

УДК 551.509.322(574)

**О ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ШТОРМООБРАЗУЮЩЕЙ
СИНОПТИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Канд. геогр. наук М. А. Муратов
Т. П. Строева
Р. М. Ишмухаметов
Е. Н. Затылкин

Рассматриваются варианты синоптических ситуаций, формирующих ветровую штормовую зону в Северном Каспии. Описывается содержание и принцип функционирования модели прогноза штормовой ситуации.

В ранее опубликованных работах [1,5] приведены результаты изучения климатических особенностей, а также дан общий синоптический анализ условий возникновения сильного ветра, способствующего формированию нагонных явлений в северной части Каспийского моря. Были выделены группы синоптических ситуаций со сходными морфологическими признаками на временных интервалах от 1 до 5 суток. Повторяемость этих типовых ситуаций стала одной из характеристик ветрового режима штормообразования применительно к каспийскому бассейну.

Однако для некоторых из установленных типов, был необходим более подробный анализ изменения ситуации внутри характерного временного интервала ее становления. Детальное исследование поведения барических объектов, формирующих отличительные особенности типа, позволило выделить фазы развития ситуации, имеющие самостоятельную значимость. Так, в группе циклонических вторжений Ц2, Ц3, Ц4 и даже Ц5 [3] заключительным этапом (наиболее важным для штормообразования на Каспии) является притормаживание или регенерация циклонического объекта и его углубление в районе между Южным Уралом и дельтой реки Волги. Север Каспия подпада-

ет под воздействие южной и юго-западной частей циклона, где горизонтальные барические градиенты у земли и фронтальная деятельность хорошо выражены. Целесообразно было выделить такие случаи в отдельный синоптический тип штормообразующей ситуации (символьное обозначение - STK). Тем более, что по генезису подобные ситуации могут оцениваться и как нефронтальные мезомасштабные вихри [2], штормовые характеристики которых всегда хорошо выражены. В самостоятельный тип также была выделена разновидность ситуации стационарирования Сибирского антициклона, когда вторичный отдельный центр повышенного давления отмечался несколько западнее Южного Урала (символьное обозначение - AZ).

В процессе синоптического моделирования развития ситуации, приводящей к возникновению больших горизонтальных градиентов приземного давления, устойчиво ориентированных и продолжительных в районе Северного Каспия, стала очевидной необходимость учета возможности одновременного проявления различных сочетаний типовых ситуационных воздействий. Например, довольно часто повышенные градиенты давления создаются, когда одновременно со смещающимся на Каспий циклоническим объектом происходит перемещение с запада и северо-запада антициклональных ядер через срединную (АЦ12) и южную (АЦ13) части Каспия. Аналогичная картина может наблюдаться и для группы малоподвижных циклонических объектов (Ц9 и STK). Поэтому, при разработке модели прогноза возникновения ветровой штормовой зоны на Каспии, был создан алгоритм селекции ситуационных воздействий с целью выявления доминирующего. Для некоторых случаев в алгоритме был предусмотрен режим конструирования ситуации путем синтеза его синоптически непротиворечивых элементов (образов).

Отдельным этапом исследования стала отработка синоптической модели идентификации штормовой ситуации. Для этого был произведен временной анализ полей приземного давления (P_0) и геопотенциальной высоты поверхности 500 гПа (H500) в исследуемом регионе (в узлах сеточной области 35 - 75 °с.ш., 20 - 120 ° в.д., с пространственным шагом 5×10^0 ; временной шаг - 24 часа), а также приземных карт погоды для района Северного Каспия (шаг по времени 3 часа; данные метеостанций Ганюшкино, Забурунье, Атырау, Кульсары, Опорная, Кызан, Форт-Шевченко). По результатам анализа полу-

чено эмпирическое подтверждение причинной связи: увеличение горизонтального градиента давления - усиление скорости ветра - возникновение нагона. Статистически эта связь хорошо иллюстрируется графиками, изображенными на рис. 1, 2.

