

УДК 551.510.42:502.5

О ВЛИЯНИИ СИНОПТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПОЛЕ ВЕТРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В УСТЬ-КАМЕНОГОРСКЕ

А.В. Чередниченко

Рассмотрены аэросиноптические условия над территорией Восточного Казахстана и связанные с ними ветры на высоте 100 м. Описаны три наиболее часто встречающиеся направления ветра над регионом и их влияние на поле концентраций загрязняющих веществ в г. Усть-Каменогорске. Рассмотренные ситуации охватывают более половины всех случаев, которые могут иметь место.

Общеизвестно, что концентрация вредных веществ в воздушном бассейне города определяется не только объемами выбросов, но также метеорологическими условиями и орографией местности [3,4,8]. При этом орография тоже реализуется через метеоусловия, препятствуя, например, усилению ветра в соответствии с барическими градиентами, изменению направления воздушных потоков, способствуя формированию горно-долинной циркуляции и др.

В [9] нами были рассмотрены особенности распределения вредных веществ в воздушном бассейне Усть-Каменогорска в зависимости от трех наиболее часто встречающихся направлений ветра на высоте 100 м., т.е. примерно на уровне выбросов основных источников. Аэросиноптические условия, обуславливающие то или иное направление ветра, не рассматривались. Однако знание этих аэросиноптических условий может дать возможность прогнозировать направление ветра на высоте 100м, а соответственно, и поля распределения вредных веществ у земли (на высоте 1,5 м). Поэтому здесь рассмотрены именно аэросиноптические условия, формирующие соответствующие направления ветра. Поля распределения вредных веществ у земли при каждом из направлений существенно уточнены на основе дополнительных данных, полученных нами за последние годы. Все измерения, отбор проб и их анализ выполнены в соответствии с [6]. Полученные данные, характеризующие распределение поля ветра и кон-

центрации ЗВ у земли в зависимости от направления ветра на высоте 100 м, содержатся в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Распределение направления ($d, ^\circ$) и скорости ветра ($v, \text{м/с}$) у земли в зависимости от направления ветра на высоте 100 м

Точки наблюдений	Направление ветра на высоте 100 м								
	Юго-восточное			Западное			Северо-западное		
	d	v	штиль %	d	v	штиль %	d	v	штиль %
Пост № 12	205	1,1	37	290	0,7	53	265	6,5	0,0
10 этаж	130	3,8	00	260	0,8	42	265	3,0	0,0
Пост № 5	210	1,0	12	85	1,6	40	265	4,0	0,0
Пост № 8	135	2,6	25	260	0,7	60	270	3,0	0,0
Пост № 4	122	1,8	37	280	0,5	73	190	2,0	5,0
Пост № 1	257	0,8	50	125	1,0	20	155	1,0	0,0
Пост № 7	160	0,1	88	260	0,2	80	315	2,5	0,0
ачта подъножье)	-	-	-	260	0,5	60	280	4,0	0,0

Примечание: d – среднее направление; v – средняя скорость ветра у земли.

Таблица 2

Распределение относительных (нормированных на среднюю по городу) концентраций SO_2 и NO_x у поверхности земли в зависимости от направления ветра на высоте 100 м

Точки наблюдений	Направление ветра на высоте 100 м					
	Юго-восточное		Западное		Северо-западное	
	SO_2	NO_x	SO_2	NO_x	SO_2	NO_x
Пост № 12	0,99	0,72	1,23	1,48	0,88	0,38
Пост № 5	0,96	0,74	0,87	1,71	0,85	1,16
Пост № 8	1,01	1,17	0,86	0,53	0,73	1,00
Пост № 4	1,04	1,34	0,83	0,59	0,92	2,40
Пост № 1	0,67	0,93	0,95	0,67	1,66	0,62
Пост № 7	0,99	0,93	1,47	0,80	0,81	0,69
Т/мачта, низ	-	-	0,72	1,22	1,16	0,77
Средние концен- трации по городу, ПДК	3,57	0,84	2,50	1,06	2,60	2,60

Поскольку в нашу задачу не входило обстоятельное изучение или уточнение синоптических процессов над Восточным Казахстаном, мы попытались вписаться со своими данными в уже имеющиеся исследования, которые получили к тому же всеобщее признание. В работах [2,7] М.Х. Байдал изложил результаты фундаментальных исследований по типизации макропроцессов над территорией Казахстана. При этом он не просто типизировал макропроцессы над территорией Казахстана, но на материале за 50 лет подсчитал их повторяемость в зависимости от времени года, вероятность перехода одного типа в другой и т.д. Для нас важно то, что М.Х. Байдал дал комплекс погодных условий для отдельных районов Казахстана в зависимости от типа макроциркуляции. В этот комплекс входит информация о ветре, включая продолжительность каждого направления в процентах от времени существования типа макроциркуляции.

Исследования его легли в основу официального метода прогноза погоды по Казахстану на 3-10 дней [7]. Естественно поэтому, что наши исследования о распределении ЗВ в воздушном бассейне Усть-Каменогорска в зависимости от метеоусловий мы попытались согласовать с исследованиями Байдала М.Х. Ведь, зная макротип циркуляции, его повторяемость, продолжительность того или другого направления ветра при данном типе, можно прогнозировать направление ветра и его продолжительность, а на основе полученных нами связей между направлением ветра и полем концентраций ЗВ – поля их распределения в воздушном бассейне города Усть-Каменогорска. Поэтому далее синоптический анализ метеоусловий, приведенных к тому или другому направлению ветра на высоте 100 м, мы будем выполнять под углом их привязки к типам макроциркуляции Байдала.

