

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗА ИНДЕКСА Wi , ХАРАКТЕРИЗУЮЩЕГО ЗИМНИЕ ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ

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

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации
nkuznetsova@mecom.ru*

Введение

Предлагаемая работа является предварительным этапом в создании прогностической технологии, в процессе которой сделаны попытки установить физические факторы, наиболее эффективно способствующие формированию экстремальных погодных условий в зимнее время года, характеризующихся температурно-влажностным параметром Wi .

Индекс Wi может прогнозироваться различными способами. Традиционный метод прогноза Wi базируется на использовании прогностических значений месячных аномалий температуры воздуха и осадков [2]. Параметр Wi вычисляется по формуле:

$$Wi = \frac{\Delta T}{\sigma_T} + \frac{\Delta R}{\sigma_R}, \quad (1)$$

где ΔT и ΔR – среднемесячные аномалии температуры воздуха и осадков; σ_T и σ_R – средние квадратические отклонения среднемесячных аномалий ΔT и ΔR .

Этим способом прогноз индекса Wi дается отделом долгосрочных прогнозов погоды (ОДПП) Гидрометцентра России

в течение длительного времени, и оценки этих прогнозов вполне удовлетворительны.

Экстремальные положительные значения $Wi \geq 2,0$ характеризуют теплые и влажные погодные условия, а экстремальные отрицательные $Wi \leq -2,0$ указывают на холодные и малоснежные месяцы. Такие экстремальные значения в природе встречаются довольно редко. С целью увеличения числа случаев для исследований брался диапазон значений $Wi \geq 1,5$ и $Wi \leq -1,5$. Знание закономерностей распространения по территории и чередования во времени характера погоды в зимний период года [5] имеет большое значение для различных отраслей экономики и прежде всего для сельского хозяйства при планировании его деятельности.

Для достижения этой цели ранее нами были проанализированы повторяемости экстремальных событий и их отсутствия [6]. Был сделан вывод о том, что экстремальные события встречаются значительно реже событий, близких к нормальным. Это создает определенные трудности в прогнозируемости температурно-влажностных условий погоды зимой.

Следует заметить, что некоторые характеристики рассматриваемых экстремумов определенным образом зависят от трендов температуры воздуха и осадков, по которым вычисляется параметр Wi . Замечено, что повторяемость экстремумов и их отсутствия имеют определенную связь с потеплением климата.

Стремясь получить лучшие результаты по оценкам, нами были рассмотрены различные статистические модели прогноза индекса Wi .

На первом этапе нами был создан метод прогноза параметра Wi по одномерной линейной регрессионной модели с использованием в качестве предиктора данных по H500 гПа:

$$Wi = f(\Delta H500), \quad (2)$$

где $f(x) = ax + b$, a и b – коэффициенты регрессии.

В качестве предиктора берутся значения геопотенциала поверхности Н500 гПа, спрогнозированного на месячный период по любой гидродинамической модели. В данной работе использовались фактические «прогностические» значения Н500 гПа. Поскольку база данных, содержащая Wi , построена по 90 станциям СНГ стандартного каталога, используемого в ОДПП, то значения Н500 гПа также были интерполированы из градусной сетки на вышеуказанные 90 станций.

В качестве предиктора в регрессионной модели применены данные реанализа Японского метеорологического агентства за 1995–2006 гг. Переинтерполированные на 90 станций значения Н500 гПа сформированы в отдельные файлы $H5mJ.mm$, где mm – номер месяца (01÷12), а данные Н500 гПа этого месяца расположены в файле по годам с 1995 по 2006 год.

При такой структуре данных, формируя выборки для предиктанта (Wi) месяца за тот же период, что и предиктор (Н500 гПа), получаем синхронную регрессию. Прогноз Wi на следующий год для данного месяца можно дать, если имеется прогноз Н500 гПа для этого месяца на следующий год. Тогда это будет реальный прогноз, который можно составить в начале прогностического месяца для Н500 гПа.

В данной работе был использован вариант, когда вместо прогноза Н500 гПа использовались фактические данные (идеальный прогноз). Теоретически эти результаты характеризуют потенциальные возможности такого регрессионного прогноза. Ниже приведены оценки идеального прогноза за период 1995–2006 гг. для декабря, января и февраля месяцев (табл. 1). Если сравнить эти результаты с оценками традиционного метода прогноза Wi , рассчитываемого с учетом аномалии температуры воздуха и осадков, то за этот же период средние оценки последнего по ρ таковы: для января $\rho=+0,056$, февраля $\rho=+0,142$ и декабря $\rho=+0,16$.

Таким образом, данный способ прогноза параметра Wi показал несколько лучший результат по сравнению с традиционным методом прогноза.

