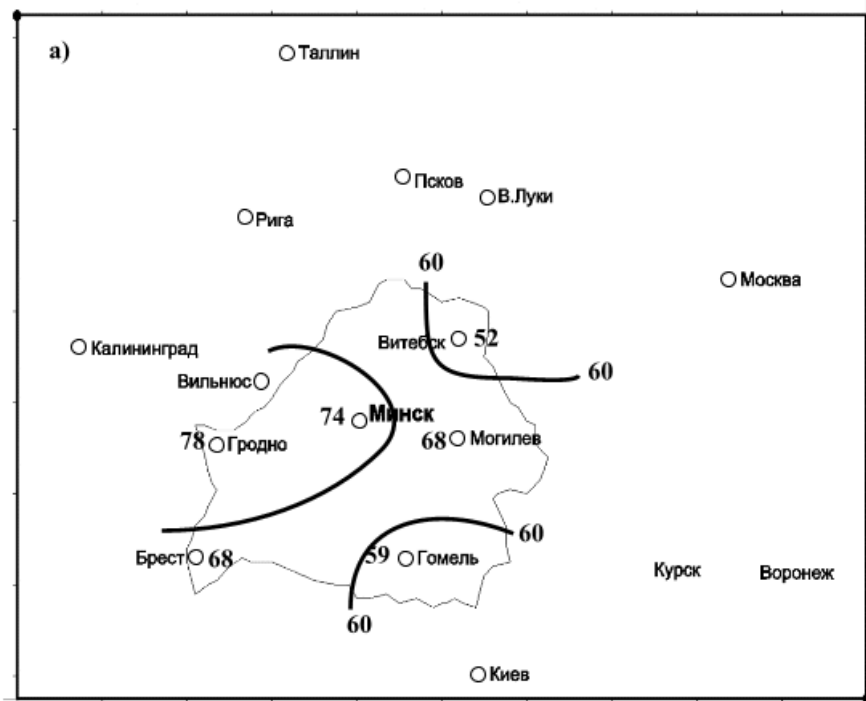


Рис. 3. Вероятностный прогноз значений параметра $Wi \geq 1,5$ (а) и фактические значения параметра Wi с оценкой прогноза (б) на февраль 2008 г.

Таблица 1

**Фактические значения параметра Wi и число лет теплых зимних условий погоды по градациям
для шести станций на территории Беларуси**

Станция	Гомель		Минск		Витебск		Гродно		Брест		Могилев	
	$\geq 2,0$	$\geq 1,5$	$\geq 2,0$	$\geq 1,5$	$\geq 2,0$	$\geq 1,5$	$\geq 2,0$	$\geq 1,5$	$\geq 2,0$	$\geq 1,5$	$\geq 2,0$	$\geq 1,5$
<i>ДЕКАБРЬ (1949-2003 гг.)</i>												
Wi	2,0–2,8	1,7–2,8	2,2–4,7	1,5–4,7	2,2–2,9	1,5–2,9	2,1–4,0	1,6–4,0	2,0–4,3	1,5–4,3	3,3–3,6	1,5–3,6
Число лет	7	8	6	12	7	10	7	10	12	18	2	5
<i>ЯНВАРЬ (1949-2004 гг.)</i>												
Wi	2,1–3,9	1,5–3,9	2,0–3,9	1,5–3,9	2,0–6,7	1,5–6,7	2,1–3,9	1,7–3,9	2,0–7,5	1,5–7,5	2,0–4,4	1,5–4,4
Число лет	3	10	15	19	18	24	11	19	12	18	8	15
<i>ФЕВРАЛЬ (1949-2004 гг.)</i>												
Wi	2,1–3,2	1,6–3,2	2,3–4,9	1,6–4,9	2,0–3,4	1,5–3,4	2,1–5,1	1,6–5,1	2,0–4,5	1,5–4,5	2,0–3,8	1,5–3,8
Число лет	12	19	13	18	10	15	14	21	22	32	11	20

Таблица 2

**Фактические значения параметра Wi и число лет холодных зимних условий погоды по градациям
для шести станций на территории Беларуси**

Станция	Гомель		Минск		Витебск		Гродно		Брест		Могилев	
	$\leq -2,0$	$\leq -1,5$	$\leq -2,0$	$\leq -1,5$	$\leq -2,0$	$\leq -1,5$	$\leq -2,0$	$\leq -1,5$	$\leq -2,0$	$\leq -1,5$	$\leq -2,0$	$\leq -1,5$
ДЕКАБРЬ (1949-2003 гг.)												
Wi	-2,1-3,9	-1,6-3,9	-2,1-4,1	-1,5-4,1	-2,6-3,8	-1,5-3,9	-2,2-3,6	-1,5-3,6	-2,0-3,5	-1,5-3,5	-2,0-4,2	-1,5-4,2
Число лет	10	15	7	9	11	13	8	9	5	7	11	15
ЯНВАРЬ (1949-2004 гг.)												
Wi	-2,0-2,5	-	-2,4-2,5	-1,6-2,5	-2,0-3,2	-1,5-3,2	-2,2-2,4	-1,5-2,4	-2,3	-1,5-2,3	-2,0-2,5	-1,6-2,5
Число лет	5	-	3	6	5	15	2	5	1	2	6	9
ФЕВРАЛЬ (1949-2004 гг.)												
Wi	-2,2-3,1	-	-2,5-2,9	-1,6-2,9	-2,3-2,6	-1,5-2,6	-2,3-2,4	-1,9-2,4	-	-1,9	-2,1-3,0	-1,7-3,0
Число лет	5	-	2	5	4	6	3	4	-	3	4	6