Преобладающими направлениями ветра на высоте 60-100м, являются юго-восточное, западное и северо-западное. Горно-долинная циркуляция вдоль Ульбы и Иртыша определяет основное перемещение воздуха при малоградиентном поле. При активизации синоптических процессов градиентной ветер складывается с горно-долинной циркуляцией, подавляя или усиливая ее. В результате поле ветра у поверхности земли оказывается сложным и представляет интерес установить его особенности. Для этого были построены карты распределения средних скоростей ветра и нормированных величин концентраций SO_2 и NO_x в зависимости от направления ветра для юго-восточного, западного и северо-западного направлений. Осреднение за довольно длительный промежуток времени позволило изба-

вваться от второстепенных факторов. Распределение скорости ветра у земли дано в табл. 1, а расчеты для всех трех направлений в табл. 2. Расположение постов по территории города дано на карте – схеме рис. 1.

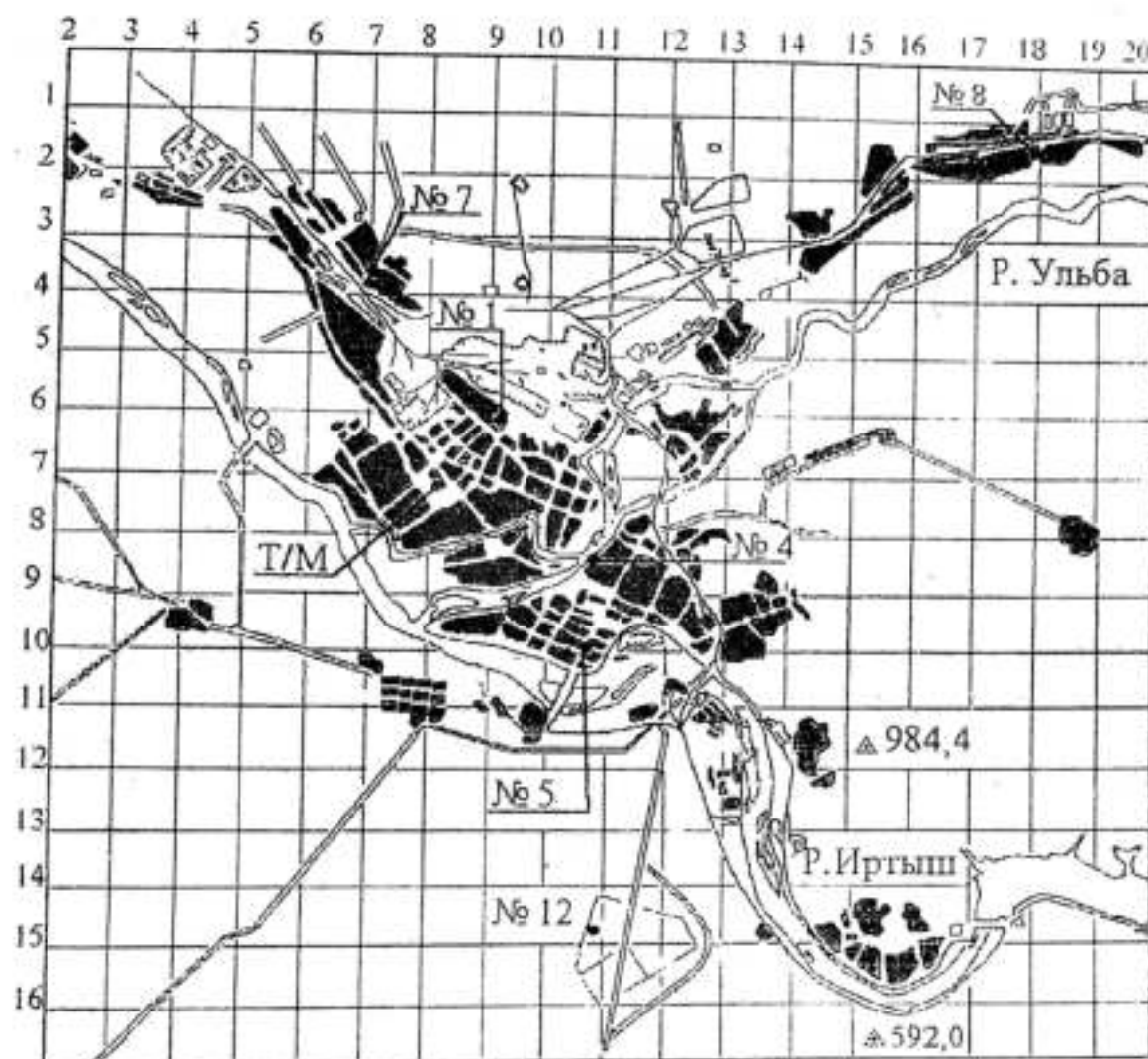


Рис. 1. Распределение постов отбора проб по территории города.
(Т/М - телемачта).

