

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ САРАТОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО

С.Н.Лапина

Классификация метеорологических прогнозов, их
оправдываемость и оценка экономической полезности.

Лекция

Для студентов, обучающихся по направлению 280400
«Прикладная гидрометеорология»

Саратов

2014

Метеорологический прогноз погоды есть научно-обоснованное предположение о будущем состоянии погоды. Погода же - совокупность значений метеорологических величин и явлений в атмосфере в определенный момент времени и в определенном месте.

Прогностическая информация носит сберегающие функции и позволяет на практике заблаговременно планировать хозяйственные действия, которые позволяют уменьшить или вовсе исключить потери (убытки) по метеорологическим причинам.

Существует несколько приемов классификаций прогнозов. По времени действия метеорологические прогнозы разделяются:

1. Прогноз текущей погоды (наукастинг)	Прогноз метеорологических параметров на срок от 0 до 2 час.
2. Сверхкраткосрочный прогноз погоды	Прогноз метеопараметров до 12 час.
3. Краткосрочный прогноз погоды	Прогноз метеопараметров от 12 до 72 час. (3 суток)
4. Среднесрочный прогноз погоды	Прогноз метеопараметров от 72 до 240 час. (10 суток)
5. Внутримесячный прогноз погоды	Прогноз метеопараметров от 10 до 30 сут., обычно в виде отклонений от климатических величин
6. Долгосрочный прогноз	Прогноз на период от 30 сут. до 2 лет
7. Сверхдолгосрочный (прогнозирование климата)	На срок свыше 2 лет

По назначению метеорологические прогнозы разделяются на два вида: прогнозы общего назначения (пользования), публикуемые в СМИ для общего сведения и не имеющие определенной специфики.

Специализированные прогнозы ориентированы на конкретного потребителя и отвечают его специфической хозяйственной деятельности.

К специализированным прогнозам относятся и штормовые предупреждения об угрозе возникновения ОЯ (опасных явлениях погоды).

К этим прогнозам потребитель относится с повышенной требовательностью и придает им особое экономическое значение.

По степени точности прогнозы разделяются: на методические и неметодические (стандартные). Первые являются результатом применения некоторого физически обоснованного метода. Для разработки вторых не требуется аналитической или расчетной работы. К ним относятся случайные, инерционные, климатологические прогнозы. Их используют для сравнительной оценки методических прогнозов. Если апробируемый метод дает успешность на уровне случайного или инерционного прогноза, его использовать в оперативной работе нет смысла.

Случайный прогноз составляется без использования определенной методики. Случайно выбирается какая-либо градация метеовеличины или явление. Прогнозы составляются наугад, вслепую.

Инерционные прогнозы – это прогнозы, в которых в качестве прогнозируемого состояния используется исходное, т.е. в определенной мере используется свойство инерции атмосферных процессов. Достаточно удачно этот прием работает при устойчивых антициклонах и при прогнозе на ближайшее время. При увеличении времени прогноза, при циклонических процессах ошибка инерционного прогноза приближается к ошибке случайного.

Климатические прогнозы – прогнозы, содержащие климатическую информацию в виде средних многолетних значений метеовеличин, такая информация содержится в справочниках.

По характеру формулировки прогнозы разделяются на категорические и вероятностные.

Категорические – содержат утверждение о полной достоверности ожидаемой погоды. Официальные прогнозы в нашей стране составляются в категорической форме: в виде числа, интервала чисел, в виде качественной характеристики (сильный, умеренный) или альтернативы (наличия или отсутствия явления).

Формулировка прогноза дается в соответствии с порядком установленным Руководящим документом РД 52.27.724-2009.

Вероятностными прогнозами называются такие, в которых значение ожидаемой градации метеовеличины или явления выражается в вероятностной форме. Например: «вероятность грозы днем 10 июля в Саратове составит 85%».

Многие ученые считают, что вероятностная форма прогноза является наиболее совершенной в целях оптимального использования прогностической информации в хозяйственной практике.

Оправдываемость прогнозов

После окончания срока действия суточного краткосрочного прогноза делается оценка его успешности, основным показателем которой является оправдываемость.

Оправдываемость прогноза есть степень соответствия (с определенными установленными допусками) прогностических и фактически наблюдающихся на метеостанции метеовеличин и явлений.

Прогноз оценивается в целом, но каждая метеовеличина и каждое явление оправдывается самостоятельно. Оценка проводится следующим образом.

