

Крупномасштабная циркуляция атмосферы над Западной Сибирью

Н. В. Поднебесных, В.П. Горбатенко, И.И. Ипполитов

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
пр. Академический 10/1, gorbatenko@hvd.tpu.ru*

Рассматривается циклоническая и антициклоническая деятельность над Западной Сибирью за период 1981 – 2004 гг. Анализируются траектории перемещения барических образований, количество образований различного генезиса.

Общей циркуляцией атмосферы называют совокупность основных воздушных течений [1], которые осуществляют горизонтальный и вертикальный обмен масс воздуха. Основные воздушные течения представляют собой механизм обмена массами холодного и тёплого воздуха и, следовательно, переноса тепла и влаги, что формирует климатический режим отдельных регионов и планеты в целом. Особенно большое влияние циркуляция оказывает на режимы облачности, осадков, на изменение погоды. Кроме того, циркуляция атмосферы влияет на формирование особенностей циркуляции вод в океане. Общая циркуляция атмосферы включает ряд крупномасштабных движений. Среди них наибольший масштаб имеет западный перенос масс воздуха, охватывающий тропосферу и часть стратосферы внетропических широт летом и всю стратосферу зимой. Он обусловлен наличием температурного контраста между экватором и полюсом (горизонтальная составляющая силы барического градиента, направлена от тропиков к полюсам) и отклоняющим действием вращения Земли вокруг своей оси. Западный перенос более или менее возмущённый наблюдается, как правило, над большей частью внетропических широт северного и южного полушарий.

Важной составляющей частью общей циркуляции атмосферы является циркуляция воздуха в системе внетропических циклонов и антициклонов, которые непрерывно возникают и разрушаются, оказывая большое влияние на характер межширотного обмена масс воздуха, посредством которого происходит перенос тепла из низких широт в высокие и холода из высоких широт в низкие.

Заметим, что все атмосферные движения имеют вихревой характер и отличаются нестационарностью. Это приводит к тому, что атмосферная циркуляция, её структурные элементы непрерывно меняются. В результате вертикальной неоднородности атмосферы, характеристики которой изменяются с широтой, при переходе от одного слоя атмосферы к другому происходит изменение направления и скорости воздушных течений, что наряду с изменением в вертикальном и горизонтальном направлениях плотности воздуха создаёт неравномерное распределение кинетической энергии как по вертикали, так и по горизонтали. Энергетический вклад различных слоёв атмосферы меняется также при переходе от сезона к сезону.

Закономерности сезонных изменений циркуляции атмосферы связаны с неравномерным поступлением солнечной энергии к различным полушариям в один и тот же сезон и в разные сезоны в одном и том же полушарии. Особенно сильно это проявляется в северном полушарии, где большие пространства занимают материки, относительное охлаждение зимой материков и перегрев летом вызывают посредством различий в энергетическом взаимодействии атмосферы с материками и океанами сезонные особенности поля давления и, поля течений.

Кроме вихревых движений в атмосфере наблюдаются также волновые движения. К ним относятся волны в зональном потоке с длиной волны 5000 км, называемые волнами Россби, волны меньшего масштаба, соответствующие отдельным циклонам и антициклонам, а также

гравитационные волны. Волновые движения свойственны и различного рода поверхностям раздела, которые образуются в атмосфере.

Характерные черты преобладающей зональной циркуляции.

Зональная циркуляция в тропосфере.

Температурная горизонтальная неоднородность атмосферы обусловлена особенностями энергетического взаимодействия между деятельной поверхностью и атмосферой. В низких широтах количество тепла, которое поступает на единицу площади земной поверхности в течение года, значительно превышает количество тепла, поступающего в высокие широты. От нагретой деятельной поверхности континентов и океанов путём турбулентной теплопроводности, испарения воды и конденсации пара в атмосфере, радиационных потоков тепла, которые поглощаются термодинамически активными примесями (H_2O , CO_2 и др.), тепло переносится в атмосферу. Таким образом, температурный контраст между низкими и высокими широтами наблюдается не только у поверхности земли, но и во всей толще тропосферы.

Поле давления на некотором уровне в тропосфере определяется полем температуры. Поэтому градиент давления в среднем также направлен от низких широт к высоким. На вращающейся Земле возникает перенос воздуха с запада на восток в результате закона сохранения момента количества движения. Однако температурные контрасты определяют не только интенсивность зонального движения воздуха, но и стимулируют возникновение вихревого компонента в форме циклонических и антициклонических вихрей, которые являются одним из основных механизмов межширотного обмена масс воздуха. Чем больше температурные контрасты, тем интенсивнее вихревое движение в тропосфере. Последнее способствует некоторому выравниванию температурного контраста путём переноса избытка тепла в высокие широты, а избытка холода – в низкие.

Большое влияние на формирование поля температуры воздуха оказывает подстилающая поверхность. И в северном и южном полушариях горизонтальный градиент температуры направлен от низких широт к высоким. Однако зональность положения изотерм существенно искажается, особенно зимой, под влиянием материков и океанов, что вносит возмущение в поле средней температуры воздуха во всей толще тропосферы.