Для юго-восточного ветра на высоте 100 м распределение по территории нормированных значений SO_2 и NO_x представлено в табл. 1 и 2. Для данной ситуации горно-долинная циркуляция играет заметную роль. Особенно она заметна в долине реки Ульба. На выходе из гор средняя скорость ветра составила 2,8 м/с, которая вниз по течению постепенно понижалась и в районе поста №4 составила только 1,8 м/с. Летом горы остаются холоднее, чем равнина не только ночью, но и днем. Поэтому большую часть суток ветер направлен вниз по течению. Истинное направление ветра не совпадает, однако, с направлением реки в нижней части долины, т.е. по сути, в городе, так как оно искажается склоновой циркуляцией, обусловленной близлежащими горами, а также строениями.

Горно-долинная циркуляция вдоль Иртыша у поверхности земли оказалась относительно слабой, что возможно обусловлено влиянием Усть-Каменогорского водохранилища, расположенного выше по течению, остающегося более теплым, чем окружающая местность в ночное время, а также почти полным перекрытием долины горами в районе плотины Усть-Каменогорской ГЭС. В то же время на высотах 60-150 м часто имеют место сильные ветры, дующие вниз по течению Иртыша. Это одна из причин, почему выбросы тепловых котельных, расположенных, по сути, на берегу, слабо влияют на концентрации вредных веществ в городе. Практически все выбросы уносятся вниз по течению в узкой полосе, так что даже близлежащие посты №5 и №12 фиксируют их только частично.

Область минимальных скоростей ветра у земли имеет место в западной части города (район Защиты), не вовлеченной в горно-долинную циркуляцию и прикрытую с севера и северо-запада горами.

Распределение нормированных концентраций вредных веществ для данного направления согласуются с полем ветра. На уровне трубы и выше примеси переносятся ветром, наблюдающимся на этих высотах. Когда же примеси опускаются в нижние слои, их дальнейшее перемещение и диссипация определяются ветром на этой высоте [3,4,8]. Эти два факта, действуя совместно, и определяют распределение концентраций вредных веществ. При этом, естественно, сказываются вертикальная устойчивость атмосферы и наличие осадков.

Наибольшие концентрации SO_2 и NO_x приходятся на район долины реки Ульбы (посты № 8 и № 4), т.е. все, что переносилось с составляющей к руслу реки концентрировалось вдоль нее [9]. Поскольку ветры у земли обычно слабые при таком направлении ветра на высотах, то диссипация вредных веществ происходит медленно во всем городе, но особенно медленно в районе поста № 7. Концентрация SO_2 здесь по величине близка к ее значению в районе максимума (пост №4), однако NO_x – в два раза ниже, что обусловлено меньшим количеством имеющихся в районе источников. Самые низкие концентрации NO_x имеют место с наветренной стороны города (посты № 12 и 15).

Данные, полученные в другие сезоны для данного направления ветра на высоте 100м, отличаются только несколько большими его скоростями у земли. Это привело к некоторому уменьшению концентраций у земли, особенно в точках максимума и некоторому их смещению к северо-западу.

Рассмотрим теперь аэросиноптические условия, при которых имеют место юго-восточные ветры, и согласуем их с типами макроциркуляции М.Х. Байдала.

На рис. 2. представлен фрагмент карты – кольцовки за 9 ч мск 14 августа. Можно видеть, что район города расположен на западной периферии антициклона, центр которого располагался над Монголией. По периферии антициклона имела место активная фронтальная деятельность, в частности вынос теплого влажного воздуха в системе южного циклона с юго-востока. Это создавало условия для падения давления над восточными районами Казахстана (Семипалатинск, Усть-Каменогорск) и активизации юго-восточного переноса перед теплым фронтом, что мы и наблюдаем.