1. По срокам наблюдений на метеостанциях выписываются все значения метеовеличин и явлений и сопоставляются с их прогностическими значениями. Не допускаются пропуски или частичная выборка.

2. Производится расчет критериев.

Общая оправдываемость единичного суточного прогноза (P_{nn}) дается в %, вычисляясь как среднее из значений оправдываемости температуры (P_t), осадков (P_{oc}), явлений ($P_{яв}$), ветра (P_v) по формуле:

$$P_{nn} = \frac{(P_t + P_{oc} + P_{яв} + P_v)}{4}$$

Прогноз всех величин и явлений (кроме количества осадков) оценивается в альтернативной форме: прогноз оправдался- 100% или не оправдался – 0%.

Оправдываемость прогноза температуры производится альтернативно с допуском. Если фактически наблюдаемая температура отличалась от прогнозируемой не более чем на 2^0 , оправдываемость прогноза температуры равна 100%. Если же отличие от прогнозируемой было более чем на 2^0 , то P_t равна 0%. Оправдываемость количества осадков P_{oc} % проводится с помощью таблиц.

Пример оправдываемости прогноза количества твердых осадков.

Прогноз количества осадков за 12 ч., мм	Фактические осадки за 12 ч., мм				
	Без осадков	0-1	2-5	6-19	≥ 20
Без осадков	100%	50%	0%	0	0
0-1	50%	100%	50%	0	0
2-5	0	50%	100%	50%	0
6-19	0	0	50%	100%	50%
≥ 20	0	0	0	50%	100%

При установлении успешности прогноза ветра, оценки подлежат только скорость ветра. Сравнивается прогностическая величина скорости с фактически наблюдающейся максимальной (включая порывы). Прогноз ветра считается оправдавшимся ($P_v=100\%$) при условии, что отклонение от прогнозируемой не превышает 2 м/с. В противном случае $P_v=0\%$. Таким образом общая оценка оправдываемости прогноза погоды может выглядеть следующим образом:

$$P_{nn} = \frac{100\% + 50\% + 100\% + 100\%}{4} = 87\%.$$

Краткосрочные прогнозы погоды по пункту оцениваются отдельно для дня P_d и ночи P_n . Оправдываемость суточного прогноза $P_{сп}$ определяется как среднее из них:

$$P_{\text{СП}} = \frac{P_{\text{д}} + P_{\text{н}}}{2} \%$$

Оперативные прогнозы погоды общего пользования содержат информацию о комплексе ожидаемых значений метеовеличин и явлений.

В хозяйственной практике многих потребителей часто интересуют отдельные составляющие погоды, как-то: шквалистое усиление ветра, гроза, туман, гололед и т.д.

Для оценки успешности прогнозов отдельных явлений разрабатывается матрица сопряженности второго порядка (2×2), содержащая два прогностических условия: явление прогнозируется (Π) или не прогнозируется ($\bar{\Pi}$) и два исходных условия: явление фактически наблюдалось (Φ) или не наблюдалось ($\bar{\Phi}$).

Оценка оправдываемости в этих случаях должна проводиться по достаточно большому числу (N) прогнозов. Удовлетворительные результаты оценки могут быть получены при $N \geq 30$, хорошие при $N \geq 100$. Чем больше N (ряд), тем более достоверны результаты оценок.

Все прогнозы в целях удобства оценок представляются в виде матрицы сопряженности (таблицы оправдываемости прогнозов).

В таблицу заносится число случаев прогнозов n_{ij} , соответствующее сочетанию $\Phi_i \sim \Pi_j$, где первая цифра при « n » указывает номер строки, вторая – номер столбца. Φ_i – фактически наблюдаемая погода, Π_j – прогностическая.

Таблица оправдываемости альтернативных прогнозов

Фактически наблюдалось, Φ_i	Прогнозировалось, Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π – наличие явления,	$\bar{\Pi}$ – отсутствие явления,	
Φ – явление наблюдалось	n_{11}	n_{12}	n_{10}
$\bar{\Phi}$ – явление не наблюдалось	n_{21}	n_{22}	n_{20}
$\sum_{i=1}^{m=2} n_i$	n_{01}	n_{02}	N

Где n_{11} – число случаев оправдавшихся прогнозов наличия явления: явление (или состояние погоды) прогнозировалось и фактически наблюдалось;

n_{21} - число случаев неоправдавшихся прогнозов наличия явления: явление (или состояние погоды) прогнозировалось, но фактически не наблюдалось;

n_{12} - число случаев неоправдавшихся прогнозов отсутствия явления: явление (или состояние погоды) не прогнозировалось, но фактически наблюдалось;

n_{22} - число случаев оправдавшихся прогнозов отсутствия явления: явление (или состояние погоды) не прогнозировалось, и фактически не наблюдалось;

