

УДК 551.509.323

**О ВОЗМОЖНОСТИ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ЗАМОРОЗКОВ В ЮЖНОМ КАЗАХСТАНЕ**

Е.Н.Бондаренко

Г.М.Бондарь

Канд. геогр. наук Е.Ф.Власенко

Предлагается новый подход к долгосрочному прогнозу заморозков, суть которого заключается в аппроксимации ежесуточного хода минимальной температуры воздуха в течение года в виде суперпозиции колебаний: длинноволновых за счет изменения склонения солнца в течение года и коротковолновых за счет синоптических процессов. Рассмотрен случай поздних заморозков весной 1993 г. в Южном Казахстане

Прогноз заморозков с большой заблаговременностью представляет необычайно трудную задачу. Таких работ очень мало, причем в большинстве из них сделаны только первые шаги к решению вопроса о возможности долгосрочного прогнозирования. Авторам этой статьи не удалось обнаружить методы прогноза заморозков с детально разработанной теорией.

С 1986 г. по 1989 г. в отделе долгосрочных прогнозов Казахского Гидрометцентра проходили оперативные испытания метод сезонного прогноза аномалий количества суток с заморозками, разработанный К.А. Каном [4]. Прогноз основан на особенностях изменения сроков весенней перестройки циркулярного вихря (ЦПВ) в стратосфере и длительности существования летнего стратосферного антициклона. Автором были построены типовые поля аномалий числа суток с заморозками, которые и выдава-

лись в качестве фоновых прогностических полей по 30 станциям Казахстана. Оправдываемость оперативных испытаний по ρ была следующая: в 1986 г. в апреле она составила 0,6; в мае 0; в сентябре 0,4; в октябре -0,2; в 1987 г. в мае -0,36; в сентябре -0,8 и октябре -0,79. Средняя оценка составила 0,20, или 41 %. Из-за низкой оправдываемости метод не был внедрен в практику. Однако, если посмотреть внимательнее на приведенные оценки, то можно видеть, что какое-то положительное зерно в нем есть. Скорее всего связь возникновения заморозков с ЦПВ не простая, так как в один год (1986) она дает положительный, а в следующий (1987) прямо противоположный, но очень высокий результат. К недостаткам метода также отнесли и то, что он не позволяет прогнозировать момент возникновения заморозков. Однако задача долгосрочного прогноза числа суток на месяц отличается от прогноза времени наступления явления и его интенсивности. И то, что первую задачу еще можно решить, хотя бы так как это сделал Кан, то как решить вторую, еще пока не ясно.

Основная плодотворная идея долгосрочного прогнозирования, разрабатываемая различными авторами, состоит в том, что в глобальной системе "океан-атмосфера" существуют долгопериодные синоптические процессы, которые создают условия для возникновения заморозков в каком-либо физико-географическом районе. Исходя из этого, можно предположить, что для появления заморозков в апреле и мае в Южном Казахстане необходимые синоптические условия создаются уже в январе, а возможно и раньше. Таким образом, первая рабочая гипотеза, необходимая для создания метода долгосрочного прогноза заморозков, состояла в том, что формирование атмосферных процессов, приводящих к весенним заморозкам, начинается еще зимой.

Сложность решения задачи заключается как раз в определении и формализации описания той синоптической ситуации, которую можно считать ключевой для развития атмосферного процесса, приводящего к возникновению заморозков. Классификация синоптических процессов, несмотря на кажущуюся простоту

и огромное количество уже существующих типизаций, остается нерешенной задачей. Детально этот вопрос рассмотрен в статье Дж.Кея и Р.Г.Крейна [15], которые проанализировали различные схемы "объективной" классификации.

Ранние классификации синоптических процессов, над которыми работали многие поколения синоптиков, по сути своей были довольно субъективными. Они до сих пор создаются и используются, как в странах СНГ, так и Западной Европы, а также в США, Японии и Китае. Хотя число их уменьшается, так как они не оправдали ожиданий, но все-таки у них есть и достоинства. Основное достоинство - это наглядность, которая позволяет осветить отдельные стороны явления, а иногда и выяснить новые закономерности атмосферных процессов. В настоящее время процесс классификации стараются каким-либо образом объективизировать. Однако все классификации синоптических процессов, как бы они не назывались, по существу субъективны и имеют пока еще неустранимые недостатки. Основная трудность заключается в том, что любая классификация природных процессов делает почти невозможным повторение результатов. Так, например, два исследователя-синоптика даже высокой квалификации при соблюдении одних и тех же правил классификации не редко приходят к совершенно различным результатам.