Во все сезоны западный перенос преобладает над большей частью тропосферы, особенно зимой, хотя интенсивность его в значительной степени зависит от времени года. Наибольшая интенсивность западного переноса наблюдаются зимой вблизи 30° с. ш. на высоте изобарической поверхности 200 гПа. Летом очаг максимума западного переноса проявляется около 40° с. ш. В экваториальной и тропической зонах направление переноса масс воздуха меняется на противоположное. При этом вертикальная протяжённость, интенсивность, характер вертикального сдвига восточного потока в большей мере зависят от времени года и широты.

Зональная циркуляция в стратосфере.

Тепловой режим в стратосфере обладает ещё более выраженной сезонностью. Это связано с тем, что в отличие от тропосферы он обусловлен в основном не особенностями энергетического взаимодействия атмосферы с деятельной поверхностью суши и океана, а лучистыми потоками тепла, излучаемыми и поглощаемыми термодинамически активными примесями атмосферы, особенно озоном.

Так как высота геопотенциала пропорциональна средней температуре воздуха в слое, с областью тепла связана область повышенного давления – антициклонический циркумполярный вихрь, а с областью холода – стратосферная область низкого геопотенциала - циркумполярный циклонический вихрь.

В области циркумполярного циклона наблюдаются большие градиенты геопотенциала, а следовательно, возникает интенсивный западный перенос. В летнем полушарии градиент давления направлен из высоких широт в низкие.

Ярко выраженные сезонные особенности структуры поля давления в стратосфере отчётливо определяют наличие сезонности циркуляции воздуха. Так стратосфера летом над всем северным полушарием охвачена восточным потоком.

Переход циркуляции в стратосфере, а также в мезосфере от зимнего типа к летнему и наоборот происходит соответственно в весенний и осенний сезоны. Смена зимнего западного течения на летнее восточное происходит, как правило, сверху вниз. В верхней мезосфере она начинается в конце марта – начале апреля и продолжается в течение апреля-мая в нижней мезосфере и стратосфере. При этом обращение ветра распространяется вниз в северных широтах быстрее, чем в южных. Осенняя перестройка поля ветра происходит в особенно короткий период времени.

В течение зимы иногда происходят внезапные нарушения зимнего режима циркуляции, связанные с резкими потеплениями в стратосфере.

Особенности циркуляции над Западной Сибирью

Изменение крупномасштабной атмосферной циркуляции рассматривается в качестве одной из причин процесса потепления, происходящего в последние десятилетия в Северном полушарии [13]. Однако, как показывают расчёты [14, 15] темпы потепления неодинаковы в различных географических регионах, поэтому изменение региональной циркуляции имеет существенное значение. Анализ температурного режима Сибири выявил очаги потепления [15], превышающие $0.5^{\circ}\text{C}/10$ лет, т.е. на порядок больше, чем для Северного полушария в целом. Один из таких очагов расположен над центром Западной Сибири, поэтому изучение особенностей циркуляции над этим районом особенно актуально.

Режим циркуляции над той или иной частью Западной Сибири изучался в ряде работ и на различных отрезках временной шкалы [3, 6, 10, 11, 12, 16].

В статье [3] рассмотрены циркуляционные условия над Алтаем в холодный период года. Выделено восемь типов циркуляции атмосферы и дана их повторяемость за 1954 – 1988 гг. анализируются гидротермические условия и соответствующие им циркуляционные условия.

В [4] рассмотрены тропические циклоны, так как они являются важным фактором в формировании погодных условий не только над районом своего образования, но и далеко за его пределами.

Повторяемость циклонов и антициклонов и их траектории обусловлены, как это показал Х. П. Погосян [7], сезонным контрастом температур и структурой высотного барического поля. За исследуемый им пятилетний период (1938 – 1943 гг.) над Западной Сибирью отмечено 645 циклонов и 332 антициклона.

Что не удивительно, поскольку превышение числа циклонов над антициклонами, представляет общераспространённое явление. Так, по данным С. П. Хромова, Н. Фауст [8] следует, что циклонов значительно больше, чем антициклонов. Близкую картину соотношения числа циклонов и антициклонов получил Б. А. Архангельский для Дальнего Востока [9].

Упомянутая в [6] зависимость повторяемости циклонов и антициклонов и их траекторий от сезонных контрастов температур и структуры высотного барического поля подробнее рассмотрена в [7].

В статье [10] рассмотрены в климатологическом плане некоторые циркуляционные особенности над Западной Сибирью в летний период. Дается анализ повторяемости циклонов и антициклонов, за 20 – летний период.

В статье [11] исследована синоптико – статистическая характеристика циклонической деятельности над Западной Сибирью в холодное время года.

Краткая характеристика связей осадков с циркуляционным режимом за тёплый период над юго – восточной частью Западно – Сибирской низменности приведена в [12].

