

# **Научно-методический подход к построению моделей прогнозирования туманов при подготовке метеорологических специалистов из стран ОДКБ**

А.Б. Мартыашкин: e-mail: martsash@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
(г. Воронеж)

***Аннотация.** Предложен подход к построению моделей прогнозирования туманов с учетом физико-географических условий стран ОДКБ при подготовке метеорологических специалистов*

***Ключевые слова:** Туман, прогностическая модель, метеорологические специалисты стран ОДКБ*

## **Введение**

Одной из целей подготовки метеорологических специалистов является формирование у обучающихся компетенции способности диагностировать и прогнозировать состояние метеорологической, гидрометеорологической и геофизической обстановки для решения задач метеорологического, гидрометеорологического и геофизического обеспечения. То есть, выпускник должен знать, в совершенстве использовать существующие способы прогнозирования метеорологических условий и уметь разрабатывать новые способы прогноза на основе учета конкретных физико-географических условий. Это особенно важно для военных специалистов, проходящих подготовку в ВУНЦ ВВС «ВВА» для государств - членов Организации Договора о коллективной безопасности (ОДКБ), которые после выпуска будут решать задачи диагностики и прогнозирования гидрометеорологических условий над территорией своих государств.

### **1. Влияние туманов на деятельность авиации**

Туман для авиации является опасным явлением погоды, которое в значительной мере осложняет применение авиации для решения учебных и специальных задач.

В настоящее время существует целый ряд способов прогнозирования туманов [1]. Однако их применение без учета местных физико-географических условий района базирования резко снижает точность прогноза. Поэтому актуальной остается проблема совершенствования существующих прогностических алгоритмов на

основе учета местных особенностей или разработка новых способов прогнозирования туманов на архивном материале района базирования.

Целью настоящей работы является рассмотрение научно-методического подхода к разработке новых способов прогнозирования радиационных туманов на территории Беларуси и Казахстана для использования их при обучении военных специалистов государств - членов ОДКБ по специальности «Гидрометеорологическое и геофизическое обеспечение войск (сил)»

## **2. Модель прогнозирования туманов для рассматриваемых территорий**

Радиационные туманы образуются в результате охлаждения земной поверхности и прилегающего слоя воздуха (достаточно увлажненного) под влиянием излучения и турбулентного перемешивания.

Благоприятными условиями для образования радиационных туманов являются:

а) отсутствие облачности или наличие облачности только верхнего яруса;

б) высокая относительная влажность в вечернее время. Чем выше относительная влажность, тем меньше охлаждение, необходимое для достижения состояния насыщения и образования тумана.

Исходя из вышесказанного, сформирован предварительный перечень предикторов:  $T_{12}$  – температура воздуха за 12 часов,  $D_{18}$  – дефицит точки росы за 18 часов,  $T_{15}$  – температура воздуха за 15 часов,  $N_{12}$  – количество облачности за 12 часов,  $T_{18}$  – температура воздуха за 18 часов,  $N_{15}$  – количество облачности за 15 часов,  $Td_{12}$  – температура точки за 12 часов,  $N_{18}$  – количество облачности за 18 часов,  $Td_{15}$  – температура точки за 15 часов,  $ff_{12}$  – скорость ветра за 12 часов,  $Td_{18}$  – температура точки за 18 часов,  $ff_{15}$  – скорость ветра за 15 часов,  $D_{12}$  – дефицит точки росы за 12 часов,  $ff_{18}$  – скорость ветра за 18 часов,  $D_{15}$  – дефицит точки росы за 15 часов,  $VV_{06}$  – видимость за 6 часов.

Рассчитаны численные значения критериев Махаланобиса [2], которые представлены в таблице 1.

На основе анализа данных, приведенных в таблице, был составлен окончательный перечень предикторов, которые имеют наибольшие значения расстояний Махаланобиса:  $T_{15}$  – температура за 15 часов;  $T_{18}$  – температура за 18 часов;  $Td_{15}$  – точка росы за 15 часов;  $D_{15}$  – дефицит точки росы за 15 часов;  $U_{15}$  – относительная влажность за 15 часов;  $Ff_{15}$  – скорость ветра за 15 часов;  $N_{15}$  – общая облачность за 15 часов;  $N_{18}$  – общая облачность за 18 часов.

## Критерии Махаланобиса

$T_{12}$	$T_{15}$	$T_{18}$	$Td_{12}$	$Td_{15}$	$Td_{18}$
0,001771	0,02441	0,01373	0,00265	0,01098	0,00412
$D_{12}$	$D_{15}$	$D_{18}$	$U_{12}$	$U_{15}$	$U_{18}$
0,00238	0,00479	0,00368	0,00013	0,00683	0,00432
$Ff_{12}$	$Ff_{15}$	$Ff_{18}$	$N_{12}$	$N_{15}$	$N_{18}$
0,00142	0,00634	0,00011	0,00466	0,00771	0,02211

С использованием специализированного программного обеспечения для проведения статистического анализа данных Deductor Studio Academic, алгоритмом С 4.5. получено лучшее дерево решений, представленное на рисунке, которое ляжет в основу нового способа прогнозирования радиационных туманов.