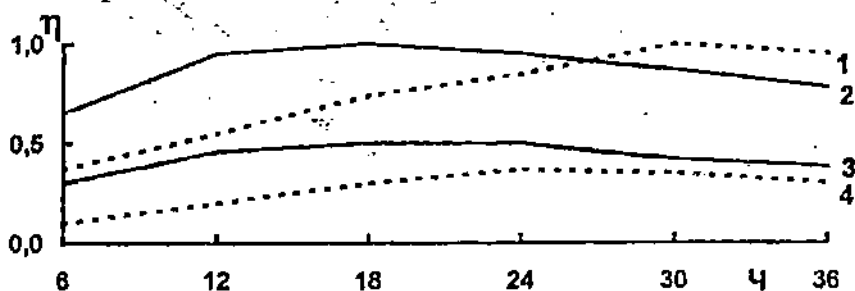


Рис. 1. Временной ход условных значений горизонтального градиента давления и высоты нагона для типовых синоптических периодов штормообразования на севере Каспия:

η - значение безразмерной условной величины, выраженной в долях от размаха величин характеристик, приведенных на графике; 1 - изменение высоты нагона в типовой ситуации Ц3 (в условных единицах - η); 2 - изменение градиента давления для Ц3 (в условных единицах - η); 3 - изменение высоты нагона в типовой ситуации Ц4 (в условных единицах - η); 4 - изменение градиента давления для Ц4 (в условных единицах - η).

Значение горизонтального градиента приземного давления рассчитывалась для геометрически условной центральной точки окружности радиусом 200 км над бассейном Северного Каспия, причем, на рис. 1 - при фиксированных типовых сценариях развития синоптических ситуаций Ц3 и Ц4, а на рис. 2 - для отдельного календарного случая без фиксации типа. Эффективный ветер представлен интегрально, - средневзвешенным значением приземной скорости ветра в прибрежной зоне Северного Каспия, рассчитанным по данным вышперечисленных метеостанций. Модельный временной ход уровня моря получен для реперной точки с географическими координатами $46,5^{\circ}$ с.ш., $53,0^{\circ}$ в.д., причем исходный модельный уровень моря задавался с максимальным приближением к фактическому.

Сценарии изменения уровня моря в периоды усиления ветра просчитывались для прибрежной северо-восточной зоны Каспия по гидродинамической модели, разработанной Датским гидравлическим институтом и адаптированной в КазНИИМОСК в виде пакета прикладных программ "MIKE 21".

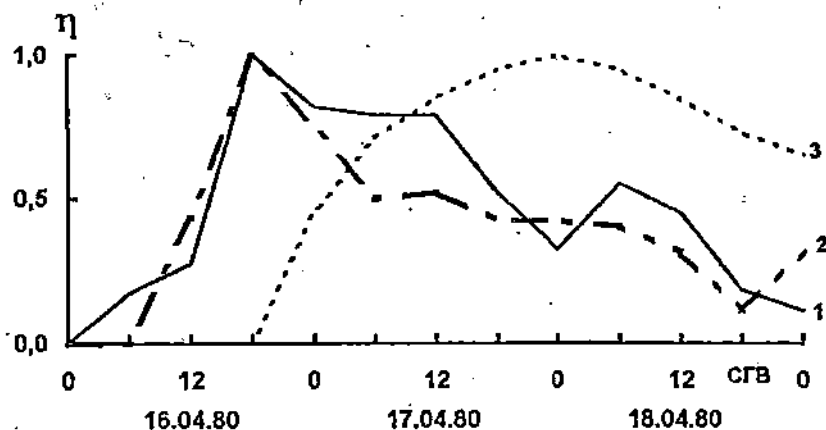


Рис.2. Временной ход условных значений горизонтального градиента давления, скорости ветра и высоты нагона в штормообразующий период 16-18 апреля 1980 года на севере Каспия

η - значение безразмерной условной величины; 1 - изменение градиента давления; 2 - изменение скорости ветра; 3 - изменение высоты нагона.

На приведенных выше графиках значения градиента давления, скорости ветра и высоты нагона представлены в долях единицы (η) от их размаха, зафиксированного в рассматриваемом временном интервале. Единице (η) на рис.1 соответствовали: горизонтальный градиент приземного 3 гПа/100 км и 135 - сантиметровое повышение уровня моря в районе реперной точки. На рис. 2 единице (η) соответствовали: горизонтальный градиент приземного давления 2,7 гПа/100 км, 175 - сантиметровое повышение уровня моря в районе реперной точки и значение скорости эффективного ветра - 16 м/с.

