

УДК 551.509.322(574)

**О МЕТОДЕ ПРОГНОЗА СИЛЬНОГО ВЕТРА В РАЙОНЕ
КАПЧАГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

Канд. геогр. наук М.А.Мурадов

Приводятся результаты изучения климатических особенностей, синоптических и мезомасштабных условий возникновения сильного ветра в районе Капчагайского водохранилища. Изложена основа метода прогноза данного явления, основанного на количественной оценке изменения полей давления и геопотенциала в окрестности водоема. Разработанный метод прогноза предполагается в автоматизированном варианте использовать в оперативной работе Бюро погоды Казгидромета.

Сильный ветер в районе Капчагайского водохранилища явление малоизученное, поэтому прогнозирование его затруднительно. Однако, расположение водоема в широтно ориентированной долине между отрогами хребтов Джунгарского и Заилийского Алатау хотя и задает здесь сложное сочетание воздействий регионального и локального масштабов, но проявляется в виде перемещения над водохранилищем значительных объемов воздуха, как правило, либо в западном, либо в восточном направлениях. Это позволяет при разработке метода прогноза абстрагироваться, как от малозначимого влияния горно-долинной циркуляции, так и предположения о возможном струйном характере ветра в данном районе [2]. Таким образом, сами условия местного рельефа позволяют: во-первых, судить о режиме сильного ветра в районе водохранилища по данным метеостанций, расположенных на его берегу (Капчагай, Карачок, Чилик), так как масштаб перемещающегося объема

воздуха превышает размер водохранилища; во-вторых, ограничиться прогнозированием сильных ветров западных и восточных направлений, как господствующих.

За сильный ветер принимался ветер достигший значения скорости 12 м/с. Рассматривались также градации величины скорости: >15 м/с, >20 м/с, >25 м/с, >30 м/с. Факт сильного ветра фиксировался по данным ежесуточных наблюдений (таблицы ТММ-1) как в сроки наблюдения, так и по значениям абсолютного суточного максимума скорости. В качестве дополнительных характеристик ветра использовались его направление и непрерывная продолжительность в часах (по данным срочных наблюдений). Научными поисками способов прогноза упомянутых ветровых характеристик метеорологи занимаются давно, следовательно методические основы различных подходов прогнозирования данного явления уже выявлены. Это учет: синоптического положения, барического градиента, отношения фактического ветра к геострофическому, межуровневого обмена количеством движения, стратификации температуры воздуха. Чаще всего прогноз ветра увязывается с прогнозом барического поля и полей геопотенциала [1,3-12].

При разработке метода прогноза полезно иметь представление о многолетних характеристиках рассматриваемого явления. Поэтому предварительно был проведен климатический анализ режима сильных (>12 м/с, >15 м/с, >20 м/с) ветров на водохранилище. В целом по акватории, а также по различным районам водохранилища, отдельно для разных направлений ветра и календарных месяцев года определена средняя многолетняя повторяемость суток с сильным ветром, в том числе с различной его продолжительностью (от 1 до 24 часов). Как уже отмечалось, сильный ветер наблюдается на водохранилище преимущественно восточного и западного направления (95 % от общего числа случаев в розе ветров). Смена этих направлений происходит довольно регулярно и достаточно быстро. Площадь

охвата сильным ветром акватории водоема значительна, так как в среднем за месяц ветер >12 м/с одновременно наблюдался на трех метеостанциях в 5-ти сутках, двух метеостанциях - 10-ти сутках, а только на одной метеостанции - 4-х сутках. Причем, когда сильный ветер отмечался на всех трех метеостанциях в 86-ти % случаев был одной направленности (западной или восточной). Чаще и продолжительнее сильный ветер наблюдается в районе станции Карачок, что объясняется сужением Илийской долины в этом месте.

Полученная информация по климатическому режиму сильного ветра на водохранилище зафиксирована в виде справочного материала в программе для персонального компьютера. С помощью данной программы пользователь может оперативно получить информацию о внутригодовом режиме сильного ветра (направлению, продолжительности и величине скорости) в данном районе. А также ежемесячно оценивать вероятность возникновения данного явления в течение ближайших 1-30 суток.