В результате особенностей географического положения погода над Западной Сибирью характеризуется большей изменчивостью. Существование изменчивости связано с перемещением циклонов, развивающихся летом на полярном фронте, а зимой, преимущественно, на арктическом. Крупномасштабная циркуляция над Западной Сибирью рассматривалась в работах [3, 5, 10, 12]. В [10] для периода 1942 – 1961 гг. над Западной Сибирью выделены три циркуляционные зоны: северная ($64 - 72^\circ$ с. ш.) с наибольшей повторяемостью северо – западных и западных циклонов; центральную, с преобладанием западных циклонов; южную ($44 - 52^\circ$ с. ш.), с преобладанием юго – западных циклонов. Наиболее интенсивная циклоническая деятельность в этот период наблюдалась в центральной зоне, однако в 1963 – 1967 гг. область наибольшей повторяемости циклонов сместилась в более высокие широты [5]. В 1942 – 1961 гг. в холодный период года наблюдался выход западных и северо – западных циклонов “умеренной” интенсивности, с давлением в центре 1001 – 1015 гПа (в 50% случаев) [10], в тёплый период циклоны чаще смещались с юго – запада на северо – восток [12]. В период 1954 – 1988 гг. в холодный период года циклоны чаще смещались с запада, реже с северо – запада, причём среднее давление в центрах циклонов составляло 1010 гПа [3, 12]. Область наибольшей повторяемости антициклонов в 1942 – 1961 гг. располагалась между $48 - 56^\circ$ с. ш., в 1963 – 1967 гг. она сместилась в более низкие широты [5, 6].

Обобщая обзор литературы можно заметить:

1. Над Западной Сибирью располагается один из очагов образования антициклонов (наблюдаются максимумы повторяемости антициклонов), т. е. над Западной Сибирью находится один из очагов азиатского (сибирского) антициклона [1].
2. Над рассматриваемой территорией основной перенос меридиональный, а углубление циклонов над Западной Сибирью происходит за счёт адвекции холодных масс с севера и тёплых с юго – запада (каждый третий циклон) [2].
3. Над Западной Сибирью наблюдаются полосы циклонических систем (Центрально – Европейская меридиональная циркуляция) [3].
4. Помимо подвижных систем (циклонов, антициклонов), погодные условия Западной Сибири определяются и такими “неподвижными” процессами, как приземный антициклогенез, размытые (малоградиентные) поля повышенного и пониженного давления, влияние отрога азиатского антициклона [6].
5. В 1963 – 1967 гг. область антициклонической деятельности простиралась южнее 55° с. ш. от западной до восточной границ Западной Сибири [5], а в 1942 – 1961 гг. полоса наибольшей повторяемости антициклонов располагалась между $48 - 56^\circ$ с. ш. [10].
6. Во все летние месяцы в 1942 – 1961 гг. максимальная повторяемость юго – западных циклонов наблюдалась в зоне между $42 - 52^\circ$ с. ш. [10], а в 1942 – 1951 гг. в июле зона наибольшей циклонической деятельности сосредотачивалась в средней полосе Западной Сибири между $54 - 58^\circ$ с. ш. и циклоны смещались с юго – запада на северо – восток [12], в то время как в 1963 – 1967 гг. область наибольшей повторяемости циклонов располагалась в центральной части территории Западной Сибири между $65 - 85^\circ$ в. д. и $55 - 65^\circ$ с. ш. [5].
7. В 1963 – 1967 гг. максимум циклонов зафиксирован весной (март, май), минимум зимой (декабрь) и у антициклонов так же, т. е. максимум весной (апрель), минимум зимой (январь) [5], а в 1942 – 1961 гг. наибольшая повторяемость циклонов над Западной Сибирью в июне, они продвигались с юго – запада на северо – восток [10].
8. В 1954 – 1988 гг. чаще смещались циклоны с запада, реже с северо – востока. Среднее давление в центрах циклонов за декабрь – февраль составляло 1010 гПа, минимальное 970 гПа над югом Западной Сибири [3], в 1942 – 1961 гг. в среднем в холодный период года

осуществлялся выход на юго – восточные районы Западной Сибири чаще всего циклонов “умеренной” интенсивности с $P = 1001 - 1015$ гПа (в 50% случаев) [10].

9. В 1942 – 1961 гг. над Западной Сибирью выделили три циркуляционных зоны:

- северную ($64 - 72^\circ$ с. ш.) – с наибольшей повторяемостью северо – западных и западных циклонов;
- южную ($44 - 52^\circ$ с. ш.) – с преобладанием юго – западных циклонов;
- центральную – с преобладанием западных циклонов.

Изменение режима циркуляции, сохраняющееся на протяжении десятка и более лет, вызывает изменение уровня средних значений всех климатических характеристик. Поэтому анализ тенденций повторяемости барических образований различного генезиса имеет огромное значение для мониторинга климата любого региона.

Для получения климатических характеристик циклонической и антициклонической деятельности над Западной Сибирью в период 1981 – 2004 гг. были использованы приземные карты архива СибНИГМИ. В выбранном для исследования районе прослеживались все траектории центров барических образований за данный период, затем была подсчитана их повторяемость, интенсивность и давление в центре образований.