В настоящее время пользуются так называемыми, "объективными" типовыми схемами синоптических процессов, которые раньше назывались шаблонами. Они удобны для компьютерных расчетов и в какой-то степени все же исключают элемент субъективности. Кроме того, в классификации метеорологических полей существуют такие трудности, которые не свойственны, например, теории распознавания образов. Так, не могут считаться удовлетворительными, два крайних случая классификации: первый - когда все метеорологические поля относятся к одному типу поля (феномен "новичка"), второй - когда все поля разные, т.е. каждое поле относится к новому типу ("придирчивый", "требовательный специалист"). Необходимо чтобы классификация включала не слишком

мало, но и не слишком много типов, а также чтобы число типов полей было каким-либо образом пропорционально числу классифицируемых полей, например, равнялось бы $5lg N$, где N - число полей [8].

Рассмотрим способы объективной классификации метеорологических полей в общем виде. Условие подобия двух полей обычно определяется некоторой функцией $F(N)$, удовлетворяющей неравенству

$$|F(N') - F(N'')| < R,$$

где N' и N'' значение какой-нибудь метеовеличины, принадлежащей двум различным полям; R - пороговая разность, которая выбирается субъективно и зависит от квалификации специалиста. В. Кирхгофер [16] проанализировал наиболее часто используемые методы объективной классификации метеополей и показал, что если даже заданные значения R отличаются на 1 %, то установленные классы могут резко отличаться друг от друга, в зависимости от выбранной функции подобия.

В прогнозе заморозков должны присутствовать две характеристики - интенсивность и дата возникновения, которые требуют высокой точности. Возможность неудачи в прогнозировании вынуждает специалистов быть крайне осторожными, однако без энтузиазма прогнозистов трудно добиться успеха. Практика и литературные источники [2,9,17] подтверждают, что при разработке сверхдолгосрочных прогнозов следует основываться на некоторых положениях, близких к аксиомам, которые дают теоретическую возможность решения задачи.

К таким положениям можно отнести следующие: 1) движения планетарного масштаба более предсказуемы, чем движения синоптического масштаба; 2) атмосферные процессы зимой более четкие, ярко выраженные и влияют на летние процессы больше, чем летние на погоду зимой, хотя известно народное правило, приведенное Б.П. Мультиановским [6]: "три лета - по зиме, три зимы - по лету и три - сами по себе"; 3) предел предсказуемости для умеренных широт ($30-60^{\circ}$) больше, чем за их пределами. Последний пункт кажется на первый взгляд спорным,

поэтому поясним. Так, в низких и в высоких широтах изменчивость метеорологических величин мала, поэтому там высокая оправдываемость прогнозов достигается за счет хорошей обеспеченности инерционных и климатических прогнозов. Но на фоне мало или медленно меняющихся метеорологических величин предсказать какое-либо резкое изменение почти невозможно, поэтому предел предсказуемости уменьшается.

Исходя из этого, сформулируем рабочую гипотезу, положенную в основу нашего исследования. Она состоит в том, что формирование синоптических условий поздних весенних заморозков определяется состоянием атмосферы в зимний период, т.е. последовательность зимних атмосферных процессов определяет сроки, когда в южных областях Казахстана вероятнее всего может осуществиться вторжение холодных масс воздуха. Сложность прогноза заморозков, как и прогноза любого другого метеорологического явления с большой заблаговременностью, как уже отмечалось, заключается в трудности описания и классификации ключевой синоптической ситуации. Поэтому для решения этой проблемы мы попытались установить механизмы, действующие в атмосфере, которые приводят к формированию необходимых и достаточных синоптических условий для возникновения заморозков.