Следующим необходимым этапом исследования стал анализ синоптических условий возникновения явления. Установлены синоптические признаки усиления ветра на юго-востоке Казахстана. Рассчитанные поля средних значений давления на уровне моря (P_0), геопотенциальной высоты поверхности 500 гПа (H_{500}), относительного геопотенциала ($H_{500/1000}$), температуры воздуха на уровне 850 гПа (T_{850}), температуры воздуха у поверхности земли (T_z) позволили выразить типичность изучаемых ситуаций количественно. Анализ этих полей выявил очевидные противоположности в их конфигурации на выборках с западным и восточным сильным ветром. Типовая погода, рассчитанная по срочным суточным метеоданным, также оказалась противоположной. Усиление западного ветра сопровождалось значительной облачностью, осадками (нередко ливневого характера, весной и летом с грозой), понижением температуры воздуха. Давление росло, относительная влажность воздуха увеличивалась. Усилению

восточного ветра сопутствовали небольшая облачность, отсутствие осадков, гроз. Давление падало, температура воздуха повышалась, относительная влажность уменьшалась. Все это указывало на возможность использования в качестве математического аппарата для дальнейшей обработки данных средств дискриминантного анализа.



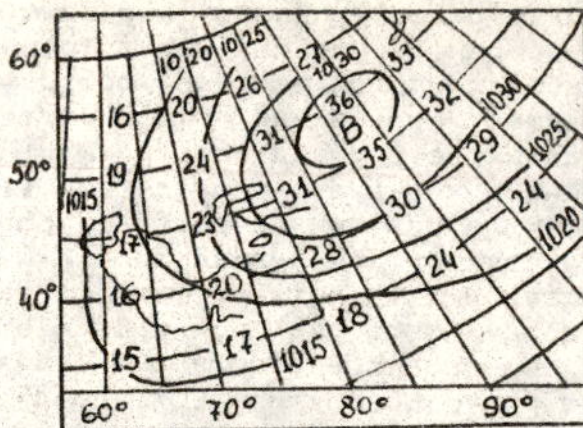
Рис. 1. Суточные изменения среднего поля (25 случаев) температуры на поверхности 850 гПа при усилении западного ветра на водохранилище:

а - за сутки до начала явления; б - в период возникновения явления; в - средний ветер на ст. Карачок (время местное)

Отдельно рассматривались варианты объяснения механизма формирования сильных ветров противоположных румбов с учетом местной орографии района водохранилища. Установлено, что значительное усиление западных ветров над водохранилищем связано с прохождением холодного фронта (рис.1), как при циклонических вторжениях с севера, северо-запада и запада, так и при регенерации южных циклонов над Казахстаном. То есть в тех случаях, когда холодный воздух свободно проникает в открытую для широтного переноса Илийскую долину, в которой тем отчетливее будут обнаруживаться признаки прохождения холодного фронта, чем он контрастнее и чем явственнее будет движение с запада зафронтального антициклона вторжения. Мезомасштабность в развитии данной типовой ситуации проявляется в особенностях поведения фронтальных разделов в условиях местной орографии.

Усиление над водохранилищем восточного ветра носит феновый характер и происходит при наличии циклонической зоны в районе Юго-Восточного Прибалхашья с сохранением высокого давления над горной системой Юго-Восточного Казахстана. В этом случае, вследствие значительного перепада давления воздух с гор устремляется в долину, приобретая явно выраженный феновый характер (повышение температуры, понижение относительной влажности, размывание облачности, прекращение осадков). Мезомасштабная интерпретация становления подобной синоптической ситуации может быть представлена в следующих вариантах. Быстрое падение давления в районе Юго-Восточного Прибалхашья, вызванное перемещением сюда циклогенетической зоны, разрушающей юго-западную периферию Сибирского антициклона, а также рост давления в тыловой части циклонического возмущения при продвижении фронтальных зон к наветренным склонам горных хребтов, создает узкую область (своеобразной конфигурации) повышенного давления над Тянь-Шанем, в частности, Заилийским Алатау (рис.2).

