

1. *Израэль Ю.А., Семёнов С.М., Анисимов О.А. и др.* Четвертый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата: вклад рабочей группы II // Метеорология и гидрология. 2007. №9. С. 5–14.
2. *Кокорин А.О.* Изменение климата на планете/Всемирный фонд дикой природы (WWF) – WWW. [Электронный ресурс] URL: <http://WWF.ru/climate> (дата обращения 3.09.2015).
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 32. Киргизская ССР. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 375 с.
4. *Переведенцев Ю.П.* Теория климата. Казань: Изд.-во Казан. гос. ун-та, 2009. 503 с.
5. *Подрезов О.А., Подрезов А.О.* Современное потепление климата Северного и Северо-Западного Кыргызстана // Географический Вестник. 2015. № 3(34). С.56-66.

О.А. Podrezov, A.O. Podrezov
MODERN PRECIPITATION CHANGES
IN NORTH AND NORTH-WEST KYRGYZSTAN

Based on the long-term observations of weather stations the comparative characteristics of modern precipitation changes in North and North-West Kyrgyzstan are given for two different periods: 1930-1975 years - the stable global climate and 1976-2010 years - the global warming, as well as for the 1930-2010 years in general. The analysis is executed for the annual and seasonal precipitation totals in the same way as for the temperature [5].

Key words: North and North-West Kyrgyzstan; modern precipitation changes.

Oleg A. Podrezov, Doctor of Geography, Professor of the Department of meteorology, ecology and environmental protection of natural-technical faculty of the Kyrgyz-Russian Slavic University; 44 Kyivskaya, Bishkek, Kyrgyz Republic 720000; meteokaf_krsu@mail.ru

Andrey O. Podrezov, Candidate of Geographical Science, Head of the Department of meteorology, ecology and environmental protection of natural-technical faculty of the Kyrgyz-Russian Slavic University; 44 Kyivskaya, Bishkek, Kyrgyz Republic 720000; meteokaf_krsu@mail.ru

УДК 551.515.8 (632.152)

Т.В. Костарева, О.Г. Пенский

**СИНОПТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОГО И ЭКСТРЕМАЛЬНО
ВЫСОКОГО УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ПЕРМСКОМ КРАЕ**

Предложена классификация синоптических процессов, способствующих формированию высокого и экстремально высокого уровня загрязнения воздуха в городах Пермского края. Сделан вывод о том, что не всегда при синоптических ситуациях, благоприятных для накопления вредных примесей, в городах создается высокий уровень загрязнения воздуха.

Ключевые слова: экстремально высокий уровень загрязнения воздуха, синоптическая ситуация, типизация синоптических процессов, параметр Р, термическое поле.

На загрязнение воздуха в городах оказывает сложное влияние ряд метеорологических факторов. Синоптическая ситуация характеризуется в общем виде сложным комплексом метеорологических параметров и отражает многообразие процессов, происходящих в атмосфере. Анализ материалов наблюдений в ряде городов показал, что к неблагоприятным синоптическим ситуациям относятся центральная область стационарного антициклона и ось малоподвижного гребня [1; 3; 5]. Известно,

© Костарева Т.В., Пенский О.Г., 2015

Костарева Татьяна Викторовна, кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы Пермского государственного национального исследовательского университета, Россия, 614990. Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: nmu2@meteorperm.ru

Пенский Олег Геннадьевич, доктор технических наук, профессор кафедры процессов управления и информационной безопасности Пермского государственного национального исследовательского университета, Россия, 614990. Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: ogpensky@mail.ru

что первым этапом прогноза уровня загрязнения воздуха является анализ и прогноз барического поля, фронтов, общего фона погодных процессов, включая температуру воздуха и ветер [2; 3; 4; 6–10]. Таким образом, без определения синоптических процессов и их развития невозможен прогноз уровней загрязнения воздуха, в частности, высокого и экстремально высокого. Самостоятельной задачей является анализ синоптических условий для формирования экстремально высокого уровня загрязнения воздуха (ЭВУЗВ). Для выделения случаев ЭВУЗВ используется интегральный показатель загрязнения воздуха в городе – параметр P [4], который является частотной характеристикой и представляет собой отношение числа существенно повышенных концентраций примесей в воздухе, измеренных в течение дня, к общему числу измерений в течение этого же дня. Под ЭВУЗВ по городу в целом принимаются редко встречающиеся случаи (1–2%) с наибольшими значениями обобщенного интегрального показателя загрязнения воздуха. В этих случаях он обычно равен или превышает 0,5. В ГГО им. Воейкова был сформулирован ряд правил для прогноза ЭВУЗВ [3]. Правила относятся как к отдельному городу, для которого составляется прогноз, так и для всего региона, расположенного в зоне данной неблагоприятной ситуации. Сформулированные прогностические правила для прогноза ЭВУЗВ общие, поэтому в каждом регионе, исходя из его особенностей, необходимо их уточнять.