Таблица 1

Оправдываемость прогнозов параметра Wi (по ρ) зимнего периода с 1995 по 2006 г. (12 прогнозов)

Оценки прогнозов	Январь	Февраль	Декабрь	Среднее за три месяца
Среднее ρ	+0,068	+0,20	+0,194	+0,154
Max ρ	+0,346 (2002 г.)	+0,82 (2005 г.)	+0,55 (1997 г.)	
Min ρ	+0,26 (1996 г.)	-0,17 (2003 г.)	-0,26 (2006 г.)	
Число положительных ρ	9	8	9	

Еще один метод прогноза индекса Wi был создан, основываясь на использовании месячного прогноза аномалий температуры воздуха и сумм осадков, рассчитываемого новой методикой – методикой подбора временных аналогичных процессов (ВАП). Подробно данная методика прогноза средней месячной аномалии температуры воздуха на три месяца скользящего сезона описана в работах В.П. Садокова [3, 4]. При формировании исходного реперного процесса помимо аномалий температуры на 90-дневном интервале включалась прогностическая декадная аномалия температуры воздуха, выпускаемая отделом среднесрочных прогнозов Гидрометцентра России [1]. Процедура поиска аналогичных процессов имеет подобие с гидродинамическими моделями.

Аналогичные процессы (АП) находятся по данным аномалий температуры воздуха (АТ) за прошлые года для каждой станции. Отобранные АП включают дату начала, ежедневные за три месяца значения АТ и осадков.

В дальнейшем из общего объема файла АП отбираем n аналогов (n задается оператором). По датам этих n АП из базы фактических средних месячных данных TRC читаем значение прогнозируемой месячной суммы осадков. Прогнозируемый месяц задается параметром lim в меню программы.

Для прогноза индекса W_i нам нужны прогнозы аномалии температуры воздуха и осадков только на первый месяц сезона. Процедура расчета прогноза количества осадков на первый месяц сезона состоит из отбора для каждой станции из файла АП n значений месячных сумм осадков (RR), соответствующих первому прогнозируемому месяцу. Специальная программа рассчитывает отношение суммы осадков к норме осадков (NR) и определяет его градацию по следующим параметрам:

- если $R/NR < 0,8$ – градация меньше нормы;
- если $R/NR > 1,2$ – градация больше нормы;
- если $0,8 < R/NR < 1,2$ – градация нормы.

Специальный счетчик отмечает принадлежность к каждой градации. Таким образом просматриваются все n значений R для первого месяца сезона. В качестве прогностического значения принимается та градация, для которой число случаев максимально, а величина вычисляется как среднее значение из числа случаев данной градации. Мы рассмотрели процедуру определения R на первый месяц сезона для первой станции. Далее переходим к расчету для всех последующих станций, по которым определены ВАП. Итоговое поле R первого месяца выдается на печать в виде карты и запоминается в числовой форме.

Выше описанная методика сезонного прогноза месячной суммы осадков была испытана с использованием информации за 2007–2010 гг. Итоговые результаты для 48 сезонных прогнозов осадков приведены в табл. 2.

Таблица 2

Оценки для 48 сезонных прогнозов осадков за 2007–2010 гг.

Год	Значение P		
	max	min	среднее
2007	0,697	0,452	0,576
2008	0,619	0,569	0,555
2009	0,620	0,462	0,541
2010	0,731	0,412	0,599
Среднее за 4 года			0,568

Оценки проводились согласно наставлению по испытаниям [6]. Использовалась оценка P по всему полю осадков. Для каждой станции определялось P_i :

$P_i = 1,0$, если R_i и F_i в одной градации,

$P_i = 0,5$, если R_i и F_i в смежных градациях,

где i – номер станции; F_i – фактическая сумма осадков на станции i . Окончательно

$$P = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i, \quad (3)$$

где N – количество станций в данном прогнозе.

Оценки, приведенные в табл. 2, рассчитаны по всей территории СНГ (70 станций). Качество прогнозов осадков не велико. Это свойственно всем моделям (эмпирическим и гидродинамическим) при расчетах на большой срок. Главная причина этого в низком качестве эмпирических данных об осадках плюс пространственная и временная изменчивость рядов, не соответствующих нормальному распределению.

Аналогичная оценка официальных месячных прогнозов осадков с нулевой заблаговременностью, которые рассчитываются по другой сетке данных (208 станций), равна в среднем за эти же 4 года 0,615. Сравнение результатов указывают, что приведенные в них оценки достаточно близки между собой.

Авторские испытания прогнозов параметра Wi , вычисляемых с использованием выше описанной методики прогноза аномалий температуры воздуха и осадков с отбором ВАП (с нулевой заблаговременностью), проводились по данным 70 станций СНГ за 2007–2010 гг. Особо стоит заметить, что для индекса Wi из 70 станций, используемых для прогнозов, всеми необходимыми данными как для прогнозов, так и для их оценки оказались обеспечены только 60 станций по территории СНГ.