а



б

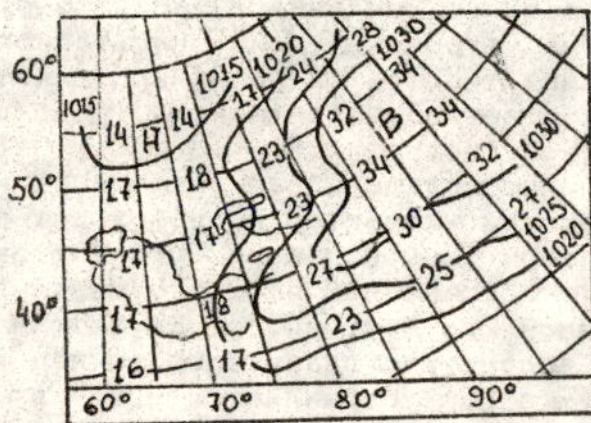


Рис. 2. Поля средних (47 случаев) значений давления на уровне моря (P_0) в Юго-Восточном Казахстане в период возникновения сильного восточного ветра на водохранилище:
 а - 00 час среднего гринвического времени (СГВ) суток, предшествующих явлению;
 б - 00 (СГВ) суток с явлением

Можно предположить, что в этой ситуации натекающая на горы конвективно неустойчивая воздушная масса, во-первых, усиливает эффект общего орографического поднятия воздуха, активизируя процесс выпадения осадков, во-вторых, притормаживается горными хребтами, что приводит к ее внутреннему нагреванию и иссушению [4,8,11]. В результате

гребня хребта Заилийского Алатау достигает относительно теплый воздух с низким содержанием влаги. При переваливании хребта под действием нисходящих течений он еще больше удаляется от состояния насыщения, что и объясняет тот тип погоды, который сопутствует интенсивному восточному переносу воздуха у поверхности водохранилища.

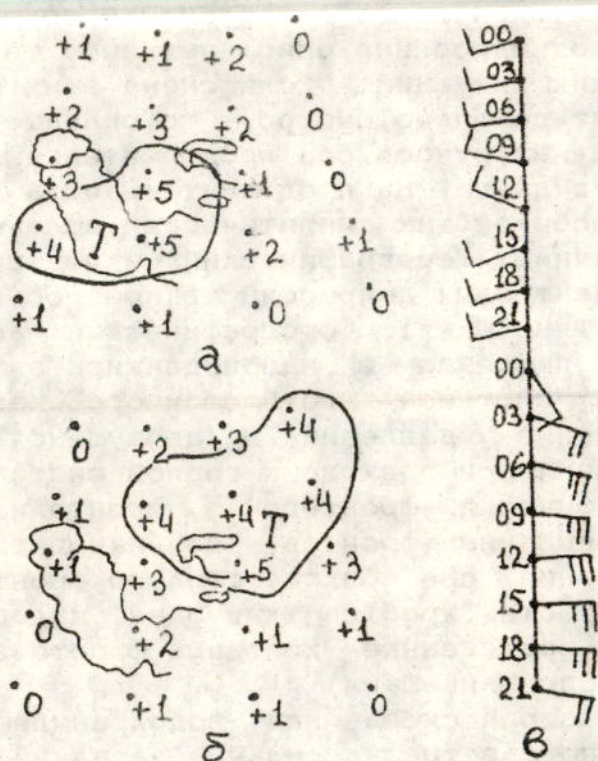


Рис. 3. Суточные изменения среднего поля (31 случай) температуры на поверхности 850 гПа при усилении восточного ветра на водохранилище:

а - за сутки до начала явления; б - в период возникновения явления; в - средний ветер на ст. Карачок (время местное).

Теплый воздух, по-видимому, может проникать в Илийскую долину и при прохождении над горными

массивами теплого фронта с юго-запада. Теплый фронт по вертикали гораздо протяженнее холодного и горами почти не задерживается (рис.3), к тому же проведенные нами расчеты траекторий перемещения воздуха в нижней тропосфере (в феновых ситуациях) показывают на его движение в среднем с юга на север.