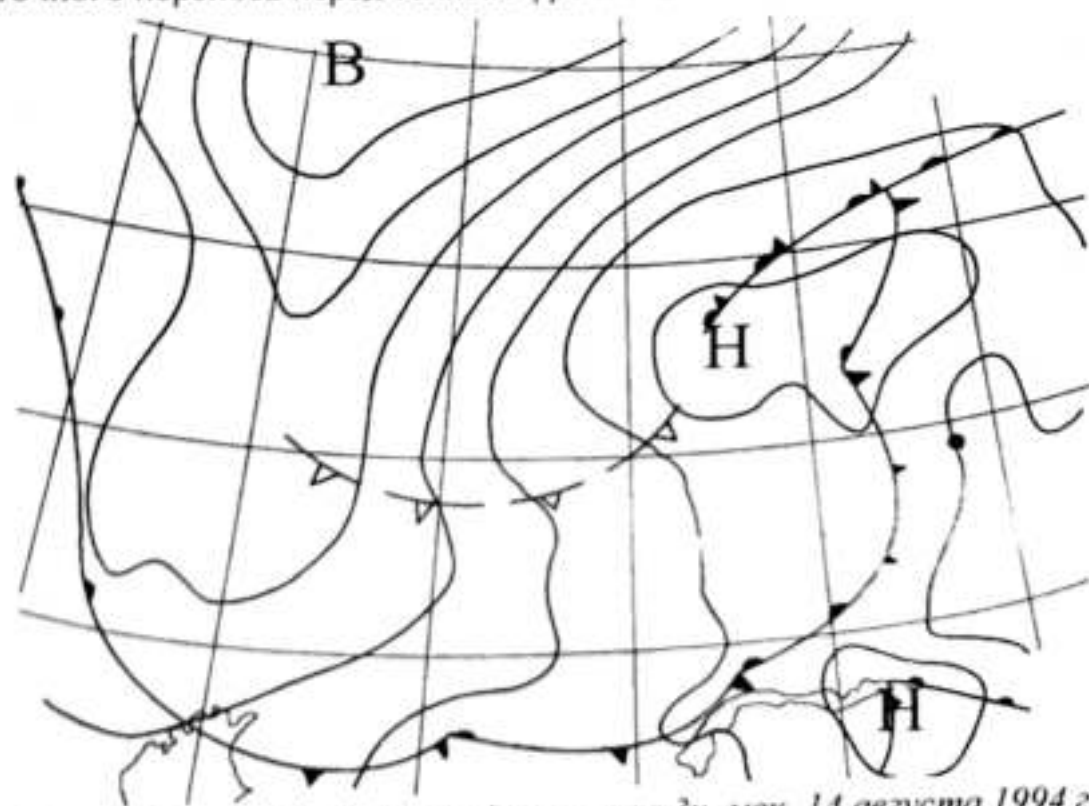


Рис. 2. Фрагмент приземной карты за 3ч. мск 14 августа 1994 г.

Разность температур в зоне холодного фронта на уровне 850 гПа составляет 7-8 °С, что указывает на интенсивность вторжения. На уровне 700 гПа центр циклона над восточным Казахстаном располагался на 100 – 150 км севернее приземного центра. Из этого следует, что циклон продолжает перемещение к востоку, но скорости такого перемещения невелики. Это подтверждается и анализом истории развития процесса за предыдущие сроки.

Согласно карте от $\frac{500}{1000}$ циклону над восточным Казахстаном соответствует самостоятельная область холода с центром на 150-200 км западнее

центра циклона, что указывает на интенсивность вторжения, которое уже почти состоялось. В последующие сроки, как это следует из аэросиноптического материала, юго-восточный ветер, имевший место перед холодным фронтом, должен сменяться на юго-западный, а затем на северо-западный.

Положение изогипс и планетарной высотной фронтальной зоны согласно карте AT-500 (рис. 3) такое, что наблюдающийся тип макроциркуляции, соответствует E1 (а точнее E1в) по типизации М.Х. Байдала [2]. Согласно [7] при этом типе в августе, когда велись наши наблюдения, юго-восточный ветер наблюдается в течение 20% времени, затем он сменяется на юго-западный (30%), а затем на северо-западный (20%). Для сравнения, в ноябре – феврале юго-восточный ветер дует 30% времени, а затем он сменяется юго-западным (50%) и, наконец, северо-западным (20%). Автор приводит в [7] данные и для весеннего времени года. Повторяемость самого типа E в первой половине августа даже несколько превышает 50%, а во второй половине месяца она снижается до 35%. И поэтому естественно, что при наших учащенных наблюдениях в августе были зафиксированы синоптические условия, характерные именно для этого макротипа.

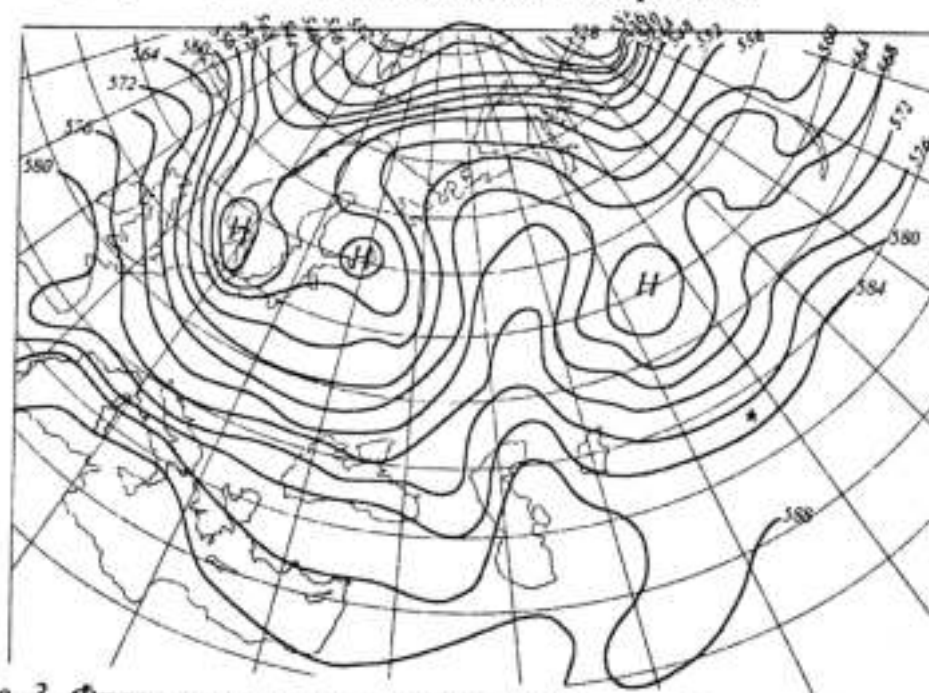


Рис. 3. Фрагмент карты AT-500 за 03ч. мск 14 августа 1994 г.