Чтобы исследуемую причинную связь выразить количественно и в дальнейшем использовать, в модели (алгоритме) прогноза была

проведена параметризация синоптических типовых образов. Для этого по случаям, составляющим выборку типов ситуаций, анализировалось изменение значений горизонтальных градиентов P_0 (GP_0) и $H500$ ($GH500$), а также лапласианов P_0 ($\nabla^2 P_0$) и $H500$ ($\nabla^2 H500$) в локально значимых районах:

- изменения градиентов приземного давления непосредственно над Северным Каспием и в районах к нему прилегающих;
- лапласианы приземного давления и $H500$ в характерных районах формирования типовых барических объектов;
- градиенты значимых участков полей $H500$ в районах характерных путей перемещения типовых барических образований.

Всего проанализировано 156 вариантов характеристик, описывающих локальные признаки местоположения различных циркуляционных образований, их интенсивность и направление перемещения. Был сформирован список (реестр) синоптических ситуаций, циркулирующий в модели прогноза. Географические координаты локальных районов для основных типов ситуаций приведены в таблице.

Список

символьных обозначений синоптических ситуаций,
формирующих штормовую ветровую зону в районе
Северного Каспия

Ц1 - циклоническое воздействие с севера;

Ц2 - циклоническое воздействие с северо-запада;

Ц3 - циклоническое воздействие с запада;

Ц4 - циклоническое воздействие с района Черного моря;

Ц5 - циклоническое воздействие с юга;

Ц9 - стационарирование циклона над югом Урала;

СТК - стационарирование циклона к северу от Каспия;

АЦ11 - антициклональное воздействие с севера;

АЦ12 - антициклональное воздействие с северо-запада;

АЦ13 - антициклональное воздействие с запада;

АЦ16 - малоподвижный антициклон над Казахстаном;

АЦ17 - юго-западная периферия Сибирского антициклона.

AZ - над Уралом отдельный центр Сибирского антициклона.

Содержание списка отражает уточненный вариант реестра ситуаций, описанных в примечании к табл. 2 в работе [5].

Таблица

Географические координаты районов для расчета количественных характеристик синоптических ситуаций

Разновидность синоптической ситуации	Район расчета лапласианов давления		Район расчета лапласианов и градиентов по данным H500	
	северная широта, град.	восточная долгота, град.	северная широта, град.	восточная долгота, град.
Ц1	50-65	60-80	55-65	40-70
Ц2	50-70	20-90	45-55	40-50
Ц3	50-70	20-60	40-50	40-50
Ц4	40-55	30-50	45-55	40-50
Ц5	35-50	40-70	35-50	40-70
Ц9	45-55	50-70	45-55	50-70
STK	45-55	40-60	45-55	40-60
АЦ11	50-65	50-70	55-65	50-70
АЦ12	45-60	30-60	55-65	50-70
АЦ13	35-50	30-50	40-55	35-45
АЦ16	45-55	50-80	35-55	40-80
АЦ17	-	-	35-70	60-110
AZ	40-60	40-70	40-60	40-70

Оценив поведение каждой из характеристик, приведенных в таблице на пространстве дискриминантных переменных, по значениям коэффициентов канонической и внутригрупповой парной корреляций, были отобраны наиболее показательные из них для определения линейных дискриминантных функций. Одним из критериев по селекции переменных фигурировало условие, чтобы коэффициенты парных корреляций между исследуемыми переменными были меньше 0,50.

Ниже приведена последовательность действий в алгоритме вычислений, дающая общее представление о модели прогноза:

- обращение к географической информационной системе метеоданных (ГИС МЕТЕО);
- формирование рабочих выборок данных;

- анализ и обработка рабочих архивов;
- расчет параметризующих характеристик;
- расчет дискриминантных функций;
- оценка угрозы штормового ветра.

Оценка угрозы возникновения синоптической ситуации, формирующей повышенные горизонтальные барические градиенты на севере Каспия и, следовательно, эффективный нагонный ветер, осуществляется (в модели прогноза) путем сравнения текущих расчетных величин характеристик с пороговыми (рассчитанными по каждой из типовых ситуаций). Предварительные результаты моделирования прогностической типовой ситуации обнадеживающие.

Проиллюстрируем вышесказанное конкретным примером нагона, наблюдавшегося на северном побережье Каспия 11 сентября 1996 г. (рис. 3).