По Пермскому краю типизация синоптических процессов, способствующих накоплению вредных примесей в атмосфере, проведена впервые. Анализ проведен по приземным и высотным картам за 0 ч Всемирного согласованного времени (ВСВ). По приземным картам прослежены и изучены траектории барических образований, вычислены скорости их движения, по картам AT_{500} и AT_{700} были учтены местоположение и ориентация ложбин и гребней, по картам AT_{850} и $OT_{500/1000}$ проанализированы термические условия. Каждый тип был выделен с учетом географического происхождения и траектории движения барических образований. Подтипы выделены с учетом скорости ведущего потока по картам AT_{700} или AT_{500} и термического поля над районом, а также длительности нахождения образования над рассматриваемым районом.

Исходные данные

При анализе синоптических процессов, способствующих формированию экстремально высокого уровня загрязнения воздуха, были использованы материалы наблюдений за концентрациями примесей в г. Пермь, Березники, Соликамск и Губаха, а также карты погоды архива Пермского ЦГМС за летний и зимний периоды шести лет (2000–2005 гг.). Был рассчитан обобщенный интегральный показатель загрязнения воздуха (параметр P) по всем примесям. Предварительно по формулам рассчитывались среднесезонные значения концентраций для каждого стационарного пункта по отдельным примесям [2].

Для расчета параметра P в г. Пермь использовались данные семи стационарных постов, наблюдения на которых проводятся три раза в сутки за тринадцатью примесями. В г. Соликамске ежедневные значения параметра P рассчитывались по данным пяти постов о концентрациях в воздухе вредных веществ. В г. Березники ежедневные значения параметра P рассчитывались по данным четырех постов. Дни, когда количество наблюдений за концентрациями примесей воздуха на всех постах было менее 20, из расчета исключались.

В группу ЭВУЗВ отбирались случаи со следующими характеристиками:

1. Экстремально большими значениями интегрального показателя загрязнения воздуха по городу в целом (с повторяемостью около 2%). В эту группу вошли случаи со значениями обобщенного интегрального показателя загрязнения воздуха в зимний период – 0,44–0,57, в летний – 0,42–0,52.

2. Наибольшими концентрациями вредных веществ в воздухе на стационарных постах городов.

В дни с экстремально высоким уровнем загрязнения воздуха на всех постах городов края отмечались концентрации различных примесей, превышающие предельно допустимые концентрации (ПДК) в 1–8 раз. Превышение концентраций примесей над 1,5 ρ среднесезонными (используется при расчете ежедневного значения обобщенного интегрального показателя загрязнения воздуха) в теплый период составило до 10,5 раз, в зимний – в 2–13 раз. В отдельные дни превышение концентраций вредных примесей над 1,5 ρ среднесезонными было в 25–65 раз.

За зимний период было рассмотрено и проанализировано 426 случаев, за летний период – 429 случаев загрязнений воздуха.

Обсуждение результатов

При анализе за зимний период было выявлено двадцать случаев ЭВУЗВ, из них девять случаев отмечалось, когда над городом располагался центр стационарного антициклона, восемь случаев в

малоградиентной северо-западной части гребня Сибирского антициклона и три случая в малоградиентном поле (рис. 1а, б, в).

За летний период из 429 случаев экстремально высокий уровень загрязнения воздуха отмечался одиннадцать раз. В малоградиентном поле отмечалось шесть случаев ЭВУЗВ, пять случаев – в центре антициклона (рис. 1г, д).

Далее по всему ряду наблюдений отбирались синоптические ситуации. При выявленных ситуациях наблюдались и пониженные уровни загрязнения. Для выявления особенностей возникновения ЭВУЗВ в одних случаях и отсутствия в других, был проведен анализ всех случаев загрязнения воздуха. Были установлены различия в близких ситуациях при ЭВУЗВ и при пониженных уровнях.

Синоптическая ситуация «центр антициклона», как зимой, так и летом, в целом, является благоприятной для накопления вредных веществ в атмосфере. Обычно зимой антициклоны более мощные (давление в центре от 1045 гПа до 1060 гПа) и длительные по времени, летом – менее интенсивные (давление в центре от 1010 гПа до 1025 гПа). За рассматриваемый период ситуация «центр антициклона» отмечалась 31 раз летом и 18 раз зимой. При этом наблюдался различный уровень загрязнения воздуха.

За летний период ЭВУЗВ отмечался в трех случаях ($P = 0,42-0,52$), в восьми случаях – высокий ($P = 0,32-0,37$), в одиннадцати – повышенный ($P = 0,21-0,30$) и в девяти случаях – пониженный ($P \leq 0,20$).

В зимний период ЭВУЗВ ($P = 0,44-0,57$) отмечался 9 раз, высокий уровень загрязнения ($P = 0,36-0,40$) 4 раза, повышенный ($P = 0,26-0,33$) 2 раза и пониженный ($P \leq 0,20$) – 3 раза.