При западном ветре на высотах 60-100 м распределение поля скоростей ветра у земли и относительных концентраций SO_2 и NO_x в ноябре представлено в табл. 1 и 2. Можно видеть, что устойчивый западный ветер приводит к образованию области повышенных скоростей в центральной части долины. К северо-западу и юго-востоку от нее скорости ветра понижаются. Низкие скорости ветра отмечаются и на посту № 12,

поскольку этот район защищен от западных ветров близко расположенными холмами. Вдоль Иртыша вниз по течению формируется, однако, довольно сильное компенсационное течение воздуха, которое фиксируется на постах № 5 и №12. В районе поста №1 ветер у земли имеет устойчивое направление, а на высоте трубы - относительно слабый ветер. В районе поста №7 имеет место максимум концентраций SO_2 и невысокие концентрации NO_x . В то же время самые низкие концентрации NO_x имели место вдоль р. Ульбы (посты №4 и №8).

Распределение средних скоростей ветра и нормированных концентраций SO_2 и NO_x у земли можно считать типичным для устойчивого, но не сильного западного ветра на высотах 60-100 м.

Рассмотрим синоптическую ситуацию, при которой имеют место западные ветры. На рис.4 представлен фрагмент карты - кольцовки за 15 ч мск 15 ноября 1995г. Над восточным Казахстаном и Алтаем располагается система холодных фронтов, обуславливаемая вторжением холодного воздуха на район с северо-северо-запада в тылу циклона, центр которого к данному сроку располагается в районе Красноярска. Первый холодный фронт с волнами (ближайшая волна в 300 км северо-восточнее Усть-Каменогорска) проходит с востока-северо-востока на запад-юго-запад. Второй холодный фронт располагается в 250-350 км западнее от первого. За фронтом, западнее Семипалатинска, имеет место значительный рост давления.

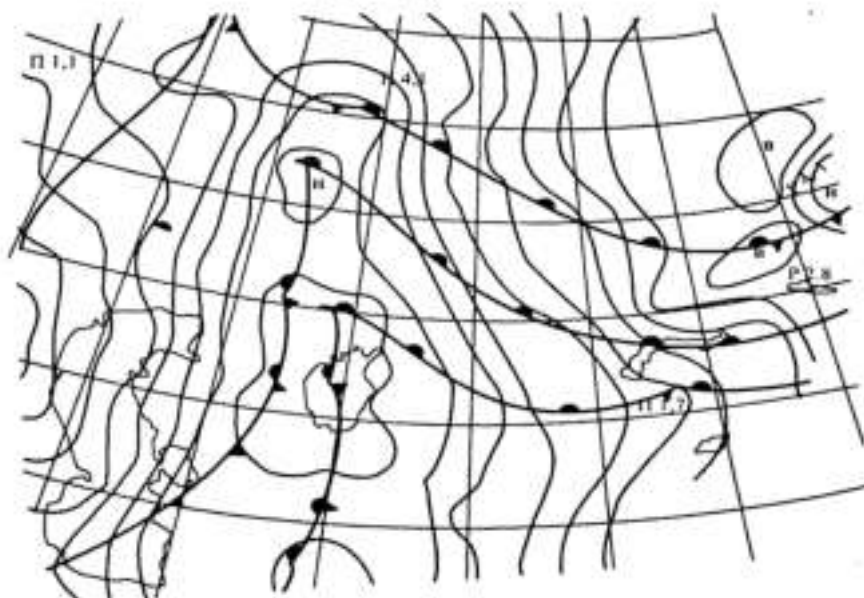


Рис. 4 Фрагмент приземной карты кольцовки за 15ч. мск 15 ноября 1995 г.

Согласно АТ-850 разность температур в зоне двух фронтов составляет 10-12 °С. Общий анализ ситуации показывает, что холодное вторжение на центральный и восточный Казахстан уже произошло и теперь про-

исходит смещение холодной воздушной массы к востоку, уже замедленное на данном фронте. На замедление смещения указывает волнообразование на фронтах и формирование по данным $OT \frac{500}{1000}$ самостоятельной области холода с центром в районе Караганды.

Согласно карте AT-500 (рис.5) данный макротип может быть идентифицирован, как C1a по [2]. Повторяемость типа С в ноябре всего лишь около 20% и только в начале месяца достигает 40%. Повторяемость северо-западных ветров для ст. Зайсан при этом типе достигает 80% от общего времени. И направление, отличное от западного, и большая продолжительность обусловлены влиянием орографии, когда все ветры с западной составляющей становятся в соответствии с ориентацией долины северо-западными. К сожалению, автор [2] не дает информации о продолжительности западных ветров.

