



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

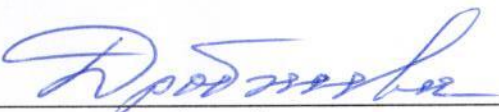
Кафедра метеорологических прогнозов

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему «Анализ синоптических условий, вызывающих аномальные осадки  
в Центральной России»

Исполнитель Калугин Денис Леонидович  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук  
(ученая степень, ученое звание)  
Ефимова Юлия Викторовна  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой   
(подпись)

доктор физико-математических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Дробжева Яна Викторовна  
(фамилия, имя, отчество)

«25» мая 2018 г.

Санкт-Петербург  
2018

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	4
1 Особенности климата и рельефа Средней полосы России.....	5
1.1 Географическое положение и административно-территориальное деление.....	5
1.2 Природные условия Средней полосы России.....	6
1.3 Географические особенности пунктов, выбранных для анализа экстремальных осадков в Средней полосе России.....	8
1.4 Климат Средней полосы России.....	14
2 Основные характеристики барических образований умеренных широт.....	15
2.1. Воздушные массы и фронты.....	15
2.2. Механизм формирования и развития циклонов.....	16
2.3. Механизм формирования и развития антициклонов.....	22
2.4 Некоторые особенности развития антициклонов.....	28
3 Анализ синоптических условий, вызывающих аномальные осадки в Центральной России.....	32
3.1 Анализ режима осадков в Средней полосе России за период с 1960 год по 2016 год.....	32
3.2 Анализ повторяемости экстремальных сумм осадков на территории Средней полосы России.....	38
3.3 Синоптические условия формирования экстремального количества осадков за сутки на большей части территории Центра России.....	41

3.4	Синоптические условия формирования экстремального количества осадков для единичных случаев.....	48
	Заключение.....	52
	Список используемой литературы.....	53

## Введение

В связи с увеличением числа случаев экстремального количества осадков в Средней полосе России, исследование их режимообразующих факторов является задачей, несомненно, актуальной. Выявлению синоптических условий, характерных подобным ситуациям, посвящён данный проект.

В первой главе рассматриваются климатические и географические особенности Центральной России и выбранных для исследования городов. Особенности формирования циклонов и антициклонов в регионе посвящена вторая глава бакалаврского проекта. Цель дипломного проекта представлена в третьей главе - анализ циркуляционных условий, характерных экстремальному количеству осадков в средней полосе России.

В ходе дипломного проектирования для анализа экстремальных сумм осадков в Средней полосе России были выбраны - Тула, Кострома, Владимир, Орёл, Курск, Тамбов, Брянск, Вологда, Белгород, Тверь, Ярославль, Смоленск, Рязань, Москва – города, которые описывают практически всю исследуемую территорию.

Предполагается проанализировать режим осадков в этих пунктах за период с 1960 по 2016 год. Выявить экстремальное количество осадков для единичных случаев и случаев, где экстремальное количество осадков наблюдалось в двух и более пунктах исследуемого региона Средней полосы России.

Проанализировать циркуляционные особенности, сопутствующие выпадению экстремального количества осадков отдельно для единичных случаев и отдельно для повторяющихся случаев в нескольких городах.

## 1. Особенности климата и рельефа Средней полосы России

### 1.1 Географическое положение и административно-территориальное деление

Средняя полоса России, Средняя полоса Европейской части России, часто просто Средняя полоса — условный термин, определяющий центрально-европейскую часть России. К Средней полосе принято относить Европейскую часть России от границ с Белоруссией на западе до Поволжья на востоке, и от Карелии и Архангельской области на севере до Черноземья, а иногда и до Кавказа, на юге[1].

В состав округа входит: 1. Белгородская область; 2. Брянская область; 3. Владимирская область; 4. Воронежская область; 5. Город Москва; 6. Ивановская область; 7. Калужская область; 8. Костромская область; 9. Курская область; 10. Липецкая область; 11. Московская область; 12. Орловская область; 13. Рязанская область; 14. Смоленская область; 15. Тамбовская область; 16. Тверская область; 17. Тульская область; 18. Ярославская область.