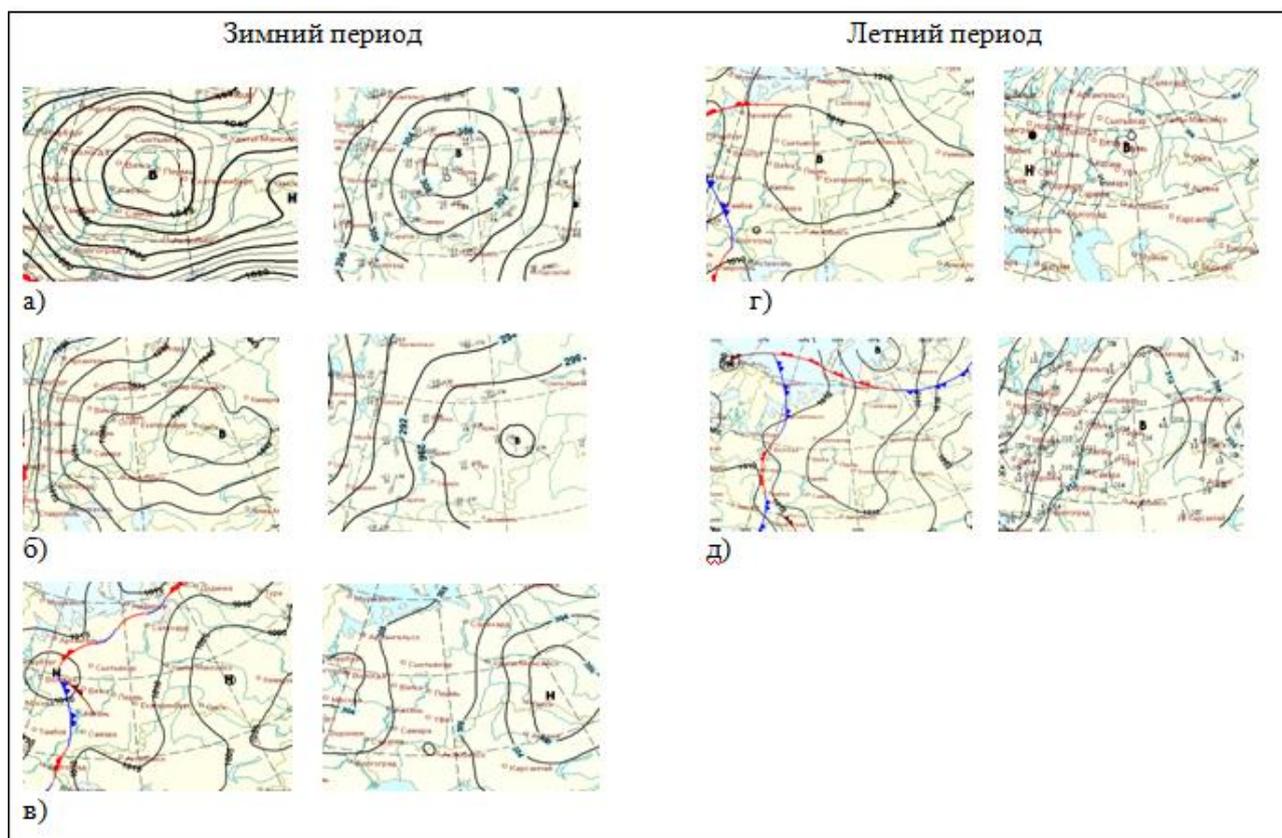


Рис. 1. Синоптические ситуации, способствующие формированию экстремально высокого уровня загрязнения воздуха (приземное поле и AT_{700}): а), г) центр антициклона; б) малоградиентная северо-западная часть Сибирского антициклона; в), д) малоградиентное поле

Для летнего периода были выделены три типа синоптической ситуации «центр антициклона»:

Тип 1: Смещение антициклона с северо-западных районов ЕТР на территорию Пермского края.

Подтип 1А – характеризуется пониженным уровнем загрязнения воздуха, обычно это низкое барическое образование. Антициклон, сформировавшийся над Скандинавией, со скоростью 30–40 км/ч смещается по тыловой части высотной ложбины или по восточной периферии высотного гребня

на юго-восток. При этом подтипе над Западной Сибирью активной циклонической деятельности не отмечается. Высотный центр на картах барической топографии не прослеживается. Центр антициклона находится над территорией края не более суток (рис. 2а). На карте $OT_{500/1000}$ над рассматриваемым районом отмечается очаг холода или периферия очага холода, температура в слое 500–1000 гПа ниже 7°C .

Подтип 1Б – характеризуется в основном повышенным загрязнением воздуха, очень редко – высоким. Как и при подтипе 1А, антициклон смещается с северо-западных районов ЕТР по тыловой части высотной ложбины или по восточной периферии высотного гребня на юго-восток. Приближаясь к территории Пермского края, антициклон замедляется (рис. 2б), а затем начинает стационарироваться и усиливаться. Дальнейшему его смещению на юго-восток препятствуют глубокие циклоны, расположенные над Западной Сибирью. Приземный центр антициклона стремится к высотному, который, как правило, расположен юго-западнее по отношению к приземному. Антициклон может находиться над Пермским краем до четырех суток. Уровень загрязнения воздуха постепенно повышается, но экстремально высоких значений не достигает. На карте $OT_{500/1000}$ над рассматриваемым районом в этот период отмечается очаг холода, температура в слое ниже 3°C .