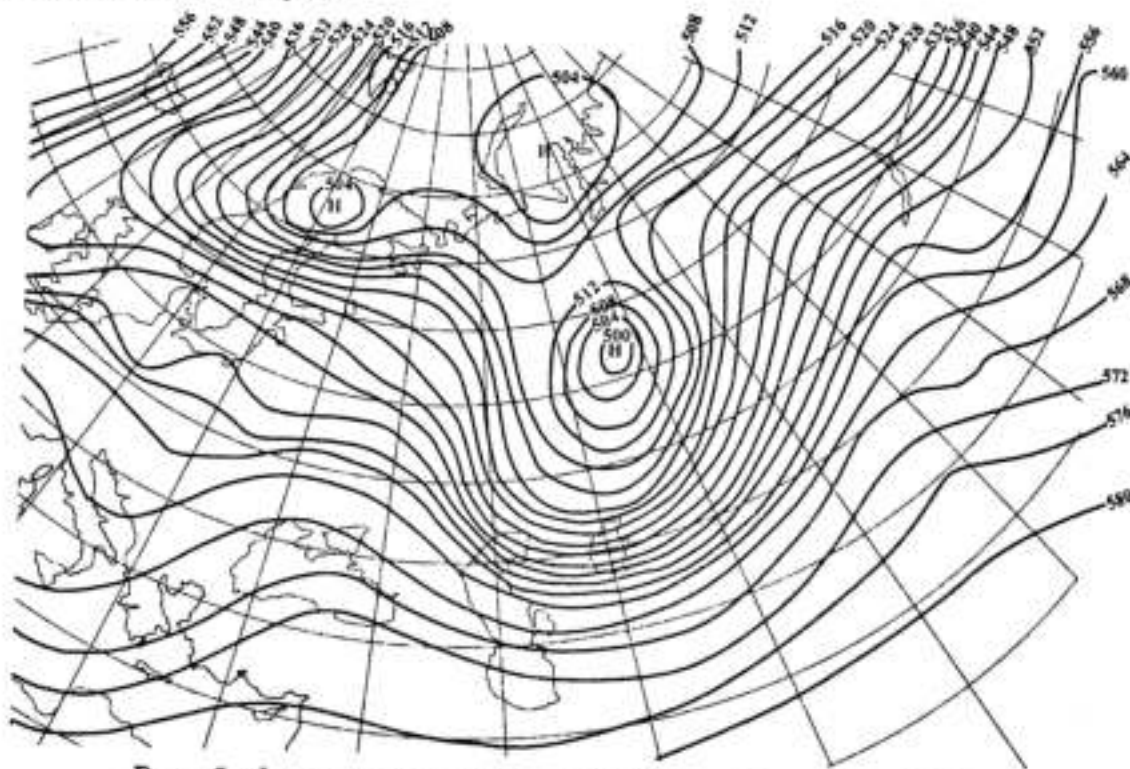


Рис. 5. фрагмент карты AT-500 за 15 ноября 1995 г.

Северо-западные ветры связаны с активными синоптическими процессами, в частности, с прохождением атмосферных фронтов с северо-запада. Естественно, что скорости ветра при этом выше средних, а само время существования такой ситуации непродолжительно. В табл. 1 и 2 представлено распределение средних скоростей ветра и относительных концентраций SO_2 и NO_x при таком ветре. Можно видеть, что поле средних скоростей у земли довольно простое. Минимум у земли располагается в северо-западной части долины, т.е. с подветренной стороны гор. Область

малых скоростей у земли вытянута к юго-востоку, захватывая и промплощадку. К востоку, югу и западу от этой области скорости ветра увеличиваются. В соответствии с теорией за хребтом воздушный поток должен опускаться вниз, образуя роторные волны [3]. Следствием этого является крупномасштабная турбулентность, приводящая к разрыву струи выбрасываемых газов и прижиманию ее местами к земле. В результате, как показали наши экспериментальные учащенные наблюдения [10,11], возможны локальные многократные увеличения концентрации вредных веществ у земли. Поскольку у земли ветры слабые, то такие области повышенных концентраций могут существовать довольно долго, медленно смещаясь по потоку и разрушаясь.

При северо-западном ветре на высоте 100 м максимум средней его скорости у земли имел место у поста №12, т.е. с наветренной стороны холмистой гряды предгорий Калбинского хребта. Направление ветра у земли в разных частях города было разным (табл. 1). Так, в районе поста № 1 оно юго-восточное или наблюдается штиль, а в районе поста №4 – юго-западное и т.д.