Несомненно, и это не раз освещалось в специальной литературе, например в [13], что для наших районов значительную роль играет Северо-Атлантическое колебание, которое определяется взаимодействием двух центров действия атмосферы: изменчивого Исландского минимума и более устойчивого Азорского максимума. Их взаимодействие зимой приводит к тому, что высотный гребень или антициклон, расположенный над Британскими островами или континентом Западной Европы, усиливается или ослабевает в зависимости от выноса тепла в северные широты по его западной периферии. Такой механизм поддерживается и тем, что восточная часть Атлантического океана, начиная с осени, способствует такому нарушению зонального потока и образованию гребня. По классификации Г.Я.Вангенгейма этот

процесс относится к меридиональной форме циркуляции С, а по классификации А.Л.Каца - к форме 3. Таким образом, Северо-Атлантическое колебание определяет интенсивность и направленность атмосферного процесса, состоящего в переносе тепла к северному полюсу и образованию квазистационарных вихрей. Норвежские ученые [14] установили существование зимой двух противоположных стадий этого колебания. В первой стадии приземная температура воздуха в Гренландии превышает зимнюю норму, а во второй, наоборот, значительно ниже нее. В первом случае перенос тепла к полюсу осуществляется главным образом подвижными синоптическими вихрями. Во втором - решающую роль в меридиональном переносе играют малоподвижные вихри.

Известно [12], что над Баренцевым и Карским морями повторяемость циклонов зимой почти в 1,5 раза больше, чем летом. Если в январе в центрах основных очагов повторяемость циклонов достигает 40-50 %, то на июльской карте в этих же очагах она составляет всего 25-30 %. Следует учесть, что зимой они охватывают большую площадь, чем летом. Структура циклонических возмущений более разнообразна, чем антициклонов. В первом приближении, типизацию циклонов проводят по трем категориям в зависимости от широт, между которыми они существуют. Они известны как тропические, умеренные и полярные циклоны. Каждая группа циклонов играет свою роль в перераспределении атмосферных масс в процессах меридионального обмена на земном шаре.

Циклоны над арктическими морями получили название полярных в отличие от циклонов умеренных широт. Полярные циклоны - это подвижные мезомасштабные депрессии, возникающие и быстро углубляющиеся в арктическом воздухе при холодных вторжениях над Северной Евразией. По исследованиям норвежских ученых [14] их горизонтальные размеры не превосходят 500 км, а чаще колеблются около 100 км. Район зарождения полярных циклонов располагается несколько южнее острова Шпицберген. Продолжительность их существования над поверхностью морей меняется в пределах от 12 до 72 ч., а при выходе на сушу они быстро заполняются. Проникая в

Карское море, Эти циклоны играют важную роль в перераспределении температуры воздуха арктического бассейна, в частности в накоплении холодных воздушных масс с центром над островами Новой Земли. Этот процесс может играть решающую роль при формировании поздних весенних заморозков.

Так, накопленный в течение зимы холодный воздух, обладая большой потенциальной энергией, может развить и большую кинетическую. В результате чего он может глубоко проникнуть в южные широты в системе антициклона за холодным фронтом и вызвать поздние весенние заморозки. Если при этом восточная ветвь подошедшего гребня будет ориентирована на юг Казахстана, то заморозки могут возникать и здесь.

В монографии Э.Пальмена и Ч.Ньютона [7] утверждается, и многие исследования подтвердили тот факт, что в северном полушарии существует определенная широта, южнее которой полярный воздух теряет свои свойства. Кроме того, сохранение полярным воздухом своих характеристик при движении в низкие широты зависит также от исходной температуры воздуха: чем холоднее воздушная масса, тем дальше на юг она продвигается.

Рассмотренные выше и другие механизмы приводят к тому, что в атмосфере наблюдается большое разнообразие волновых движений. В реальных условиях силы, действующие в атмосфере, как правило, носят нерегулярный характер. При этом происходит обмен энергией между волнами разных масштабов и происхождения. Кроме того, движения атмосферы, возникающие за счет взаимодействия с подстилающей поверхностью и сил вязкости приводят к динамической неустойчивости, приводящей к трансформации волн в турбулентные вихри также разных масштабов. При этом периоды колебаний отдельных гармоник зависят от протекания синоптических процессов [5].

Температура воздуха почти мгновенно адаптируется к изменениям синоптических процессов, т.е. она также испытывает нерегулярные колебания и примерно с той же частотой. Поэтому в некоторых прогностических гидродинамических схемах температуры аппроксимируются тригонометрическими функци-

ями. Для прогноза заморозков необходимо знать максимальные понижения температуры воздуха за сутки.