Продолжительность и повторяемость изучаемого явления зависят от длительности сохранения и частоты возникновения описанных выше типовых синоптических ситуаций. Если смена этих ситуаций происходит довольно быстро, то сильные ветры противоположных румбов без продолжительных пауз сменяют друг друга. На продолжительность и чередование штормообразующих синоптических положений оказывают влияние: орографический циклогенез (появление многоцентровых депрессий в предгорьях Юго-Западного Тянь-Шаня), орографический антициклогенез (рост давления в малоподвижном антициклоне над горной системой Юго-Восточного Казахстана или увеличение давления в движущемся антициклоне вторжения при подходе к горной системе с запада), орографический фронтогенез, фронтолиз (обострение и размывание фронтов, возникновение волнового возмущения при подходе теплого фронта к западным оконечностям хребтов Тянь-Шаня, малоподвижные широко протяженные холодные фронты вдоль хребтов Западного Тянь-Шаня).

Быстрая смена над водохранилищем сильного восточного ветра на сильный западный происходит, в частности, при интенсивном перемещении на юго-восток Казахстана ложбины с хорошо выраженным холодным фронтом. Восходящие вертикальные токи и падение давления в передней части ложбины, отмечающиеся в районе Прибалхашья, вначале приводят к возникновению феновой ситуации (сильный восточный ветер над водохранилищем), а затем, при вхождении вторгающегося холодного воздуха в Илийскую долину, смене сильного восточного ветра сильным западным. Здесь, на входе в долину в наиболее узком ее месте ветер обоих направлений приобретает наи-

большую скорость и порывистость, что подтверждается данными метеостанции Карачок.

Смена сильного западного ветра на сильный восточный возможно зависит от того, насколько успешно осуществится орографический антициклогенез над горной системой в заключительной фазе холодного вторжения. При интенсивных вторжениях это вполне вероятно, так как локальное орографическое возбуждение атмосферы пропорционально скорости и направленности набегающего на препятствие воздушного потока [2,6,8].

Результаты проведенного синоптического анализа позволили приступить к отработке методики прогноза, так как было установлено, что временное изменение полей изаллобар и изаллогипс различно при противоположном направлении усиливающегося ветра, а характер изменения самих полей P_0 и H_{500} допускал использование в качестве предсказателей аналоги горизонтальных градиентов изменения этих метеовеличин. Тем более, что поля P_0 и H_{500} неплохо прогнозируются гидродинамическим способом с использованием численно-разностных схем. В узлах сеточной области (5×10^0), охватывающей юго-восток Казахстана, были рассчитаны разности давления на уровне моря

$$(Gp)_i = P_i - P_{i+1} , \quad (Gp)_j = P_j - P_{j+1} , \quad (1)$$

геопотенциальной высоты поверхности 500 гПа

$$(Gh)_i = H_i - H_{i+1} , \quad (Gh)_j = H_j - H_{j+1} , \quad (2)$$

где i - порядковый номер узла сетки возрастающий с уменьшением широты при движении вдоль долготы с севера на юг; j - порядковый номер узла сетки возрастающий с ростом долготы при движении вдоль широты с запада на восток.

Эти разности рассматривались в качестве аналогов горизонтального градиента.

Для каждого узла вычислялось также пространственное и временное изменение этих разностей:

$$\begin{aligned} (\Delta Gp)_1 &= (Gp)_1 - (Gp)_{1+1} , \\ (\Delta Gp)_j &= (Gp)_j - (Gp)_{j+1} , \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} (\Delta Gh)_1 &= (Gh)_1 - (Gh)_{1+1} , \\ (\Delta Gh)_j &= (Gh)_j - (Gh)_{j+1} , \end{aligned} \quad (4)$$

$$\delta P_t = P_t - P_{t+1} , \quad \delta H_t = H_t - H_{t+1} , \quad (5)$$

$$\begin{aligned} (\delta Gp)_t &= (Gp)_t - (Gp)_{t+1} , \\ (\delta Gh)_t &= (Gh)_t - (Gh)_{t+1} , \end{aligned} \quad (6)$$

где t - номер суток.