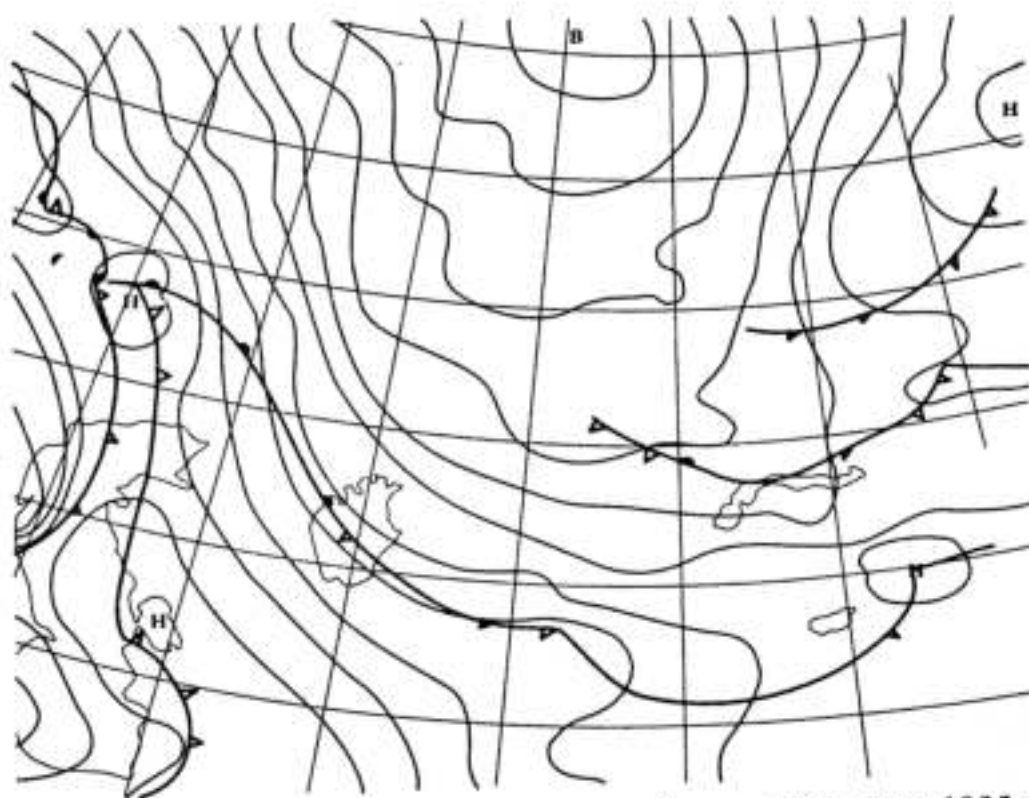


Рис.6. Фрагмент карты-кольцовки за 3ч. мск 12 апреля 1995 г.

Большая изменчивость направления ветра у земли указывает на интенсивное перемешивание воздуха по вертикали и противотечения, обусловленные падением давления над регионом и большими вертикальными градиентами скорости в орографически сложном районе [3,7]. Большие вертикальные сдвиги скорости являются благоприятной основой для крупно-

масштабной турбулентности, которая, как следует из распределения концентраций вредных веществ, действительно имеет место. Максимум NO_x в районе поста № 4 обусловлен именно этим фактором, влияние которого было, затем усилено выпадающими осадками. Максимум SO_2 располагался северо-западнее от максимума NO_x и находился в районе поста №1, т.е. вблизи основных источников выбросов этого загрязняющего вещества.

Распределение средних скоростей ветра и относительных концентраций SO_2 и NO_x , представленных на в табл. 1 и 2 можно считать типичным для северо-западных ветров на высоте 60-100 м со скоростями 7-12 м/с.

Синоптическая ситуация, при которой наблюдаются северо-западные ветры на высоте 60-100 м, представлена на карте кольцовке за 3 ч мск 12 апреля 1995 г. (рис. 6). Район Усть-Каменогорска, как и весь Казахстанский Алтай, находится под влиянием активной циклонической деятельности. Здесь располагаются два холодных фронта с волнами, перемещающиеся с северо-запада. Один холодный фронт уже прошел через район Семипалатинска, а второй находится несколько северо-западнее. За холодными фронтами в районе Павлодара отмечается значительный рост давления. Синоптическая ситуация на данный момент времени пока обуславливает северо-западные ветры в Усть-Каменогорске, но с прохождением фронтов через регион они безусловно сменятся на северо-западные.

Разность температур в зоне второго холодного фронта на уровне 850 гПа составляет всего 3 °С, а в зоне первого фронта она превышала 5 °С.

Согласно $OT \frac{500}{1000}$ над востоком Казахстана располагается обширная область холода. Вторая область холода располагается над югом Западной Европы.

На основе анализа положения ПВФЗ на уровне 500 гПа (рис. 7) с учетом данных $OT \frac{500}{1000}$ можно заключить, что имеет место макропроцесс типа E1a. При этом типе только над востоком Казахстана имеет место циклоническая деятельность, когда циклоны выходят с северо-запада. Область холода формируется только над востоком территории, а над центральными и западными районами располагается гребень тепла, которому соответствует антициклоническая деятельность у земли. Соответственно, у земли и на высоте 100 м на довольно длительное время устанавливаются юго-западные ветры перед холодными фронтами, которые сменяются затем на северо-западные.