Безоговорочно к Средней полосе России относятся области, расположенные вокруг Москвы (Центральный экономический район и Нижегородская область): Московская, Смоленская, Тверская, Ярославская, Владимирская, Рязанская, Тульская, Калужская, Орловская, Брянская, Костромская, Ивановская, Нижегородская.

Средняя полоса включает в себя Центральный федеральный округ. Центральный федеральный округ (ЦФО) — административное формирование в западной части России. Образован указом президента РФ от 13 мая 2000 года. Представлен областями и городом федерального значения. Территория округа составляет 650205 км<sup>2</sup>, то есть 3.8 % от территории Российской Федерации, что приблизительно равно площади Французской Республики [1].

## 1.2 Природные условия Средней полосы России

Для Средней полосы в целом характерен равнинный рельеф, обусловленный особенностями геологического строения. Эта территория в тектоническом отношении представляет собой часть обширной Русской платформы. Равнинная поверхность удобна для сельского хозяйства. Хотя в целом Центр является равнинным районом, в его пределах можно довольно ясно различить разные по характеру рельефа области. На северо-западе расположена Валдайская возвышенность, к которой примыкают обширные низины. Южнее в широтном направлении через Смоленск, Вязьму и далее тянется Смоленская возвышенность. На юго-западе в пределы Центра заходит Приднепровская низменность. На юго-востоке Центра представлено одно из звеньев обширного пояса низин, одной из которых является Мещерская низменность. Южная часть Центра лежит в пределах среднерусской возвышенности, которая на востоке переходит в Окско-Донскую низменность. Наиболее пониженная часть района — это долина реки Оки [2].

Поверхностные водные источники района представлены разветвленной речной сетью, относящейся к бассейнам Каспийского, Черного и Балтийского морей. Обеспеченность ресурсами поверхностных вод территории района уменьшается с севера-северо-запада на юг-юго-восток. Наиболее крупные реки района — Волга с притоками Окой, Мологой, Костромой и другими, Днепр с Десной, Западная Двина, Дон. Однако в результате положения в районе главных водоразделов в Центре нет особенно крупных водостоков — все значительные реки протекают здесь своими верховьями, набирая полную силу уже за пределами района. Судоходные реки — Волга, Ока, Москва. Другие реки района не имеют большого транспортного значения и в основном играют роль местных источников водоснабжения. Озера многочисленны, но не велики. Северная

половина района отличается значительной заболоченностью. Почти повсеместно здесь встречаются тысячи больших и малых болот [2].

Серьезные изменения в облик растительности Средней полосы России внесла многовековая деятельность человека; этот район в течение нескольких столетий был наиболее густонаселенной и хозяйственно развитой частью страны. В результате на обширных пространствах леса были вырублены и заменены пашнями и лугами. Поскольку в результате рубок и других видов воздействия человека состав лесов сильно изменился, в Центре преобладают вторичные леса, образовавшиеся на месте коренных хвойных, хвойношироколиственных и широколиственных лесов. Очень много лесов погибло во время Великой отечественной войны, так что на западе Центра сейчас много молодых рощ и перелесков. Свыше половины лесов представлены хвойными породами. Наибольшей лесистостью характеризуется северная часть района, особенно Костромская и Тверская области. Южные леса истощены и в основном имеют экологическое, водоохранное, рекреационное значение. Запасы леса не удовлетворяют хозяйственные потребности района. Значительная часть лесного сырья и пиломатериалов ввозится из Северного, Волго-Вятского и других районов. Некондиционное лесное местное сырье и отходы используются слабо. Покрытая лесом площадь ЦЭР составляет 40% его территории, или менее 2% государственного лесного фонда России. Свыше половины лесов представлены хвойными породами. Костромская область относится к зоне лесов промышленного значения, а все остальные области — к зоне малолесных районов. Почти 2/5 лесопокрытой площади района имеет главным образом водоохранное, защитное и рекреационное значение [2].