Для идентификации барических образований различного генезиса в рассматриваемый период, нами была использована следующая классификация:

1. Циклоны, смещавшиеся с западной составляющей вдоль $60 - 65$ параллели с. ш. Циклоны смещались с центральных районов ЕТР и среднего Урала к Восточно – Сибирскому плоскогорью. Траектории циклонов в 1981 – 1990 гг. чаще повторялись в летние месяцы, в то время как в 1991 – 2000 и в 2001 - 2004гг. - в весенние.

2. Западные циклоны, образующиеся на волне полярного фронта в районе Свердловска, Омска, Самары. Фронтальные разделы, расположенные в ложбине в широтном или юго – западном направлении почти всегда имеют волны. Летом 1981 – 2000 гг. повторяемость циклонов в два раза больше, чем весной или осенью, а в 2001 – 2004 гг. повторяемость весной превышает повторяемость летом и осенью.

3. Юго – западные циклоны, продвигавшиеся из районов Каспийского и Аральского морей. С выходом этих циклонов связаны резкие изменения погоды, а термобарическое поле характеризовалось сильно развитой меридиональностью направлений. Наибольшая повторяемость циклонов приходилась на весну в 1981 – 2000 гг. и на осень в 2000 – 2004 гг.

4. Северные циклоны, смещавшиеся с Северных районов Западной Сибири к югу или с запада на восток вдоль побережья Северного Ледовитого океана. Фронты быстро смещались по исследуемой территории, несколько задерживаясь в её восточной части. Циклоны такого типа встречались в течении всего года.

5. Южные циклоны, образующиеся в районе оз. Балхаш и в районах Ашхабада, Ташкента, либо в междуречье Аму – Дарьи и Сыр – Дарьи, смещались на северо – восток. Наиболее часто встречались в летний период.

6. Местные циклоны, образующиеся в районе междуречья Обь – Иртыш или на юге Западной Сибири. В период 1981 – 1990 гг., 2000 – 2004 гг. наибольшее количество местных циклонов наблюдалось весной, а в 1991 – 2000 гг. - летом.

7. Северные циклоны, смещавшиеся из районов Кольского полуострова, севера ЕТР и северного Урала на Омск. В 1981 – 1990 гг. наибольшая повторяемость приходилась на весну, а в 1991 – 2000 гг., 2000 – 2004 гг. на зиму.

8. Антициклоны с центром над Тувой, Алтаем, Монголией смещавшиеся с юго – востока на северо – запад России и наиболее часто встречавшиеся осенью и зимой.

9. Антициклоны с центром над Арктикой (Новосибирские острова). Эти антициклоны перемещались строго с севера от Арктики или с северо – востока от Новосибирских островов на юг. Максимум повторяемости наблюдался весной и летом.

10. Антициклоны с центром или блокирующий гребень над Уралом. Двигались с северо – запада на юго – восток и наиболее часто наблюдались в весеннее – летний период.

11. Антициклоны выходящие с ЕТР. Смещавшиеся строго с запада на восток. В исследуемый период максимум повторяемости приходился на лето.

12. Причерноморские антициклоны, образующиеся в районе Чёрного и Каспийского морей и перемещавшиеся с юго – запада на северо – восток. Чаше повторялись зимой в 1981 – 1990 гг., весной – летом в 1991 – 2000 гг. и осенью в 2000 – 2004 гг.

В процессе исследований получено, что за исследуемый период общее количество циклонов, определявших погоду над Западной Сибирью в 1,4 раза превышало количество наблюдавшихся антициклонов (рис. 1). В период 1990 – 2000 гг. общее количество барических образований, проходящих над территорией Западной Сибири, было высоким (почти в 2 раза больше чем в 1981 – 1990 гг.), но с 2000 года их количество немного снизилось. При этом общее количество циклонов за 1991 – 2000 гг. составляло 937, за 1981 –

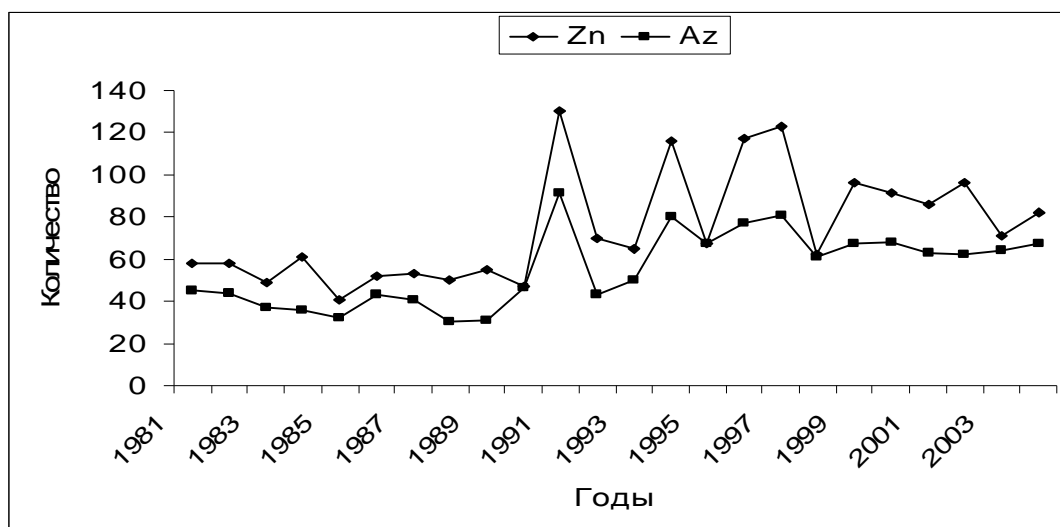


Рис.1 Суммарное количество влияющих на исследуемую территорию циклонов и антициклонов (1981 – 2004 гг.)