Годовой ход суточной минимальной температуры воздуха в значительной степени формируется под воздействием двух основных факторов: наклоном Солнца и движением самой атмосферы. Нами исследовался временной ход минимальной суточной температуры воздуха на ст. Алматы за 53 года. Удалось установить, что вклад солнечной энергии лучше всего аппроксимируется параболическим трендом. Вклад же атмосферной циркуляции можно представить в виде суммы гармонических волн различных периодов, например, хорошо известным естественно-синоптическим периодом, возмущениями длинных волн и некоторыми более длинными периодами, которые значимо выявляются при спектральном анализе, но природа которых до конца не ясна. В литературе [1,2,3,7] и в оперативной практике [10,11] установлены следующие периоды колебания атмосферных процессов: 5, 13, 24, 28, 33, 46, 67, 73, 87 суток. Большая длительность для решения нашей задачи не нужна. Однако эти периоды дают представление только о их средней продолжительности, которая на самом деле, распределена в некотором интервале и определяется в каждом конкретном случае скоростью развития синоптических процессов. Ошибки прогноза наступления заморозков как раз и будут колебаться в этом интервале, который может достигать нескольких суток.

При анализе карт барической топографии нами была установлена последовательность развития синоптических процессов, приводящих к заморозкам. Так, в первой половине апреля, когда южная граница нулевой среднесуточной температуры воздуха проходит по северным областям Казахстана, заморозки в Южном Казахстане отмечаются при всех видах холодных вторжений. Во второй половине апреля и первой половине мая при западных холодных вторжениях заморозков не бывает, а во второй половине мая заморозки могут быть только при северных холодных вторжениях. Таким образом, возникновению весенних заморозков предшествует весьма узкий

класс холодных вторжений. Анализ временного хода минимальной температуры на ст. Алматы позволил установить четыре класса весенних заморозков: ранних, нормальных, поздних и очень поздних.

Для того, чтобы вывести теоретическую зависимость годового хода минимальной температуры воздуха необходимо учесть не только годовое изменение высоты солнца и колебания, вызванные синоптическими процессами, но и контрастность воздушных масс в различные дни года. Так, известно, что в холодный период года, когда воздушные массы являются термически резко дифференцированными, изменения температуры воздуха обусловлены главным образом адвекцией. В теплый период температурные различия меньше, поэтому усиливается действие других факторов. Для каждого суток можно рассчитать коэффициент контрастности, который характеризует изменение минимальной температуры воздуха от дня ко дню. Для его определения мы предлагаем следующую эмпирическую формулу

$$K(t) = \frac{(t - 183)^2 + a^2}{b^2} \quad (1)$$

Здесь t - число суток с начала года, a, b - эмпирические коэффициенты, также характеризующие средний контраст воздушных масс зимой и летом для южных областей Казахстана. По нашим расчетам $a = 120$ и $b = 180$. Им соответствуют коэффициенты контрастности $K(t)$, которые уменьшаются от 1,78 в январе до 0,45 в июле, а затем возрастают в этих же пределах от июля к январю.

Исходя из вышеизложенного, временной ход минимальной температуры воздуха (T_{min}) для каждого года (j) можно выразить следующей формулой

$$T_{minj} = A_j t^2 + B_j t + C_j + K(t) \sum_{i=1}^n A_j \sin(\omega_j t + \varphi_j), \quad (2)$$

где первый трехчлен описывает параболический тренд, связанный с изменением склонения Солнца, а под знаком суммы стоят гармоника атмосферных колебательных движений с соответствующими параметрами: амплитуды (A_j), частоты (ω_j) и фазы (ψ_j).

Известно, что атмосфера относится к автоколебательным системам. Более того - это не жесткая система, то есть любой импульс найдет отклик. Существующие понятия, такие как длинные волны, солитоны, или центры действия атмосферы, более мелкомасштабные вихри - циклоны - все это циркуляционные отклики атмосферы. Точно такие же волны должны быть и во временном ходе минимальной температуры воздуха, описанного формулой (2). Предварительные эксперименты такой аппроксимации минимальной температуры воздуха для Алматы позволили в первом приближении получить удовлетворительные результаты. Однако необходима дальнейшая работа по уточнению значений ω_j и ψ_j .

Суть разрабатываемого нами долгосрочного метода прогноза заморозков на весну состоит в том, что, если в начале года в атмосфере начала развиваться определенная серия синоптических процессов, или, как это сейчас иногда говорят, начал раскручиваться сценарий каких-то событий, то эта серия сама является процессом, имеет длительность и инерцию и должна приводить к определенному результату. На таком принципе основан, кстати, и метод аналогов, однако в нем геометрическая аналогия полей не учитывает динамику развития процесса, как это позволяет сделать теория колебаний. Поэтому, набрав статистику гармонических параметров для заморозков при разных синоптических процессах следует получить наиболее вероятный ход минимальной температуры воздуха в апреле и мае в зависимости от того, какие колебания будет испытывать минимальная температура воздуха с декабря по февраль включительно.