Наиболее характерны для большей части района (к северу от Оки) дерново-подзолистые почвы. С сильной заболоченностью северной части района связано довольно широкое распространение подзолисто-болотных почв. В качестве своеобразных “островов” среди подзолистых почв выделяются массивы темноцветных, более плодородных серых лесных почв.

Южная часть Средней полосы резко отличается по почвам от основной его территории. Здесь значительно более плодородные серые лесные почвы и черноземы, которые издавна интенсивно распахивались и утратили часть своего природного плодородия [2].

### 1.3 Географические особенности пунктов, выбранных для анализа экстремальных осадков в Средней полосе России

Для анализа экстремальных осадков в Средней полосе России были выбраны - Кострома, Рязань, Тверь, Ярославль, Смоленск, Курск, Орёл, Тамбов, Тула, Вологда, Белгород, Москва, Владимир, Брянск – города, описывающие практически всю исследуемую территорию.

*Кострома.* Костромская область расположена в центральной части Восточно-Европейской равнины. Граничит: на юге с Ивановской областью, на западе – с Ярославской областью, на северо-западе и севере – с Вологодской областью, на северо-востоке и востоке – с Кировской областью, на юго-востоке – с Нижегородской областью.

В центре области – Галичская возвышенность (высота до 292 м), на северо-востоке – Северные Увалы. Главными реками Костромы являются Волга (Горьковское водохранилище) и её левый приток Кострома, уровень которых поднят подпором Нижегородской ГЭС. Кострома расположена на обоих берегах на 597—603 км от истока Волги (Верхняя Волга), здесь река меняет своё направление и поворачивает на юго-восток. Правый берег Волги высокий, обрывистый, левый — низменный. Ширина Волги в черте города составляет около 600 метров. На территории Костромской области находится большое количество озер, наиболее крупные – Галичское и Чухломское [3].

*Рязань.* Рязань располагается в центре Восточно-Европейской равнины, в междуречье Оки и Волги в западной части Рязанской области. Территория города составляет 224 км<sup>2</sup>. Основная его часть располагается на высоком правом берегу Оки, 28 км<sup>2</sup> занимает курортный район Солотча, входящий в



территорию Мещёрского национального парка и удалённый от Рязани на 1-2 км.

Географическое расположение Рязани на пограничных участках между подзоной смешанных и подзоной широколиственных лесов, а шире—в пограничной зоне между лесами и степью, в непосредственной близости у крупной водной артерии—Оки, являлось в прошлом и является в настоящем значительным стимулом для динамичного развития города. Наивысшая точка Рязани — площадь 50-летия Октября, располагающаяся в Железнодорожном округе, самая низкая — в пойме старицы Оки в Солотче. Географический центр города, обозначенный памятным знаком, находится на пересечении улиц Гагарина и 4-я Линия .

Расстояние до Москвы — 180 км. Рязань является ближайшим крупным городом к столице России, образуя, таким образом, Рязанско-Московскую миграционную сеть [4].

*Тверь.* Тверская область расположена в северо-западной части России на 55°58' северной широты и 31°38' градусов восточной долготы и входит в состав Центрального экономического района России. С запада на восток она протянулась более чем на 450 км, а с севера на юг — примерно на 350 км. Граничит с Владимирской, Московской, Новгородской, Псковской, Смоленской и Ярославской областями. Расстояние от областного центра до Москвы составляет 167 км. Площадь Тверской области — 84,2 тыс. км<sup>2</sup>. По занимаемой площади Тверская область одна из самых больших в европейской части России.