1990 гг. 524, а за 2001 – 2004 гг. 335. Для антициклонов соотношение приблизительно такое же: 685, 385 и 256. Наибольшее увеличение количества циклонов (в 2,4 раза) происходило в зимние месяцы, наименьшее в летние, когда количество циклонов увеличилось только в 1,5 раза.

Продолжительность пребывания над территорией одного барического образования изменялось в пределах от 1,5 до 4,5 суток, средняя продолжительность существования одного образования составляла 3 дня. На рис. 2 представлено количество циклонов приходивших на территорию Западной Сибири с различных направлений. Выделены циклоны, смещавшиеся с преимущественно западной, северной или южной составляющей. Видно, что к концу периода исследований заметно увеличилось количество циклонов, приходивших с севера, в отдельные годы количество циклонов, приходивших с южных направлений увеличивалось в 2 раза.

Особого внимания заслуживают циклоны, образовавшиеся над Западной Сибирью. Проведенные исследования позволили убедиться, что на фоне общего увеличения количества барических образований, перемещавшихся над территорией Западной Сибири, количество местных циклонов варьировало в значительных пределах: например, в 1981 – 1990 гг. образовалось 8 – 10 местных циклонов, в 1991 - 2000 гг. образовалось 35 циклонов такого типа, а в 2001 – 2004 гг. их количество вновь снизилось до 5 – 8. Неустойчива средняя глубина циклонов: если в первом десятилетии рассматриваемого периода она составляла 1015 гПа, то во втором и в последнюю пятилетку 1010 гПа.

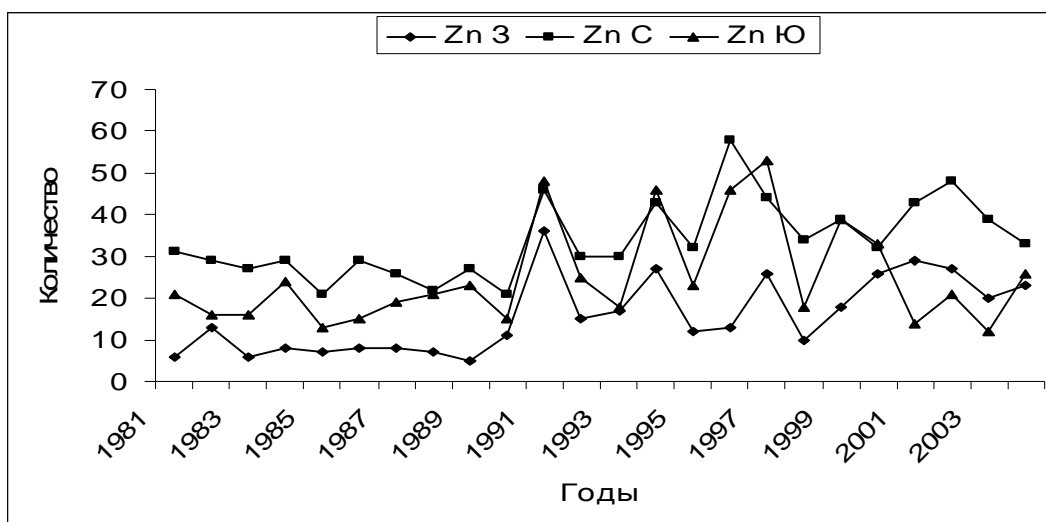


Рис.2 Количество циклонов над Западной Сибирью в различные годы (1981 – 2004 г.)

Что касается давления в центрах других циклонов, проходивших над исследуемой территорией (табл.1), то здесь картина разнообразная: понижение давления к концу исследуемого периода, в среднем на 5 гПа наблюдалось в западных, юго – западных, северных, южных и местных циклонах. Повышение давления на 5 гПа отмечалось в центре циклонов, смещавшихся с западной составляющей вдоль 60 – 65 параллели с. ш. и ныряющих циклонов, на 10 гПа в северных.

Таблица 1

Среднее многолетнее значение давления в центрах циклонов над Западной Сибирью (1981 – 2004 гг.)

Год	Zn						
	1	2	3	4	5	6	7
Группа циклонов	1	2	3	4	5	6	7
1981 - 1990	995	1005	1005	1000	1005	1015	990
1991 - 2000	1000	1000	1000	995	1005	1010	1000
2001 - 2004	995	1005	1005	1000	1000	1010	1000

Если говорить об изменении давления в центрах циклонов по месяцам за сравниваемые годы, то с 1980 по 2004 гг. оно примерно одинаково, изменяется в пределах 995 – 1005 гПа. Исключением явился месяц январь 1981 – 1990 гг., когда циклоны углубились на 20 гПа по сравнению с 1991 – 2000 гг.