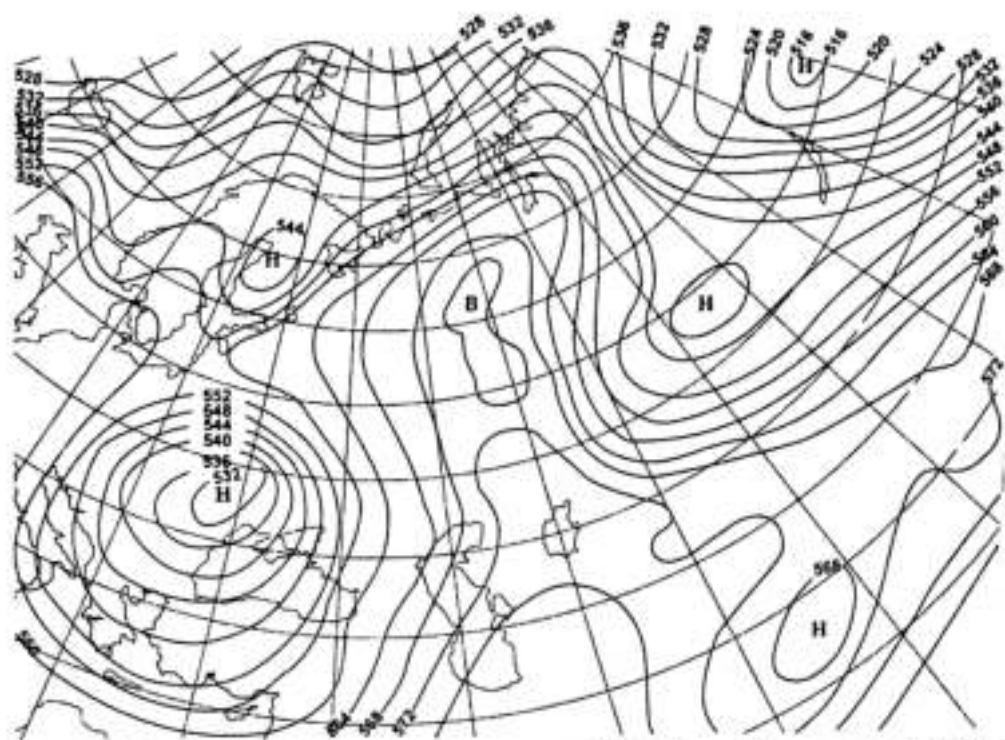


Рис. 7. Фрагмент карты – схемы АТ-500 за 12 апреля 1995 г.

Согласно [5] по данным загородной станции, расположенной западнее Усть-Каменогорска на открытой местности, повторяемость юго-западных, западных и северо-западных ветров равна 33, 11 и 26% соответственно. В январе, когда концентрации вредных веществ особенно высокие, повторяемость этих ветров еще выше: 48, 5 и 24% соответственно. Следовательно, рассмотренные нами ситуации, несмотря на то, что они приходятся только на часть типов макропроцессов, охватывают от 70 до 80% всех возможных направлений ветра, так как ветры таких направлений имеют место и при других типах.

Несколько другие, но близкие данные получены в [1]. В этой работе направление переноса оценивалось по синоптическим картам, т.е. влияние орографии было ослаблено. Авторы получили, что в зимний период для относительно теплой погоды вынос воздуха с Китая, т.е. юго-восточный перенос, наблюдается не менее чем в 15% случаев, вынос с юга Западной Сибири, т.е. с запада и северо-запада имеет место в 50% случаев. Для типов холодной и очень холодной погоды повторяемость данных направлений за счет увеличения юго-восточных ветров и некоторого уменьшения западных, достигает 80%.

Таким образом, рассмотренные нами три ситуации охватывают от 65 до 80% всех случаев, которые могут иметь место над регионом. И поскольку для них поле распределения вредных веществ нами согласованно с макропроцессами, то оно может быть и спрогнозировано.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алисов Б.П., Сорокина В.Н., Мягкова Н.А. Погода как климатическая характеристика. Вестник Московского университета, Сер. Геогр. 1971, № 2.
2. Байдал М.Х. Долгосрочные прогнозы погоды и колебаний климата Казахстана. Гидрометеиздат. – Л.: - 1961. – 186 с.
3. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985.-275с.
4. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. –Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 448 с.
5. Справочник по климату СССР. Вып.18. Казахская ССР. ЧЗ. Ветер.-Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 668 с.
6. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.-186-89.- м.: Гидрометеиздат, 1991.-693 с.
7. Руководство по долгосрочным прогнозам погоды на 3-10 дней. Ч.II. М.: Гидрометеиздат, 1968.-326 с.
8. Сонькин Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. –223 с.
9. Чередниченко А.В. и др. Особенности распределения примесей SO_2 и NO_x в воздушном бассейне города Усть-Каменогорска в зависимости от метеорологических условий / В.С.Чередниченко, А.А.Тютяев, В.С.Недовесов, А.В.Чередниченко // Гидрометеорология и экология №2, 1997. – с. 177-191.
10. Чередниченко А.В. и др. Комплексный учет влияния метеоусловий на рассеивание примесей в атмосфере города через изменение концентраций трассерного ингредиента. / В.С.Чередниченко, В.С.Недовесов., А.А.Тютяев, // Вестник КазГУ им аль-Фараби, серия географическая №5, 1997. – с. 39-43.
11. Чередниченко А.В. и др. К оценке вклада выбросов отдельного предприятия в приземные концентрации вредных веществ // В.С.Чередниченко, В.С.Недовесов, А.В.Чередниченко // Сб. "Международная конференция по проблемам изменения климата, 1997. – с. 133-135.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ӨСКЕМЕНДЕГІ СИНОПТИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ ЖЕЛ АЯСЫ МЕН ЖЕР ҮСТІ ЛАСТАУШЫ ЗАТТАРЫНЫҢ ТАРАЛУЫНА ӘСЕРІ ТУРАЛЫ

А.В. Чередниченко

Шығыс Қазақстан аумағының үстіндегі аэросиноптикалық жағдайлар мен олармен байланысты 100 метр биіктіктегі желдер қарастырылған. Аймақ үстінен өтетін үш ең жиі кездесетін жел бағыттары және олардың Өскемен қаласындағы ластаушы заттар концентрациясына тигізетін әсері суреттелген. Қарастырылған жағдайлар орын алатын жағдайлардың жартысынан көбін қамтиды.