Тип 2: Ультраполярное вторжение в тыловой части циклона.

Подтип 2А – характеризуется пониженным уровнем загрязнения воздуха. В тыловой части циклона, смещающегося по территории Пермского края, в связи с затокком холодного воздуха формируется область высокого давления, очерченная одной изобарой (рис. 3а). На картах барической топографии AT_{500} отмечаются слабые восточные и северо-восточные потоки. Давление в центре антициклона невысокое (до 1020 гПа). Над исследуемым районом в эти периоды расположены очаг холода или периферия очага холода, температура в слое ниже $4,5^{\circ}\text{C}$.

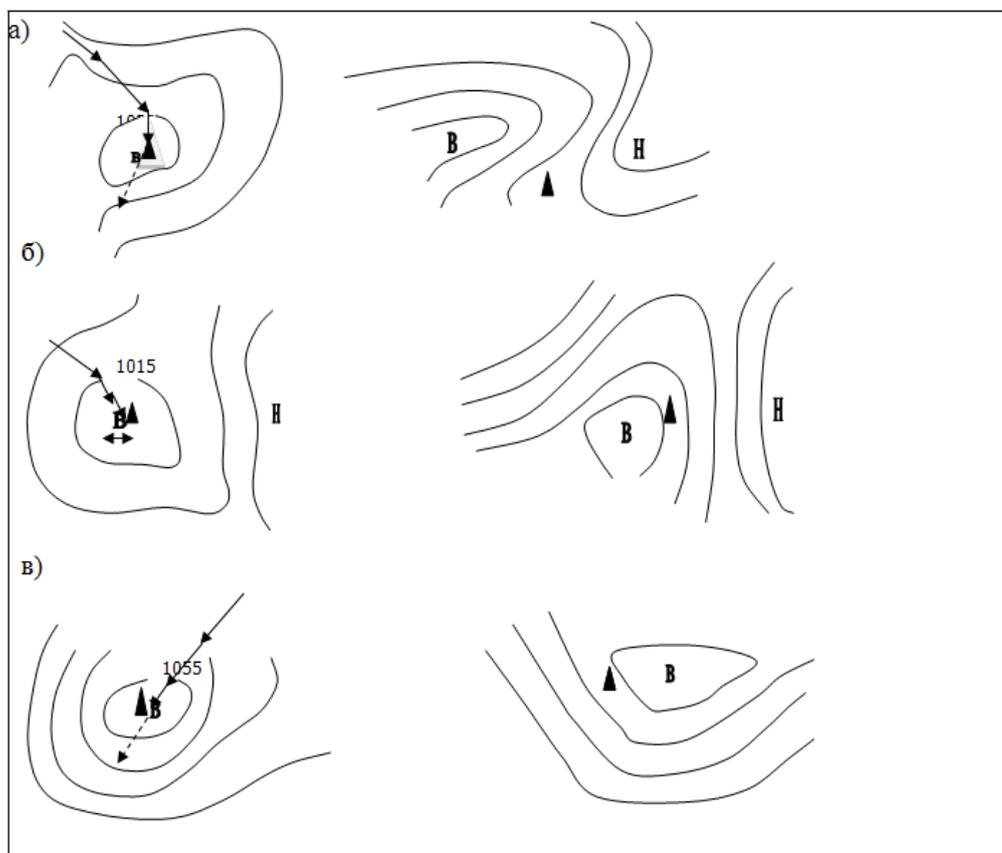


Рис. 2. Летний период: а) подтип 1А; б) подтип 1Б. Зимний период: в) подтип 1А.

▲ – здесь и далее Пермь

Подтип 2Б – характеризуется повышенным и высоким уровнем загрязнения воздуха. В тыловую часть циклонов, смещающихся с запада на восток по территории края, распространяется арктический антициклон (ультраполярное вторжение), затем формируется гребень или область высокого давления, очерченная одной изобарой (рис. 3б). Далее, в связи с продолжающимся затокком холодного воздуха в вышележащих слоях, начинается значительный рост давления у земли и формируется мощный антициклон, вытянувшийся в меридиональном направлении от Новой Земли до Каспийского

моря. Одновременно на высотах также формируется центр антициклона. Антициклон может находиться над Пермским краем до 4 дней. За это время воздушная масса постепенно прогревается, и над исследуемым регионом формируется очаг тепла, а температура в слое 500–1000 гПа составляет более 9°C.

Подтип 2В – характеризуется высоким уровнем загрязнения воздуха. В тыловой части медленно смещающегося старого заполняющегося циклона у земли за счет слабого роста давления формируется сначала малоградиентное поле, а затем центр антициклона (рис. 3в). Центр антициклона прослеживается до поверхности 500 гПа и выше. Западнее и восточнее высотного центра антициклона потоки меридиональные. Над рассматриваемой территорией расположен очаг тепла, температура в слое 500–1000 гПа более 9°C.