Здесь n_{12} - ошибки первого рода; n_{21} - ошибки второго рода; n_{01} - число случаев прогнозов наличия явления (или состояния погоды) – число прогнозов с текстом П; n_{02} - число случаев прогнозов отсутствия явления (или состояния погоды) – число прогнозов с текстом $\bar{П}$; n_{10} - число случаев наличия явления (или состояния погоды) – сколько раз явление фактически наблюдалось; n_{20} - число случаев отсутствия явления (или состояния погоды) – сколько раз явление фактически не наблюдалось; N- общее число прогнозов (за месяц, сезон и т.п.).

Заполненная таблица оправдываемости прогноза грозы в летнем сезоне может выглядеть следующим образом.

Φ_i	Π_j		Σ
	П	$\bar{П}$	
Ф- явление наблюдалось	14	1	15
$\bar{\Phi}$ - явление не наблюдалось	3	82	85
Σ	17	83	100

На основании составленной матрицы сопряженности производится расчет критериев оправдываемости альтернативных прогнозов (Р).

В настоящее время применяются следующие количественные критерии.

1. Общая оправдываемость методических прогнозов

$$P = \frac{n_{11} + n_{22}}{N} \times 100$$

Р- выражается в % или в долях единицы. Этот показатель прост, удобен, но не очень надежный и точный, так как при расчете используются только оправдавшиеся прогнозы, неоправдавшиеся в оценку не включены.

Поэтому для сравнения успешности методических прогнозов вводится оценка случайных или инерционных прогнозов.

Случайное распределение частот находится по формулам по данным таблицы сопряженности для методических прогнозов, что и позволяет получить общую оправдываемость случайных прогнозов:

$$n_{11}^{сл} = \frac{n_{01} \cdot n_{10}}{N}; \quad n_{12}^{сл} = \frac{n_{02} \cdot n_{10}}{N}, \quad n_{22}^{сл} = \frac{n_{02} \cdot n_{20}}{N};$$

$$n_{21}^{сл} = \frac{n_{01} \cdot n_{20}}{N};$$

2. Общая оправдываемость случайных прогнозов определяется по формуле:

$$P_{сл} = \frac{E_{сл}}{N} = \frac{n_{01} \cdot n_{10} + n_{02} \cdot n_{20}}{N^2} \times 100$$

Где $E_{сл}$ - число случайно оправдавшихся прогнозов. В итоге для сравнения можно использовать отношение $\delta P = P/P_{сл}$ или разность $\Delta P = P - P_{сл}$.

3. Критерий надежности прогнозов по Н.А.Багрову

$$H = \frac{P - P_{сл}}{1 - P_{сл}},$$

Значение H меняется от 0 до 1. Если $H=1$, все прогнозы оправдались, при $H=0$ - прогнозы на уровне случайных.

4. Критерий точности прогнозов по А.М.Обухову

$$Q = 1 - \left(\frac{n_{12}}{n_{10}} + \frac{n_{21}}{n_{20}} \right),$$

Критерий меняется от 1 до -1 (1-идеальные прогнозы, -1 все прогнозы ошибочные).

Используются и другие критерии.

Сведения о будущем состоянии природной среды в конечном счете завершаются оценкой их экономической полезности. Есть и ряд объективных условий о значимости поднимаемой проблемы.

На сегодняшний день оправдываемость краткосрочных прогнозов достигла некоторого уровня стабилизации и в среднем составляет 90-95%. Дальнейший прирост успешности становится все меньше и все дороже. Гидрометслужба вступает в период интенсивной реализации прогнозов, т.е. умением получить за счет использования прогнозов постоянно растущий экономический эффект. Синоптик обязан понимать экономический смысл прогнозов, участвовать в принятии решений потребителя, которые обеспечили бы наибольший доход (прибыль) или наименьшие потери в соответствии с ожидаемой погодой.

Основными показателями экономической полезности прогнозов являются: экономический эффект (Э) от использования их и экономическая эффективность (Р). Именно, они раскрывают потребителям социально-экономическую значимость метеорологических прогнозов.