В целом, по исследованию особенностей активности циклонов над Западной Сибирью можно сделать следующие выводы:

1. За всю историю имеющихся результатов исследований максимальное количество циклонов наблюдалось в период 1963 – 1967 гг. В 1981 – 1990 гг. и 2001 – 2004 гг. их количество, по сравнению с максимумом, было меньше в два раза, в 1991 – 2000 гг. на 28% [6], т. о. минимальное количество циклонов наблюдалось в 1981 - 1990 гг.;
2. По сравнению с 1981 – 1990 гг. в период 1991 – 2000 гг. увеличилось количество циклонов приходивших на исследуемую территорию. Средняя глубина циклонов

перемещавшихся с южных направлений над территорией уменьшилась и составляла 1006 гПа, по сравнению с периодом 1942 – 1961 гг., когда она была 993 гПа [16];

3. В последнее десятилетие XX века наблюдалось большее количество циклонов, по сравнению с 1981 – 1990 гг. и с 2000 – 2004 гг., образовавшихся над Западной Сибирью, причем циклоны в 1991 – 2000 гг. были более глубокими;

4. В период 1981 – 2004 гг. наиболее характерная продолжительность жизни циклонов составляла 4,3 суток.

Для исследования активности антициклоны, как и циклоны, были сгруппированы в зависимости от места образования. Так, в группу Az 3 входят антициклоны выходящие с ЕТР; в группу Az С антициклоны с центрами над Арктикой, и над Уралом; в группу Az Ю антициклоны с центром над Тувой, Алтаем, Монголией и причерноморские. Динамика таких групп антициклонов представлена на рисунке 3. Анализируя данные, представленные на рис. 3 можно утверждать, что с 1990 г. увеличилось общее количество антициклонов, проходивших над территорией Западной Сибири. Особенно резко (более чем в два раза) увеличилось количество образований, приходивших с южных направлений. Причем количество

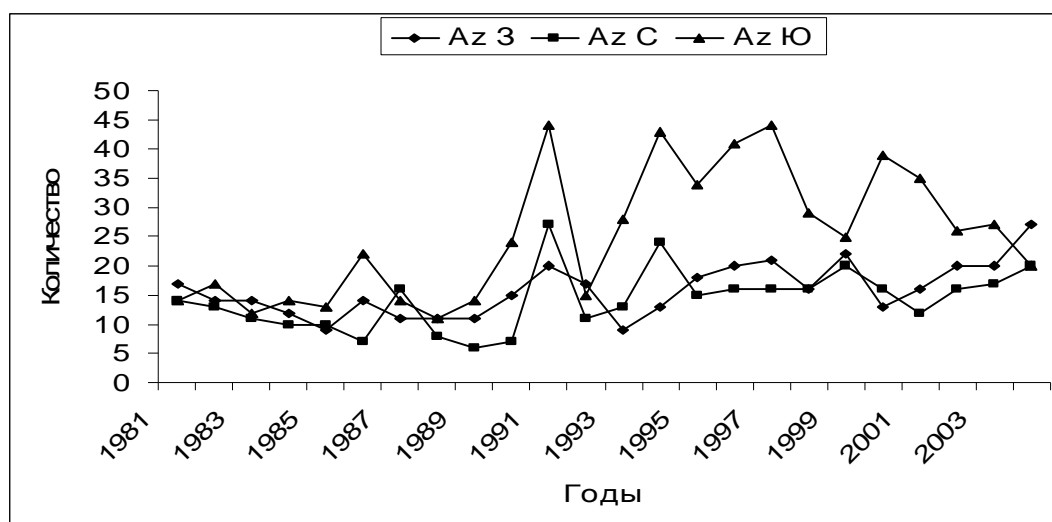


Рис.3 Количество антициклонов над Западной Сибирью в различные годы (1981 – 2004 г.)

антициклонов с центром над Тувой, Алтаем или Монголией (на уровне 500 и более, выходящих с ЕТР (на уровне 500 гПа потоки с северной и северо- западной составляющей) в 1,5 раза. Увеличение количества барических образований происходило во все сезоны.

Что касается давления в центрах антициклонов, проходивших над исследуемой территорией, то оно изменялось незначительно, только в антициклонах с центром над Тувой, Алтаем и Монголией среднее давление уменьшилось на 10 гПа, что свидетельствует о наметившейся тенденции ослабления азиатского антициклона к концу периода исследований. Это подтверждает и тот факт, что весной и осенью давление в центрах антициклонов, в сравниваемые года, не изменилось, увеличение (с 1040 до 1045 гПа) давления наблюдалось зимой, а уменьшение (с 1020 до 1015 гПа) летом.