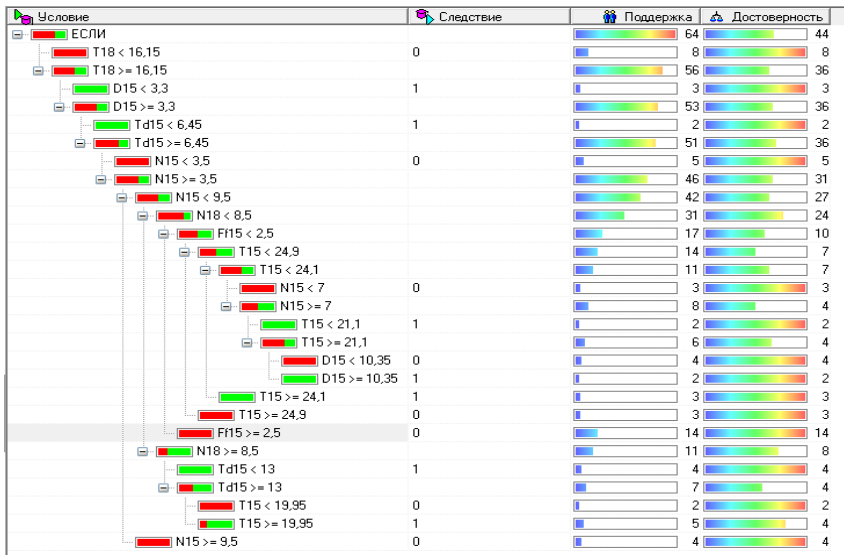


Рис. 1. Дерево решений для прогнозирования радиационных туманов

Рассчитаны показатели успешности разработанного способа прогноза и способа прогноза А.С. Зверева

Таблица 2

*Критерии оценки способов прогноза туманов*

Критерии оценки/ способы прогноза	Разработанный	А.С. Зверева
Общая оправдываемость, %	0,72	0,54
Критерий Обухова	0,42	0,29
Критерий Багрова	0,46	0,31

Также при построении нового способа прогноза может быть использован классический корреляционный анализ. Здесь важно учитывать необходимость создания архивной выборки исключительно для тех физико-географических условий, для которых будет использоваться прогностическая зависимость. На примере для станции Минск выбраны предикторы и предиктанты. Значения коэффициентов корреляции представлены в таблице 3

Таблица 3

*Коэффициенты корреляции между предварительными предикторами и предиктантами*

Признак	$D$	$ff$	$f\%$	$Td_{18}$	$T_{min}$
$T_t$	0,620	0,344	-0,518	0,210	0,273
$VV$	0,394	0,198	-0,102	-0,049	0,075

На основе анализа представленных результатов наилучшими являются дефицит точки россы  $D$  и прогностическая скорость ветра  $ff$ .

На следующем этапе получены уравнения регрессии для прогнозирования времени образования тумана  $T_t$  и минимальной видимости в нем  $VV$ , которые представлены в таблице 4.

Полученные уравнения регрессии, могут быть использованы не только для прогноза времени образования тумана, но и для прогноза самого явления, при этом в качестве критерия используется значение  $T_t = 12$  ч т.е., если  $T_t > 12$  ч – туман не ожидается, если  $T_t < 12$  ч – туман ожидается.

Для оценки качества прогнозирования тумана с использованием полученной зависимости и сравнения с существующим способом И.В. Кошеленко рассчитаны: общая оправдываемость  $U$ , критерий А.Н. Багрова  $H$ , критерий А.М. Обухова  $Q$ . Результаты приведены в таблице 5.

Таблица 4

Уравнения регрессии для прогнозирования времени образования тумана и минимальной видимости в нем

№ п/п	Уравнения регрессии	Средняя абсолютная ошибка	СКО	Коэффициент корреляции
1	$T_f = 1,55 + 1,0 \cdot D + 0,948 \cdot ff$	2,096	2,620	0,671
2	$VV = 0,220 + 0,016 \cdot D + 0,014 \cdot ff$	0,132	0,180	0,607

Таблица 5

Способ прогноза	Общая оправдываемость, $U$	Критерий Багрова, $H$	Критерий Обухова, $Q$
Разработанный	0,70	0,48	0,49
Кошеленко	0,66	0,28	0,26

На основе анализа результатов можно сделать вывод, что разработанный способ прогнозирования туманов имеет лучшие показатели по всем критериям по сравнению с существующим способом А.С. Зверева.

### Заключение

Таким образом, в работе предложен научно-методический подход к получению новых способов прогнозирования радиационных туманов, необходимых для подготовки военных специалистов государств – членов ОДКБ.

### Список литературы

1. Скирда И.А. Ульшин И.И., Мартышкин А.Б. Авиационные прогнозы погоды. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. 476 с.
2. Ульшин И.И. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. 187 с.