Экономический эффект (Э)- это сэкономленные материальные средства (ценности) за счет использования прогнозов за вычетом затрат (З_{пн}) на их разработку, другими словами, это есть стоимость прогноза.

В качестве сэкономленных материальных средств, которые выражаются в стоимостной форме (рублях) принимается величина $\Delta R = \bar{R}_{\text{ст}} - \bar{R}_{\text{мет}}$.

где $\bar{R}_{\text{ст}}$ - средние потери, которые несет потребитель, при использовании стандартного прогноза (случайного или инерционного).

$\bar{R}_{\text{мет}}$ - средние потери, которые несет потребитель при пользовании методическим прогнозом.

Расчет $R_{\text{ст}}$ и $R_{\text{мет}}$ проводится по формулам, в которые входят элементы матрицы оправдываемости прогнозов и матрицы потерь:

$$P_{\text{мет}} = (s_{11} \cdot n_{11} + s_{21} \cdot n_{21} + s_{12} \cdot n_{12} + s_{22} \cdot n_{22}) / N$$

$$P_{\text{ст}} = (s_{11} \cdot n_{11}^{\text{ст}} + s_{21} \cdot n_{21}^{\text{ст}} + s_{12} \cdot n_{12}^{\text{ст}} + s_{22} \cdot n_{22}^{\text{ст}}) / N$$

В окончательном виде расчет экономического эффекта проводится по формуле:

$$\Delta = \beta N (\Delta \bar{R} - 3nn) \quad \text{или} \quad \Delta = \beta N [(\bar{R}_{\text{ст}} - \bar{R}_{\text{мет}}) - 3nn],$$

где β - долевой коэффициент, характеризующий участие Гидрометслужбы в получении экономического эффекта. Значение β колеблется в пределах 0.2-1.0, чаще используется 0.3-0.5 $S_{\text{пн}}$ - стоимость одного прогноза, N - число прогнозов.

Экономический эффект есть абсолютная величина полезности, которая существенно меняется от масштабности потребителя.

Производственные объекты могут охватывать как относительно небольшие, так и значительные территории и иметь различной сложности инфраструктуру. Например, рядом расположенные речной и крупный морской порты получают за счет использования прогнозов скорости ветра разный экономический эффект, иногда отличающийся на порядок. Эта особенность в оценке экономической полезности прогнозов будет прослеживаться во всех отраслях экономики.

Для сравнительной оценки полезности прогнозов различными потребителями рассчитывается экономическая эффективность P .

Под экономической эффективностью понимается отношение экономического эффекта к затратам на получение прогноза, т.е.

$$P = \frac{\varepsilon}{NSmn}$$

P - является безмерным показателем и означает- сколько получает потребитель сэкономленных средств (в рублях) при использовании прогнозов на 1 рубль, затрат на разработку прогноза в Гидрометслужбе. Это может быть 1:4, 1:10, 1:15 и т.п.

На международной метеорологической конференции в Женеве в 1994 г. прозвучали такие данные. Глобальные годовые затраты на содержание НМГС (Национальных гидрометеослужб) составляют 4 млрд.дол.\$. В тоже время отдача, полезность гидрометинформации в мировой экономике достигает 40 млрд.дол.\$.

По данным ВМО на 2013 год каждый доллар, вложенный в метеорологическое обслуживание, приносит гораздо большую выгоду, причем нередко в 10 и более раз.

Список литературы

1. Бедрицкий А.И. Коршунов А.А. и др. Гидрометеорологическая безопасность и устойчивое развитие России.// Право и безопасность, 2007, июль, №№1-2.
2. Лапина С.Н. Взаимодействие между поставщиком и потребителем метеорологической информации [Электронный ресурс] / С. Н. Лапина. - Саратов: [б. и.], 2014. - 7 с. http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/890.pdf
3. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. Руководящий документ 52.27.724 - 2009. Обнинск, «ИГ-СОЦИН», 2009г., 50 с.
4. Хандожко Л.А., Коршунов А.А., Фокичева А.А. Выбор оптимального погоднохозяйственного решения на основе прогноза опасных гидрометеорологических условий.// Метеорология и гидрология.-2003,-№1.- с.5-17
5. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. - СПб.:Гидрометеиздат, 2005.-478 с.
6. Хандожко Л.А. Экономическая эффективность метеорологических прогнозов.- Обнинск, ВНИИГМИ - МЦД, 2008.-145 с.
7. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. Руководящий документ 52.27.724 - 2009. Обнинск, «ИГ-СОЦИН», 2009г., 50 с.