Рассмотрим, например, развитие синоптических процессов весной 1993 года.

В этом году теплая погода апреля способствовала быстрому развитию растительности. Вторая декада была теплой, временами даже жаркой. Средняя

декадная температура воздуха превышала норму на 2 - 3 °С и в отдельные дни максимальная температура достигала 30 °С. И хотя третья декада апреля была несколько холоднее обычного, растения развивались довольно интенсивно. К началу мая расцвели все виды фруктовых деревьев и ягодников почти по всей территории областей. Были высажены в грунт теплолюбивые овощные культуры (огурцы, помидоры, баклажаны, перец и др.), а также взошли кукуруза, картофель, табак, сахарная свекла ранних сроков посева. Наступил наиболее опасный период для садовых и овощных культур в случае возникновения заморозков.

С начала мая увеличилась угроза их возникновения. Уже в первых числах произошло вторжение холода из районов умеренных широт, при этом слабые заморозки отмечались только в среднегорных районах, а на остальной территории наблюдались положительные минимальные температуры воздуха. Мощная волна холода была 8-9 мая. Северо-западное вторжение сопровождалось пасмурной погодой с дождями, которые в ночь на 9 мая перешли в снег, а температура воздуха понизилась до отрицательных значений (табл.).

Таблица

Минимальные температуры воздуха на
метеостанциях Алматинской области 8-9 и
18 мая 1993 г.

Метеостанция	8 мая	9 мая	18 мая
Алматы	14,0	- 0,1	0,1
Узунагач	5,5	- 5,6	0,5
Баканас	13,0	- 1,7	- 1,2
Шелек	13,9	1,2	- 0,7
Есик	3,0	-12,8	- 1,8
Кеген	13,0	- 1,2	0,2
Нарынкол	12,1	- 2,0	- 0,7

Следующая волна холода была 18 мая. Причем похолодание охватило в основном восточную часть южных областей. Осадков почти не наблюдалось, а в некоторых районах преобладала малооблачная погода

и заморозки на почве были сильнее. Следует отметить, что первая декада мая была холоднее нормы на 3-4 °С, вторая - на 2-3 °С, а третья - на 0-2 °С.

В конце мая поля, сады и виноградники представляли собой удручающую картину: были полностью перепаханы и заново засеяны поля кукурузы, помидоров, перца; замерзли плоды косточковых деревьев, винограда и др. культур. В среднем по территории Южного Казахстана ущерб от заморозков составил для садов и ягодников 20 - 40 % от общей занимаемой площади, виноградников 40-60 %, открытых овощных культур, кукурузы на силос и табака 60-80 %. Только по Алматинской области садов было повреждено 11100 га, что составило 10-30 % от общей площади на равнине (в горах 50-80 %), виноградников - 8700 га (30-70 %), садов и ягодников - 70 га (50-60 %), открытых овощных культур, кукурузы, табака - 60-80 %.

Механизм формирования поздних весенних заморозков начал проследиваться уже с января 1993 г. В атмосферной циркуляции над первым естественно-синоптическим районом преобладали меридиональные формы 3 по А.Л.Кацу, что хорошо видно при анализе среднемесячных карт H_{500} за первые три месяца этого года. Гребни постепенно перемещались с нулевого меридиана на восток и усиливались. Над Карским морем на АТ-500 отмечалась область низкого давления. Скопление холода проходило над Новой Землей. В апреле отмечалась интенсивная, меридионально изогнутая фронтальная зона, ось которой была направлена примерно от запада Черного моря на Кольский полуостров. В первой половине мая ось гребня сдвинулась в восточном направлении примерно на 40°, что способствовало захвату холодных воздушных масс из районов Новой Земли и формированию интенсивного холодного вторжения на территорию Казахстана. С начала мая фронтальная зона была направлена с Новой Земли на юг Казахстана, что и привело к гибели растений при вторжении холодного воздуха 8 мая, когда пострадали в основном косточковые деревья - урюк, вишня и т.п. На земле снег прикрыв рассаду и всходы, с которыми в

результате ничего особо страшного не случилось. После такого резкого похолодания опасность повторных заморозков, казалось бы, миновала. В некоторых хозяйствах высадили всю оставшуюся рассаду, но погода приготовила очередной сюрприз: 18-19 мая снова произошло вторжение арктического воздуха. Растения в большинстве своем погибли именно при этой волне холода, так как рассада еще не окрепла, хотя температура воздуха была значительно выше, чем 8 - 9 мая, что видно по данным табл. Кроме того, воздух был очень сухой, а почва - открыта.