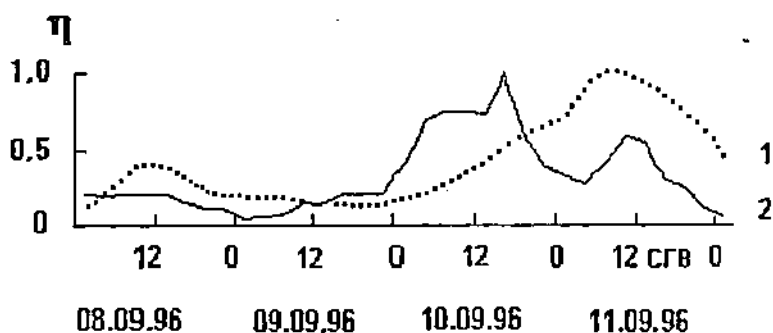


Рис.3. Временной ход условных значений скорости ветра и высоты нагона в период штормообразования на севере Каспия:

η - значение безразмерной условной величины; 1 - высота нагона; 2 - скорость ветра.

Как видно, все приведенные рисунки (см. рис. 1,2,3) подтверждают причинную модельную связь: увеличение горизонтального градиента давления - усиление скорости ветра - возникновение нагона. В свою очередь, формирование градиентов необходимой интенсивности и направленности в данном случае было связано с деятельностью черноморского циклона, его юго-западной и южной частями. Смещение его центра в северо-восточном направлении и распространение его очертания на юго-восток, в сочетании с четкой ориентаци-

ей высотной фронтальной зоны с района Средиземноморья на северо-восток, а также соответствующей дивергенцией потоков и явилось основной синоптической причиной нагона. Дополнительными синоптическими причинными факторами стало замедление скорости при его подходе к Южному Уралу и перемещение в тыл циклона области повышенного давления с запада. Интересно отметить, что аналогичное воздействие этих синоптических факторов отслеживается в материалах режимной информации, как в полях средних значений, так и отдельных конкретных примерах. Показательно также подтверждение на синоптическом материале за 5 -10 сентября наличия фаз предвестника и угрозы нагона и ситуационного влияния Средиземноморья, описанных в [4].

Таким образом, подытоживая предварительные наработки, выполненные в метеорологической части казахстанско-датского проекта по разработке технологии предупреждения затопления Атырауской области, можно констатировать, что изучен режим синоптических ситуаций, обеспечивающих возникновение сильного нагонного ветра в северной части Каспийского моря. Установлены и описаны разновидности данных ситуаций.

Получены предварительные представления о степени доминирования конкретных вариантов ситуаций из заданного их спектра. Получен также вывод, что различные направления нагонного ветра (следовательно и различные участки затопления) связаны с кинематическими особенностями в поведении барических систем. Разработана синоптическая модель прогноза штормообразующей ситуации, где основными предикторами являются ориентировка, интенсивность, продолжительность существования и особенности поведения горизонтальных барических градиентов в районе Северного Каспия.

Результаты вычислительных модельных экспериментов, представленных в виде отдельных прогностических формулировок синоптической оценки штормообразующей ситуации, адекватны экспертным оценкам. Прогнозирование осуществлялось в режиме идеального прогноза, т.е. на фактическом материале.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние атмосферных процессов на стогноно-нагонные явления у

казахстанского побережья Каспийского моря / С.П. Шиварева, М.А. Муратов, Н.И. Ивкина, Т.П. Строева, Н.Н. Щеголева, Е.И. Васенина // Гидрометеорология и экология. - 1997. - N 3. - С. 228-236.

2. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование: Сборник лекций. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 136 с.
3. Муратов М.А. О каталоге синоптических ситуаций в Казахстане // Гидрометеорология и экология. - 1996. - N 1. - С. 76-92.
4. Муратов М.А. О сопряженности синоптических ситуаций над Казахстаном и Средиземным морем // Гидрометеорология и экология. - 1996. - N 4. - С. 41-54.
5. Муратов М.А. Условия возникновения сильных ветров на Северном Каспии // Гидрометеорология и экология. - 1997. - N 2. - С. 15-22.

Казахский научно - исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

СОЛТҮСТІК КАСПИЙДЕГІ ТЕҢІЗ ДАУЫЛЫН ТУҒЫЗАТЫН СИНОПТИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙДЫ БОЛЖАУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН МҮМКІНДІГІ ТУРАЛЫ

Геогр. г. канд. М.А. Муратов
Т.П. Строева
И.М. Ишмухаметов
Е.Н. Затылкин

Солтүстік Каспий аймағында желді теңіз дауылын туғызатын синоптикалық жағдайлардың нұсқалары қарастырылады. Теңіз дауылы жағдайларын болжау модельдері қызметінің жай-күйі мен принциптері сипатталады.