По исследованию активности антициклонов над Западной Сибирью в период 1981 – 2004 гг. можно сделать следующие выводы:

1. На протяжении всего периода исследований количество антициклонов, определявших погоду над Западной Сибирью значительно меньше, чем количество циклонов. В отдельные годы их количество различается в 2 раза;
2. В 1981 – 1990 гг. количество антициклонов меньше по сравнению с 1991 – 2000 гг. на 50%, 2001 – 2004 на 25%;

3. В годовом ходе повторяемости антициклонов максимумы и минимумы совпадают по временам года, но приходится на разные месяцы [10];
4. Средняя продолжительность жизни антициклонов составляла 4,7 суток;
5. К концу столетия наметилась тенденция ослабления азиатского антициклона, что проявилось в уменьшении давления в центре антициклонов, образовавшихся над Тувой, Алтаем и Монголией.

Важнейшей характеристикой любого барического образования является его интенсивность. В циклоне интенсивность является объективной мерой скорости не только горизонтального переноса, но и упорядоченных вертикальных движений. Кроме того, интенсивность в циклоне является даже более информативной характеристикой, чем давление в центре циклона, поскольку очаг максимальных значений вертикальных токов располагается в районе наибольшего сгущения циклонически искривленных изобар, т.е. там, где происходит наиболее интенсивное вытеснение и подъем воздуха.

Интенсивность циклонов и антициклонов рассчитывалась следующим образом: определяется градиент давления по четырем основным направлениям от центра циклона на расстоянии 1000 км от него (причем берется максимальная разница давления) и рассчитывается среднее значение ΔP в миллибарах (мб) [19].

$$\Delta P = [(P_1 - P_0) + (P_2 - P_0) + (P_3 - P_0) + (P_4 - P_0)] / 4$$

Годы для исследования выбраны с таким расчётом, чтобы вошли и те годы когда циклоническая активность была низкой и годы с высокой циклонической и антициклонической активностью.

Результаты расчета интенсивности барических образований приведены в табл. 2. Наиболее интенсивными являлись циклоны 1, 4 и 7 групп, то есть

Таблица 2

Среднее значение интенсивности в центрах циклонов и антициклонов над Западной Сибирью.

Барическое образование	Zn							Az				
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5
Среднее	12	7	9	13	8	8	13	11	8	7	7	8

смещавшиеся с западной составляющей вдоль 60 – 65 параллели с. ш., северные, смещавшиеся с северных районов Западной Сибири, и смещавшиеся из районов Кольского полуострова. Наименее интенсивными циклоны 2, 3 и 6 групп, то есть образовывавшиеся на волне полярного фронта в районе Свердловска, Омска, Куйбышева, продвигавшиеся из районов Каспийского и Аральского морей и местные, образовывавшиеся в районе междуречья Обь – Иртыш и на юге Западной Сибири. У антициклонов наиболее интенсивна первая группа (с центром над Тувой, Алтаем, Монголией), а наименее четвертая (выходящие с Европейской территории России).

При этом глубина циклонов 1 группы изменялась в пределах 981 – 1012 гПа, 4 группы – 964 – 1021 гПа, 7 группы – 975 - 1022 гПа, антициклонов 1 группы составляла 1019 – 1065 гПа, но поскольку для характеристики циркуляции более информативным является не глубина циклонов, а их интенсивность, мы более подробно исследуем именно эту характеристику.

В табл. 3 приведены значения средней сезонной интенсивности циклонов и антициклонов над Западной Сибирью за исследуемый период.

Таблица 3

Среднее сезонная интенсивность циклонов и антициклонов над Западной Сибирью.

Барические образования	Зима	Весна	Лето	Осень
Zn	13	12	8	10
Az	12	8	6	8

Наибольшая интенсивность как циклонов, так и антициклонов, за рассматриваемый период, наблюдалась зимой, наименьшая летом. В переходные периоды, весной и осенью, интенсивность барических образований примерно одинакова.

Также представляет интерес интенсивность циклонов и антициклонов в середине сезонов (табл. 4). Как видно из данных приведённых в табл. 3 наиболее интенсивны циклоны и антициклоны в январе, наименее интенсивны в июле. Интенсивность циклонов, наблюдавшихся в январе составляет 46% от интенсивности циклонов июля, антициклонов 58%. В апреле и октябре интенсивность как циклонов, так и антициклонов практически была равной.

Таблица 4

Средняя интенсивность циклонов и антициклонов в характерные месяцы сезонов.

	Барические образования	Январь	Апрель	Июль	Октябрь
Среднее	Zn	13	10	7	12
	Az	12	7	5	7

В целом, по результатам проведенных исследований можно утверждать:

1. Ежегодное количество барических образований, определявших погоду над Западной Сибирью, варьировало в широких пределах. Количество циклонов изменялось в пределах 41 - 130, антициклонов 29 - 91;
2. Пик активности барических образований в минувшем столетии наблюдался, по меньшей мере, дважды: в середине 60 - х и в 90 - е годы;
3. К концу столетия особенно заметно увеличилось количество циклонов приходивших на территорию Западной Сибири с южных направлений и антициклонов с северных;
4. Обнаруженные тенденции свидетельствуют об усилении меридиональности в циркуляции атмосферы над Западной Сибирью. При меридиональном типе циркуляции междуширотный перенос тепла значительно больше, чем при зональном, следовательно, наличие аномалий в распределении температуры воздуха и осадков, в повторяемости опасных явлений вполне объяснимо;
5. Ориентируясь на циркуляцию 60 - х, мы можем предполагать, что сложившаяся ситуация продлится 5 - 7 лет;
7. Наиболее интенсивными являются циклоны 1, 4 и 7 из выделенных нами групп, а наименее интенсивными циклоны 2, 3 и 6;
8. Из антициклонов наиболее интенсивна 1 группа, а наименее 2;
9. В конце 70 – х годов XX века антициклоническая активность была больше, чем в начале 90 – х;
10. Интенсивность циклонов была максимальна в 1982 году (16 гПа), минимальна в 1989 году (2 гПа), антициклонов в 1987, 1990 (14 гПа), в 2003 (3 гПа) соответственно.

Литература

1. Климатология. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
2. Бордовская Л. И., Цибульский А. Е. // Вопросы географии Сибири. 1974. Вып. 7. с. 64 – 98.
3. Нарожная О. В., Нарожный Ю. К., Попова К. И. Циркуляционный режим и гидротермические условия зим Алтая. // Гляциология Сибири. Томск: Изд. ТГУ. 1993. Вып. 4 (19). С. 182 – 198.
4. Хромов С. П., Петросянц М. А. Метеорология и климатология. – М. : Изд – во МГУ. – 2001. – 528 с.
5. Багров Н. А., Кондратович К. В. Долгосрочные метеорологические прогнозы. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 248 с.
6. Бордовская Л. И., Цибульский А. Е. Повторяемость и скорость движения циклонов и антициклонов над Западной Сибирью. // Вопросы географии Сибири. Томск: Изд. ТГУ. 1976. Вып. 9. С. 22 – 29
7. Погосян Х. П. Сезонные колебания общей циркуляции атмосферы // Тр. ЦИП. 1947. Вып. 1(28). – 88 с.
8. Хромов С. П. Основы синоптической метеорологии. – Ленинград. : Гидрометеиздат, 1960.
9. Архангельский В. Л. Пути и скорости перемещения циклонов и антициклонов в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. // Труды ДВ НИГМИ. 1956. Вып. 1.
10. Попова К. И. К вопросу о циркуляции атмосферы над Западной Сибирью в летний период. // Тр. ГГО. Л.: Гидрометеиздат. 1964. Вып. 164. С. 64 – 73.
11. Кошинский С. Д. Синоптико – статистическая характеристика циклонической деятельности над Западной Сибирью в холодное время года. // Труды ЗСРНИГМИ. 1976. Вып. 21. С. 106 – 113.
12. Попова К. И. Краткая характеристика связей осадков с циркуляционным режимом за тёплый период над юго – восточной частью Западно – Сибирской низменности. – Томск. : Изд – во Томского университета. – 1962. Сборник второй. С. 136 – 148.
13. Бышев В. И., Кононова Н. К., Нейман В. Г., Романов Ю. А. Особенности динамики климата Северного полушария в XX столетии / Доклады академии наук. 2002. т. 384. № 5. С. 674 – 681.
14. Груза Г. В., Ранькова Э.Я. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата // Метеорология и гидрология. – 2004. - № 4. – С. 50 – 67.
15. Ипполитов И. И., Кабанов М. В., Комаров А. И., Кусков А. И. Современные природно климатические изменения в Сибири: ход среднегодовых приземных температур и давления. // География и природные ресурсы. 2004. № 3. с. 90 – 96.
16. Попова К. И., Лупина Н. Х., Панжевская Е. И., Егорина А. В. Барико – циркуляционный режим атмосферы над Алтаем и сопредельными территориями в тёплый период. // Гляциология Сибири. Томск: Изд. ТГУ. Вып. 3 (18). 1986. С. 12 – 59.
17. Горбатенко В. П., Поднебесных Н. В. Динамика повторяемости циклонических вихрей над Западной Сибирью// Шестое Сибирское совещание по климату – экологическому мониторингу. Томск: Изд. СО РАН, 2005. С. 19 – 23.
18. Горбатенко В. П., Поднебесных Н. В. Динамика повторяемости антициклонических вихрей над Западной Сибирью// Шестое Сибирское совещание по климату – экологическому мониторингу. Томск: Изд. СО РАН, 2005. С. 16 – 19.
19. Прокопьева И. П. Связь значительных снегопадов на юго – востоке Западной Сибири с интенсивностью циклонов и траекториями их перемещения. // Тр. СибНИГМИ. М.: Московское отделение Гидрометеиздата. 1978. Вып. 36. С. 50 – 56.

Large-scale atmosphere circulation over Western Siberia (1982 - 2004)

Podnebesnyh Natalia V., Ippolitov Ivan I., Gorbatenko Valentina P.

Cyclonic and anticyclonic activity in a Western Siberia for the period 1981-2004 is considered. Trajectories of pressures centers moving, quantity of cyclonic and anticyclones of various geneses are analyzed.