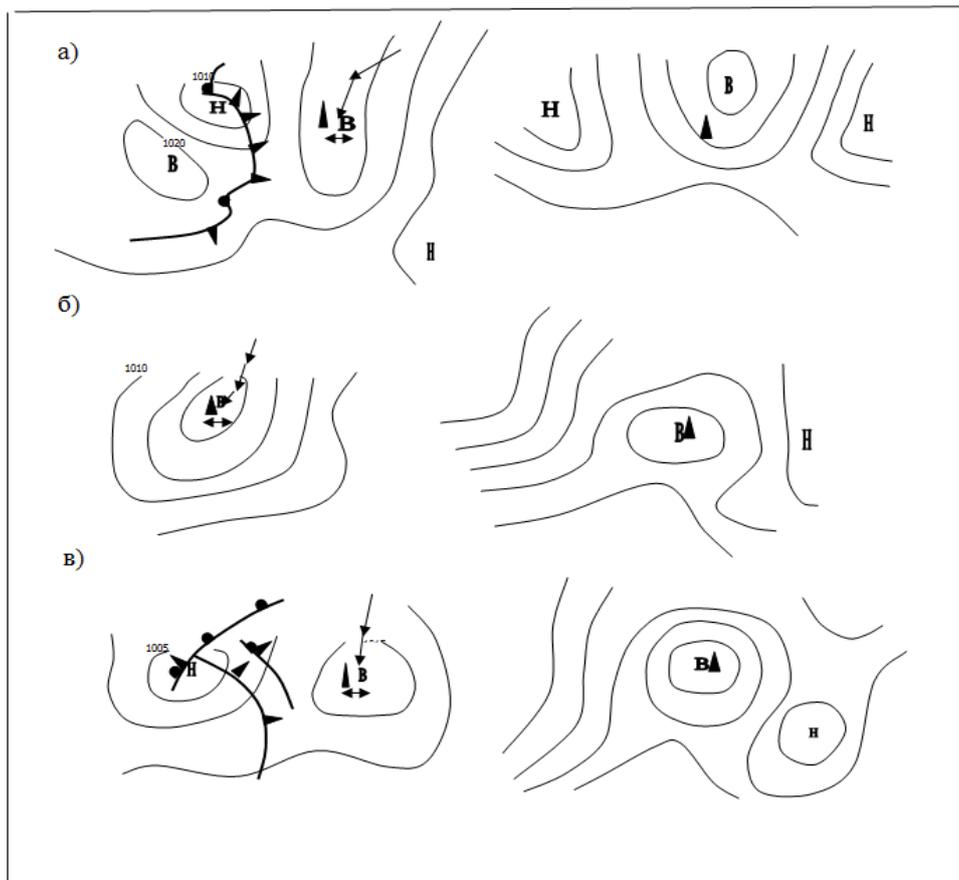


Рис. 3. Летний период: а) подтип 2А; б) подтип 2Б; в) подтип 2В

Тип 3: Распространение гребня Азорского антициклона на территорию края и формирование самостоятельного антициклона.

Этот тип характеризуется высоким и экстремально высоким уровнем загрязнения воздуха. Формируется при распространении гребня Азорского антициклона в тыловую часть циклона, смещающегося на Западную Сибирь. Над Центральной Россией формируется центр антициклона, который по ведущим потокам медленно смещается на территорию Пермского края (рис. 4). Здесь он начинает усиливаться и расширяться по площади; при этом на высотах отмечается малоградиентное поле повышенного давления. В течение 3–4 суток антициклон находится над территорией Пермского края, затем разрушается и медленно смещается на север. Над территорией края обычно расположены периферия очага тепла или очаг тепла, температура в слое 500–1000 гПа более 7°C.

Выполненный анализ показал, что в летний период экстремально высокий уровень загрязнения воздуха отмечается только при третьем типе – «смещение антициклона с юго-западных районов ЕТР на территорию Пермского края» и всех метеопараметрах, характерных для этого типа.

Выполненный анализ показал, что в летний период экстремально высокий уровень загрязнения воздуха отмечается только при третьем типе – «смещение антициклона с юго-западных районов ЕТР на территорию Пермского края» и всех метеопараметрах, характерных для этого типа.