Оценив поведение каждой из этих характеристик на пространстве дискриминантных переменных, через величины коэффициентов канонической и внутригрупповой парной корреляций, были отобраны наиболее показательные из этих переменных для определения линейных дискриминантных функций. Для различных режимов прогноза осредненный коэффициент парных корреляций между этими переменными изменялся в пределах 0,14 - 0,36, коэффициент канонической корреляции - (0,39 - 0,80), критерий хи-квадрат - (62 - 421), процентное содержание результатов правильной классификации - (75 % - 94 %). Объем рабочих выборок варьировал в пределах 41-350 случаев.

Последовательность вычисления дискриминантных функций в схеме прогноза зафиксирована в алгоритме и программе для персонального компьютера, предназначенных для оперативной работы пользователя. Авторская проверка методики прогноза в режиме оперативного счета (107 случаев) показала неплохой результат. Оправдываемость без явления 100 % (95 прогнозов). Оправдываемость явления 20 % (10 прогнозов). Предупрежденность 100 % (2 прогноза). Внедрение метода предполагается в Бюро Погоды Казгидромета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буз А.И. Вопросы прогноза скорости ветра. Погодообразующие процессы и опасные явления погоды, над Литвой и Калининградской областью. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - С.120-127.
2. Гельмгольц Н.Ф. Горно-долинная циркуляция северных склонов и предгорий Тянь-Шаня. - Л.: Гидрометеиздат, 1962. - 330 с.
3. Есеркепова Т.А. Ураганные ветры в Джунгарских воротах и рекомендации к их прогнозу // Тр. КазНИГМИ. - 1968. - Вып. 31. - С.102-110.
4. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование: Сборник лекций. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 136 с.
5. Переходцева Э.В., Снитковский А.И., Устинова Г.П. Исследование сильного ветра с помощью дискриминантного и регрессионного анализов и возможность использования прогностических схем давления для прогноза ветра // Тр. Гидрометцентра СССР. - 1977. - Вып.185. - С.3-23.
6. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. II. Вып. 4. Казахстан / Под ред. Мурадова М.А. - М.: Гидрометеиздат, 1987. - 35 с.
7. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. I. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 701 с.
8. Синоптические процессы Средней Азии / В.А.Бугаев, В.А.Джорджио, Е.М.Козик и др. -Ташкент: Изд-во АН Узб.ССР, 1957. - 477 с.
9. Снитковский А.И. Прогноз сильных ветров // Метеорология и гидрология. - 1970. - N 9. - С.54-61.
10. Снитковский А.И., Кириллова Н.И., Переходцева Э.В. Краткосрочный прогноз ветра у поверхности земли на основании численных прогностических полей давления // Тр. Гидрометцентра СССР. - 1979. - Вып. 225. - С.3-19.
11. Хандожко Л.А. Региональные синоптические процессы. - Л: ЛГМИ, 1988. - 103 с.

12. Хандожко Л.А. Региональные процессы погоды. -
Л.: ЛГМИ, 1989. - 235 с.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ҚАПШАҒАЙ СУ ҚОЙМАСЫ АЙМАҒЫНДАҒЫ
ҚАТТЫ ЖЕЛДІ БОЛЖАУДЫҢ ӘДІСІ ТУРАЛЫ

Георг. ғ. канд. М.А. Мурадов

Қапшағай су қоймасы аймағындағы қатты жел тұруының климаттық ерекшеліктерін, синоптикалық және мезомаштаптық жағдайын зерттеу нәтижелері келтіріледі. Қысым аумағының өзгеруіне сандық баға беру мен су жиынтығы деңгейі геопотенциалына негізделген осы құбылысты болжаудың әдістік негізі мазмұндалады. Өзірленген болжау әдісі автоматтандырылған нұсқада Қазгидрометтің Ауа райы Бюросының шұғыл жұмыстарына пайдалануға арналған.