Тверская земля, расположенная в пределах уникального в экологическом отношении региона — Главного водораздела Русской равнины, богата водными ресурсами. Здесь расположено более 500 крупных озер, в их числе «жемчужина» края — озеро Селигер, площадь которого составляет 260 км<sup>2</sup>. На территории области протекает около 1000 больших и малых рек, общей протяженностью свыше 17 тыс. км. Берут начало такие

крупные реки как Волга и Западная Двина (Даугава). В области расположены 9 водохранилищ искусственного происхождения [5].

*Ярославль.* Ярославская область расположена на севере европейской части России, в центре Восточно-Европейской равнины. Граничит с Владимирской, Вологодской, Ивановской, Костромской, Московской, Тверской областями. Расстояние от областного центра до Москвы — 282 км. Площадь Ярославской области составляет 36,2 тыс. км<sup>2</sup>. Из этого 17,2 тыс. занимают леса, 11,3 тыс. сельхозугодья, 3,9 тыс. водные объекты, 1,1 тыс. болота, прочие земли — 2,7 тыс. км<sup>2</sup>. Протяжённость с севера на юг — 270, с запада на восток — 220 км. Самая высокая точка — возвышенность Тархов холм на севере Переславского района: 292,4 м над уровнем моря. Полезные ископаемые здесь — это в основном строительные материалы (песок, гравий, глина) и торф. Также имеются минеральные воды (источники и скважины) [6].

*Смоленск.* Смоленск располагается по обоим берегам верхнего Днепра, который здесь глубоко врежется (перепад высот более 90 м) в Смоленскую возвышенность, являющуюся западной частью обширной Смоленско-Московской гряды. Площадь города 176 км<sup>2</sup>. Днепр пересекает город с востока на запад и разделяет его на две части, относительно симметричные по характеру поверхности. Крутые склоны берегов, изрезанные разветвленной сетью оврагов, придают территории города вид увалистой, гористой местности. В границах города и в его окрестностях Днепр принимает несколько небольших притоков, в долинах которых раскинулись улицы города. Высокие межовражные и межречные увалы, холмы и мысы образуют так называемые горы. Перепад высот достигает 90 метров. Считается, что Смоленск стоит на семи холмах (горах). Смоленск имеет выгодное географическое положение, так как расположен на путях из Москвы в Беларусь, Прибалтику, страны Центральной и Западной Европы [7].

*Курск.* Курская область на протяжении всей территории находится на Среднерусской возвышенности с площадью 29,8 тысяч км<sup>2</sup>. Равнинный рельеф обуславливается мощной сетью разветвленных рек, самой главной из них является река Сейм. Она играет важнейшую роль в рыболовецкой и сельскохозяйственной отрасли области.

Высота области над уровнем моря в разных местах находится в пределах от 170 до 250 метров. Центральная часть региона немногим выше находится относительно других районов, и становится тем ниже, чем ближе смещается на юго-запад.

Особенностью климата региона является большее количество осадков, выпадающее на её северо-западной части и составляет около 540-650 мм/год, относительно других районов, где это значение 465-545 мм/год[8].

*Москва.* Москва находится в центре европейской части России, в междуречье Оки и Волги, на стыке Смоленско-Московской возвышенности (на западе), Москворецко-Окской равнины (на юге) и Мещёрской низменности (на юго-востоке). Территория города на 2006 год составляет 1081 км<sup>2</sup>, что делает его самым маленьким по площади субъектом Российской Федерации. Основная часть (877 км<sup>2</sup>) находится внутри кольцевой автомагистрали (МКАД), остальные 204 км<sup>2</sup> — за кольцевой автодорогой [10].

Средняя высота над уровнем моря составляет 186 м. Наивысшая точка находится на Теплостанской возвышенности и составляет 255 м. Протяжённость Москвы (без учёта чересполосных участков) с севера на юг в пределах МКАД — 38 км, за пределами МКАД — 51,7 км, с запада на восток — 39,7 км [10].

Город располагается на обоих берегах реки Москвы в её среднем течении. Помимо этой реки, на территории города протекает несколько десятков других рек, наиболее крупные из которых — притоки Москвы [10].