В зимний период такого большого разнообразия в местообразовании и смещении антициклонов, как в летний, не отмечается. В основном все синоптические процессы связаны с распространением

Сибирского антициклона на территорию Пермского края. Все основные различия связаны с барическим полем на высотах 3,5 и 5 км и термическим полем над рассматриваемым районом. В зимний период при синоптической ситуации «центр антициклона» в основном отмечается высокий и экстремально высокий уровень загрязнения воздуха. Исходя из вышеизложенного, для зимнего периода были выделены два типа синоптической ситуации «центр антициклона»:

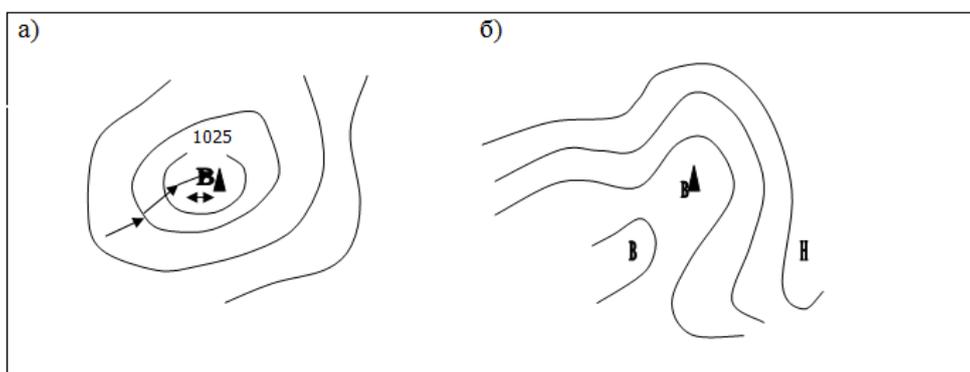


Рис. 4. Тип 3: а) приземное поле; б) высотное поле

Тип 1: Смещение Сибирского антициклона с района Ханты-Мансийска на территорию Пермского края.

Подтип 1А – характеризуется пониженным уровнем загрязнения воздуха. Обширный высокий антициклон, занимающий территорию всего Урала и Западной Сибири, с центром над Ханты-Мансийском, медленно смещается со скоростью 25–30 км/ч по ведущим потокам на территорию Пермского края (рис. 2в). Высотный центр антициклона расположен в районе Ханты-Мансийска. Дальнейшему смещению приземного антициклона на юго-запад препятствует активная циклоническая деятельность над западными районами ЕТР и Восточной Европой. Над территорией края в эти дни отмечается очаг холода, средняя температура в слое 500–1000 гПа составляет $-20 \dots -21^\circ\text{C}$.

Подтип 1Б – характеризуется высоким и экстремально высоким уровнем загрязнения воздуха. Синоптический процесс у земли протекает так же, как и при подтипе 1А. Высотный центр антициклона вместе с приземным центром смещается на территорию края, где и остается несколько суток. На высотах в эти дни отмечается область тепла, температура в слое 500–1000 гПа – от -10 до -13°C .

Тип 2: Формирование антициклонов над территорией Пермского края в тыловых частях циклонов.

Подтип 2А – характеризуется повышенным и высоким уровнем загрязнения воздуха. В тыловой части циклонов, смещающихся с ЕТР по территории Пермского края на Западную Сибирь, формируется центр антициклона (обычно это происходит над западными районами России). По ведущим северо-западным или западным потокам антициклон смещается на территорию края. Центр его обычно располагается над районом не более двух суток. Термическое поле характеризуется периферией очага холода, в слое 500–1000 гПа температура воздуха от -15 до -19°C .

Подтип 2Б – характеризуется экстремально высоким уровнем загрязнения воздуха. Так же, как и при подтипе 2А, в тылу циклонов формируется антициклон, который медленно смещается на территорию края и объединяется с Сибирским антициклоном. На высотах в широтном направлении расположена обширная многоцентровая область высокого давления. Ось её ориентирована с запада на восток. Приземный центр расположен по оси этой области. В течение двух суток антициклон разрушается, давление в его центре падает с 1060 гПа до 1040 гПа. Термическое поле над районом обычно нейтральное. Температура в слое 500–1000 гПа находится в пределах от -11 до -13°C .

В зимний период экстремально высокий уровень загрязнения воздуха отмечается как при первом типе, так и при втором. Характерными особенностями наличия ЭВУЗВ в центре антициклона в зимний период являются:

1. Антициклон расположен над районом два дня и более.
2. Исходный уровень загрязнения воздуха (P) – повышенный ($P \geq 0,20$).
3. Ветер у земли слабый ($0-2$ м/с).
4. Наличие приземных инверсий мощностью 500–1700 м, интенсивностью более 14°C .
5. Температура в слое 500–1000 м от -10° до -13°C .

6. На картах $OT_{500/1000}$ отмечается очаг тепла.

Все вышеперечисленные метеопараметры обязательно должны быть в совокупности, а не каждый в отдельности.

Экстремально высокий уровень загрязнения воздуха (ЭВУЗВ) никогда не отмечается, если:

1. Центр антициклона быстро смещается по территории края или расположен над районом первые сутки.

2. Значение исходного уровня загрязнения воздуха низкое ($P \leq 0,20$)

3. На картах $OT_{500/1000}$ над районом располагается очаг холода.

4. Температура в слое 500–1000 м ниже -13°C .

Далее была проведена классификация синоптической ситуации «северо-западная периферия Сибирского антициклона».