Результаты испытаний представлены в табл. 3. В данной таблице представлена оценка прогнозов Wi только по знаку (ρ). Другие оценки не рассчитывались. Сравнение оправдываемости

прогнозов, составленных по описанному выше методу, проводилось с традиционным способом прогноза Wi , оперативно рассчитываемым 1-го числа каждого месяца по 90 станциям СНГ. Как видно из табл. 3, оценки прогнозов Wi по представленному методу не дали улучшения по сравнению с традиционным. В связи с этим конечные результаты сравнения оценок могут быть не совсем объективными.

Таблица 3

Оценки прогнозов Wi (ρ) для всей территории СНГ за период 2007–2010 гг.

Оценки прогнозов	Wi (декабрь-февраль)	
	Новый метод (60 станций)	Традиционный метод (90 станций)
Среднее за 2007 г.	+0,22	+0,37
Среднее за 2008 г.	+0,12	+0,26
Среднее за 2009 г.	+0,17	+0,09
Среднее за 2010 г.	+0,02	-0,16
Среднее за 4 года	+0,13	+0,14
Мах за 4 года	+0,60	+0,68
Мин за 4 года	-0,23	-0,41

Исходя из вышеприведенных оценок испытаний метода прогноза индекса Wi , была сделана попытка изменить методику прогноза месячной суммы осадков:

- в архиве ищется поле аномалий температур подобное прогностическому полю для данного месяца сезона;
- подбор оценивается параметром $K(\Delta T, grad \Delta T)$, предельные K задаются;
- для n лучших полей-аналогов отбирается n полей осадков, их средние значения – прогноз.

Проведены испытания методики прогноза осадков с вариантами при $n = 3, 5, 10$. Наилучшие результаты получены для $n = 10$. Сравнивая результаты прогноза осадков по двум

вышеуказанным методикам, можно сказать, что внесенные изменения в технологию расчета прогноза сумм осадков улучшили оценки прогноза как по годам, так и в целом за четыре года. Средняя оценка за четыре года стала 0,593, а была – 0,568. Максимальная оценка равна 0,714, минимальная – 0,331.

В табл. 4 приведены окончательные результаты оценок прогнозов индекса Wi . Из таблицы видно, что доработанная методика прогноза осадков улучшила оценку в среднем как по годам, так и за четыре года в среднем.

Таблица 4

Оценки прогнозов Wi (ρ) по доработанной методике прогноза осадков для всей территории СНГ за период 2007-2010 гг.

Оценки прогнозов	Wi (декабрь-февраль)	
	Доработанный метод (60 станций)	Традиционный метод (90 станций)
Среднее за 2007г.	+0,38	+0,37
Среднее за 2008 г.	+0,36	+0,26
Среднее за 2009 г.	+0,24	+0,09
Среднее за 2010 г.	+0,22	-0,16
Среднее за 4 года	+0,30	+0,14
Мах за 4 года	+0,66	+0,68
Min за 4 года	+0,08	-0,41

Таким образом, подводя итог, можно заключить, что в процессе работы

- создан метод прогноза параметра Wi по одномерной линейной регрессионной модели с использованием в качестве предиктора данных H500 гПа;

- создан способ прогноза индекса Wi , основываясь на использование месячного прогноза аномалий температуры воздуха и сумм осадков, рассчитываемых методом подбора временных аналогичных процессов;

- предложенные выше методы прогноза температурно-влажностного индекса Wi дали положительные результаты. При

этом в дальнейшем необходимо искать новые пути усовершенствования этих прогнозов.

Единственно, хочется обратить особое внимание, что используемые в работе базы данных несколько расходятся по количеству станций, поэтому сделанные выводы не совсем однозначны.

Список использованных источников

1. *Васильев П.П., Васильева Е.Л.* Система статистической интерпретации выходной продукции гидродинамических моделей для среднесрочного прогноза погоды //70 лет Гидрометцентру России. – СПб.: Гидрометеоздат, 1999. – С. 118–133.

2. *Попов А.В.* О возможности прогноза теплых многоснежных и холодных малоснежных зим // Труды Гидрометцентра СССР. – 1975. – Вып. 156. – С. 77–84.

3. *Садоков В.П.* Долгосрочный прогноз методом временных аналогов // Метеорология и гидрология. – 2009. – № 11. – С. 22–26.

4. *Садоков В.П.* Сезонный прогноз аномалий температуры воздуха методом временных аналогов // Метеорология и гидрология. – 2012. – № 6. – С. 22–26.

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. – 2009. – Вып. 343. – С. 113–119.

6. *Садоков В.П., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н.* Продолжительность экстремально теплых, холодных зимних погодных условий и их отсутствие в сельскохозяйственных районах Европейской территории России // Труды Гидрометцентра России. – 2010. – Вып. 344. – С. 252–264.

Поступила в редакцию 18.08.2014 г.