Москва расположена на стыке трёх природных областей с разными видами ландшафтов. На юго-западе — Теплостанская ледниковая

возвышенность, оканчивающаяся у Москвы-реки Воробьёвыми горами. На востоке и юго-востоке — Мещёрская низменность. На севере — Клинско-Дмитровская моренная гряда. Для каждой из областей характерен свой уникальный рельеф. Воробьёвы горы изрезаны водными потоками и там много оврагов, балок и глубоких долин. Мещёрская низменность отличается довольно плоским рельефом и заболоченностью. Большая часть города расположена в пределах моренной и флювиогляциальной равнин с широкими речными долинами, имеющими пойму и надпойменные террасы (реки Москва, Яуза и др.). Территорию Москвы почти сплошным чехлом покрывают разнообразные четвертичные отложения — ледниковые, водно-ледниковые, речные, озёрные и другие образования, местами достигающие мощности 50-60 м.

Гидрогеологические условия территории Москвы определяются положением в пределах Московского артезианского бассейна, характеризующегося чередованием водоносных горизонтов и слабопроницаемых глинистых пластов. В районе Москвы безнапорные и слабо напорные горизонты четвертичных, меловых и юрских отложений сменяются высоконапорными горизонтами каменноугольных, девонских, нижнепалеозойских и докембрийских пород [9].

*Орёл.* Город располагается на Среднерусской возвышенности на месте слияния двух рек – Оки и Орлика. Сложно недооценить роль, которую играет Ока в экономической, туристической, промышленной и многих других отраслях.

Погода в области определяется умеренно-континентальным климатом. Суровая зима в определенный период может сменяться оттепелями, а жаркое лето – прохладной воздушной массой с дождями[10].

*Тамбов.* Город находится на Русской равнине в 550 км на юго-восток от столицы России. Через область проходят важные шоссе, соединяющие регион с югом России, а также с Поволжьем, что определяет положительную динамику в развитие экономики города.

Тамбов является самым восточным городом из всех рассматриваемых в данной выпускной бакалаврской работе. За счёт восточного расположения области, влияние континентального климата заметно отличается от западных и северо-западных регионов[11].

*Тула.* Практически все города, представленные в данной выпускной бакалаврской работе находятся на Среднерусской возвышенности и Тула не исключение. Площадь города немногим меньше 190 тысяч км<sup>2</sup>, зато количество жителей растёт с каждым годом и составляет уже более полумиллиона человек.

*Вологда.* Вологда расположена в северо-западной части исследуемой области и относить её к Средней полосе России можно лишь с небольшой поправкой. Включение города в список исследуемых способствовало желание продвинуться в выпускной бакалаврской работе на северо-запад с целью изучить как общий режим осадков, так и возникновение экстремального количества осадков относительно городов Центральной части России[12].

Забегая вперёд можно смело утверждать, что осадков на данной территории выпадает в среднем такое же количество, как и в других регионах, исследуемых в дипломной работе.

*Белгород.* Территория области находится на юго-западной границе Русской равнины и является одним из двух регионов, рассматриваемым в выпускной бакалаврской работе, который граничит с другим государством – Украиной. Это объясняет факт сравнительно жаркого лета в городе, относительно других городов, представленных в бакалаврском проекте.

*Владимир.* Один из древнейших городов в России, основанный на берегах реки Клязьмы. Население в 350 тысяч человек – хороший показатель при достаточно небольшой площади города. Рельеф области неоднородный – равнины вблизи рек сменяются крутыми оврагами и холмами. Близкое расположение до Москвы (около 200 километров) делает из Владимира хорошо развитый экономический и туристический центр региона.

*Брянск.* Брянская область расположена в западной части Восточно-Европейской равнины и одновременно граничит с двумя государствами – на западе с республикой Беларусь и на юге с Украиной. На территории области располагается крупная систем рек и озёр. Основной их источник питания – атмосферные осадки (около 58%), остальная часть приходится примерно поровну между подземными водами и водами систем соседних регионов[13].