В летний период при синоптической ситуации «северо-западная периферия Сибирского антициклона» экстремально высокий уровень загрязнения воздуха не отмечался ни разу, высокий уровень отмечался в единичных случаях. В основном, наблюдался низкий и повышенный уровень загрязнения воздуха, поэтому типизация этой синоптической ситуации в летний период не проводилась.

В зимний период синоптическая ситуация «северо-западная периферия Сибирского антициклона» отмечалась 47 раз, в 18 случаях это была малоградиентная северо-западная периферия Сибирского антициклона. В результате анализа всех случаев были выделены два типа данной синоптической ситуации:

Тип 1: Северо-западная периферия Сибирского антициклона с большими градиентами.

Тип 2: Малоградиентная северо-западная периферия Сибирского антициклона.

В малоградиентной северо-западной периферии Сибирского антициклона высокий и экстремально высокий уровень загрязнения воздуха отмечался, поэтому были выделены подтипы для этой синоптической ситуации.

Подтип 2А – характеризуется пониженным и повышенным уровнем загрязнения воздуха. Центр мощного антициклона расположен над северным Казахстаном. От центра в северо-западном направлении вытянут гребень, над территорией Пермского края он малоградиентный (рис. 16). Высотное поле над районом характеризуется гребнем, ось его вытянута с юго-востока на северо-запад. Территория края находится в северо-западной части высотного гребня. Ведущие потоки над районом – юго-западные ($230-250^{\circ}$) – 10–15 м/с. Ветер у земли не более 5 м/с. Отмечаются в основном приподнятые инверсии с нижней границей 400–600 м, редко – приземные. Температура в слое 500–1000 м от -9 до -14°C . Термическое поле над рассматриваемым районом характеризуется областью тепла.

Подтип 2Б – характеризуется повышенным и высоким уровнем загрязнения воздуха. Барическое поле, как у земли, так и на высотах характеризуется наличием мощного антициклона с центром над северным Казахстаном. Территория края находится в малоградиентной северо-западной части этого антициклона. Ведущие потоки над районом почти южные ($190-210^{\circ}$) – 10–15 м/с. Всегда отмечаются приземные инверсии мощностью до 1200 м. Термическое поле характеризуется периферией очага холода. Температура в слое 500–1000 гПа от -10 до -14°C .

Подтип 2В – характеризуется экстремально высоким уровнем загрязнения воздуха. У земли над территорией края расположен мощный антициклон с центром над северным Казахстаном. Барическое поле на высотах (по картам AT_{700} и AT_{500}) над территорией Урала, ЕТР и Западной Сибирью характеризуется антициклоном с центром в районе Екатеринбурга или Омска. Территория края расположена в малоградиентной северо-западной части этого антициклона. Ведущие потоки над районом слабые юго-восточные ($140-160^{\circ}$) – 2–5 м/с. Отмечаются приземные инверсии мощностью 800–1200 м. Над исследуемым районом в эти дни располагается очаг тепла. Температура в слое 500–1000 гПа от -11 до -15°C .

Все случаи ЭВУЗВ при синоптической ситуации «малоградиентная северо-западная периферия Сибирского антициклона» отмечались при подтипе 2В. Для него характерны следующие метеопараметры:

1. Наличие приземных инверсий мощностью 800–1200 м и интенсивностью 2– 14°C .
2. Синоптическая ситуация отмечается над районом двое суток и более.
3. Ветер у земли юго-восточный или переменный, не более 2 м/с.
4. На картах $OT_{500/1000}$ над исследуемым районом располагается область тепла.

ЭВЗУВ при типе «северо-западная периферия Сибирского антициклона» никогда не отмечается, если:

1. Приземный ветер более 6 м/с.
2. Отсутствует приземная инверсия.

3. Скорость ведущего потока по картам АТ₇₀₀ или АТ₅₀₀ 10 м/с и более.

Синоптическая ситуация «малоградиентное поле» за рассматриваемый период наблюдалась довольно часто. При этом отмечался ряд случаев с пониженным уровнем загрязнения воздуха.

В зимний период в 11 случаях из 38, а в летний в 30 случаях из 70 уровень загрязнения воздуха был высоким, что позволяет отнести «малоградиентное поле» к синоптическим ситуациям, благоприятным для накопления вредных примесей в атмосфере.

Оказалось возможным выделить три типа синоптической ситуации «малоградиентное поле»:

1. Малоградиентное поле пониженного давления.
2. Малоградиентное поле повышенного давления.
3. Малоградиентная южная периферия арктического антициклона.

Тип 1: Малоградиентное поле пониженного давления (давление до 1017,5 гПа).

Характеризуется в основном повышенным и пониженным уровнем загрязнения воздуха, изредка высоким. При этой синоптической ситуации загрязнения воздуха по сравнению с исходным уровнем остается неизменным или даже немного понижается. Высокий уровень загрязнения воздуха при этой ситуации отмечается, когда над районом расположен очаг холода.

Тип 2: Малоградиентное поле повышенного давления (более 1017,5 гПа).