Этот пример показывает далеко не простую зависимость ущерба в сельском хозяйстве от времени вегетации растений, метеорологических характеристик пришедшей воздушной массы и особенностей развития синоптического процесса. Здесь описан только один вид механизма атмосферного воздействия. Имеется довольно большое разнообразие таких механизмов, хотя возможно существуют и неопределенные ситуации, которые требуют своего исследования. Эксперименты в этом направлении позволят подобрать параметры уравнений, оценить эффективность полученных закономерностей и выбранного подхода к долгосрочному прогнозу заморозков в Южном Казахстане.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 616 с.
2. Долгосрочное и среднесрочное прогнозирование погоды// Проблемы и перспективы/ Под. ред. Д.Бариджа. - М.: Мир, 1987. - С. 117-167.
3. Зверев А. С. Синоптическая метеорология и основы предвычисления погоды. - Л.: Гидрометеиздат, 1968. - 540 с. - 1977. - 711 с.
4. Кан К.А. Методика сезонного прогноза аномалии количества дней с заморозками в Казахстане// Автореферат дис. на соиск. учен. степени канд. геогр. наук: 11.00.09.- Защищена 04.11.83 - М., 1983. - 26 с.

5. Матвеев Л.Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 295 с.
6. Мультиановский Б.П. Основные положения синоптического метода долгосрочных прогнозов. - М.: Центральное управление единой гидрометеорологической службы СССР. - 1933. - 139 с.
7. Пальмен Э., Ньютон Ч. Циркуляционные системы атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1973. - 615 с.
8. Пановский Г.А., Брайер Г.В. Статистические методы в метеорологии. - Л.: Гидрометеиздат, 1972. - 209 с.
9. Проблема предсказуемости атмосферы и долгосрочный прогноз погоды /Мусаелян Ш. А., Штейнбок Д. Б., Михайлу А.Г., Тавадян А. Ю./ Тр. Гидрометцентра СССР. - 1987. - Вып.286. - С. 3-12.
10. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Л.: Гидрометеиздат, 1965. - Ч.2. - 491 с.
11. Руководство по долгосрочным прогнозам погоды на 3 - 10 дней. - Л.: Гидрометеиздат, 1968. - Ч.1. - 351 с.
12. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 157 с.
13. Angell J. K., Rorshover J. Quasi - Biennial and Long - Term Fluctuations in the Centers of Aktion // Mon. Weath. Rev. - 1989. - Vol.102, N 10 - P. 669-678.
14. Carleton A. M. Meridional transport of eddy sensible heat in winters marked by extremes of the North Atlantic oscillation 1948/49 1979/80 // J.Clim. - 1988. - Vol.1, N 2. - P.212-223.
15. Key J., Crane R. G. A comparison of synoptic classification schemes based on "objective" procedures // J. Clim. - 1986. - Vol.6. - P. 375-388.
16. Kirchofer W. Classification of 500 mb patterns// Arbeitsbericht der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, 1973. - Vol.45. - S. 47-63.

17. Retthyova J., Skoda M. Vypocet prizemnich minimalnich teplot pomoci regresnich reficientu pa rametrizovanych pro stanice Praha-Libus a Jusimice// Meteorol. zpr. - 1988. - N 1. - S. 3-8.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДА ҮСІКТІ ҰЗАҚ МЕРЗІМГЕ БОЛЖАУДЫҢ МҮМКІНДІГІ ТУРАЛЫ

Е.В. БОНДАРЕНКО

Г.М. БОНДАРЬ

Геогр. г. канд. Е.Ф.ВЛАСЕНКО

Үсікті ұзақ мерзімге болжаудың жаңа қадамдары туралы, яғни жыл бойғы ауаның минималды температурасының тәуліктік жүруін қалыптастыру негізінде күннің еңкеюі кезіндегі ұзын толқындық ауытқулар және синоптикалық процестердің қысқа толқындық әсерлері қарастырылады. 1993 жылғы көктемдегі және қоңыр күздегі Оңтүстік Қазақстандағы кеш түскен үсік жағдайы сипатталады.