Характеризуется повышенным и высоким уровнем загрязнения воздуха. За весь период при этой ситуации отмечался один случай экстремально высокого уровня загрязнения воздуха. Высокий и экстремально высокий уровень загрязнения воздуха при данной синоптической ситуации отмечается, когда над рассматриваемым районом расположен очаг тепла и температура в слое 500–1000 гПа от 9 до 12,5°C. Формируется малоградиентное поле при разрушении антициклона.

Тип 3: Малоградиентная южная периферия арктического антициклона (рис. 1д).

Характеризуется в основном ЭВУЗВ и высоким уровнем загрязнения воздуха. При этой ситуации отмечались единичные случаи повышенного и пониженного уровня загрязнения. Высокий уровень загрязнения формируется в первые сутки нахождения над территорией данной синоптической ситуации. Для него характерно термическое поле, когда изотермы близки к прямолинейным или когда над районом расположена периферия очага тепла. Экстремально высокий уровень загрязнения воздуха отмечается при продолжительности данной ситуации от двух суток и более и для него обязательно наличие очага тепла над рассматриваемым районом. Температура в слое 500–1000 гПа, как для высокого уровня, так и для ЭВУЗВ, изменяется от 7,5 до 11,5°C.

Пониженный и повышенный уровень загрязнения воздуха наблюдался в тех случаях, когда над районом располагался очаг холода, а в слое 500–1000 гПа температура воздуха была ниже 8°C.

Выводы

Из представленных в данной статье материалов можно сделать вывод о том, что не всегда при синоптических ситуациях, благоприятных для накопления вредных примесей, в городах создается высокий уровень загрязнения воздуха. Выполненный анализ позволил провести типизацию синоптических ситуаций, при которых формируется высокий и экстремально высокий уровень загрязнения воздуха в Пермском крае.

Библиографический список

1. Костарева Т.В., Сонькин Л.Р. Некоторые вопросы предупреждения и предотвращения высоких уровней загрязнения воздуха в периоды НМУ (на примере г. Пермь и Пермской области). В сб.: Вопросы охраны атмосферы от загрязнения. Информационный бюллетень НПК «Атмосфера» при ГГО, № 2 (32). 2005. С. 35–40.
2. Руководство по прогнозу загрязнения воздуха. РД 52.04.306-92. СПб., Гидрометеиздат, 1993. 104 с.
3. Сонькин Л.Р., Лапиков В.В., Николаев В.Д. и др. Система прогноза и предотвращения высоких уровней загрязнения воздуха в городах. СПб., Гидрометеиздат, 2004. 128 с.
4. Сонькин Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. Л., Гидрометеиздат, 1991. 223 с.
5. Сонькин Л.Р., Николаев В.Д., Кириллова В.И. Условия формирования и возможности прогноза катастрофического загрязнения воздуха в городах // Труды ГГО. 2003. Вып. 551. С. 114–125.
6. Kalinin N.A., Kislov A.V., Babina E.D., Vetrov A.L. Estimation of air temperature reproduction quality by the MM5 model in the Urals in July. Russian Meteorology and Hydrology. October 2010. Volume. 35, Issue 10, pp. 659–664.

7. *Kalinin N.A., Smirnova A.A.* Determination of liquid water content and reserve of cumulonimbus cloudiness from meteorological radar information. *Russian Meteorology and Hydrology*. 2011. February Volume. 36, Issue 2, pp. 91–101.

8. *Kalinin N.A., Smorodin B.L.* Unusual phenomenon of freezing rain in Perm krai. *Russian Meteorology and Hydrology*. 2012. August Volume. 37, Issue 8, pp. 521–528.

9. *Kalinin N.A., Vetrov A.L., Sviyazov E.M., Popova E.V.* Studying intensive convection in Perm krai using the WRF model. *Russian Meteorology and Hydrology*. September 2013, Volume. 38, Issue 9, pp. 598–604.

10. *Smorodin B.L., Kalinin N.A., Davydov D.V.* Simulation of the variations of the temperature of droplets in freezing precipitation. *Russian Meteorology and Hydrology*. September 2014, Volume. 39, Issue 9, pp. 590–595.

T.V. Kostareva, O.G. Pensky
SYNOPTIC CONDITIONS OF FORMATION OF HIGH AND EXTREMELY
HIGH LEVEL OF AIR POLLUTION IN PERM KRAI

Classification of the synoptic processes promoting formation of high and extremely high level of air pollution in the cities of Perm Krai is offered. The conclusion that not always at the synoptic situations favorable for accumulation of harmful impurity, in the cities the high level of air pollution is created is drawn.

Key words: extremely high level of air pollution, synoptic situation, typification of synoptic processes, parameter P, thermal field.

Tatyana V. Kostareva, Candidate of Geography, assistant professor, Department of Meteorology and Atmosphere Protection, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, Russia 614990; nmu2@meteoperm.ru.

Oleg G. Pensky, Doctor of Engineering, professor of chair of management processes and information security, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, Russia 614990; ogpensky@mail.ru.