#### 1.4 Климат Средней полосы России

Средняя полоса России лежит в пределах атлантико-континентальной климатической области умеренного пояса. Для неё характерно не слишком холодная зима и теплое, но не чрезмерно жаркое лето. Во все сезоны преобладают западные ветры, приносящие воздух атлантического происхождения. Наиболее низкие температуры наблюдаются в январе: в среднем от  $-8^{\circ}$  на западе до  $-12^{\circ}$  на востоке района. Летом различия внутри района гораздо меньше, чем зимой: от  $18^{\circ}$  на северо-западе до  $20^{\circ}$  на юго-востоке. Годовая амплитуда температуры воздуха сравнительно невелика ( $26-30^{\circ}$ ). Среднее продолжительность безморозного периода составляет 125-140 дней для открытого ровного места, а сумма температур за это время  $1800-2300^{\circ}$ , что позволяет успешно возделывать в Центре большую часть зерновых, картофель, овощи, кормовые травы, лен. Среднегодовое количество осадков составляет 450-600 мм. Климат умеренно континентальный, не вызывающий особых затруднений в ведении хозяйства, эксплуатации производственных и социальных объектов. Климат позволяет выращивать зерновые и технические культуры, картофель и овощи, заниматься садоводством и развивать различные отрасли животноводства [1].

## 2. Основные характеристики барических образований умеренных широт

### 2.1 Воздушные массы и фронты

Воздушной массой называется большое количество воздуха, имеющего сравнительно однородные свойства в горизонтальных направлениях, порой на протяжении тысяч километров. Воздушная масса,двигающаяся над более теплой подстилающей поверхностью, называется холодной;двигающаяся над более холодной подстилающей поверхностью — теплой; находящаяся в тепловом равновесии с окружающей средой — местной.

Воздушная масса, формирующаяся в Арктике, называется арктическим воздухом, который сильно охлажден по всей толще, обладает малой абсолютной и большой относительной влажностью, несущий с собой туманы и дымки. В умеренных широтах формируется полярный воздух. Зимой массы такого воздуха близки по своим свойствам к арктическому; летом полярный воздух сильно запылен и отличается пониженной видимостью. Формирующийся в субтропиках и тропиках тропический воздух сильно прогрет, запылен, отличается большой абсолютной влажностью, нередко вызывающий явления опалесценции (красноватое солнце и далекие предметы в голубой дымке).

Континентальный тропический воздух днем неустойчив (конвекция, пыльные вихри и бури, смерчи). Видимость понижена. Экваториальный воздух имеет, в общем, те же свойства, что и тропический, но некоторые из них выражены еще в большей степени.

Место соприкосновения двух воздушных масс, обладающих различными физическими свойствами, называется поверхностью раздела (фронтом). Линия пересечения такой поверхности с подстилающей поверхностью (моря или земли) называется линией фронта. Фронты разделяются на подвижные и стационарные.

Главный арктический фронт отделяет арктический воздух от полярного; главный полярный фронт — полярный воздух от тропического; главный тропический фронт — тропический воздух от экваториального. Теплый фронт возникает при наплыве теплой воздушной массы на холодную. Давление перед таким фронтом падает. Предвестником теплого фронта служат также перистые облака в виде «коготков». Перед теплым фронтом наблюдаются предфронтальные туманы. Пересекая зону теплого фронта, судно попадает в широкую полосу обложного дождя или снега с пониженной видимостью.

Холодный фронт возникает, когда холодные воздушные массы вклиниваются под теплые. Он наступает «стеной» ливневых облаков. Давление перед фронтом значительно падает. При встрече с холодным фронтом судно попадает в зону ливней, гроз, шквалов и сильного волнения. Однако если клин холодного воздуха «подсекает» теплые массы медленно, то за линией такого холодного фронта судно попадает в зону обложных осадков.

Фронт окклюзии возникает при взаимодействии двух масс воздуха — теплого и холодного. Если догоняющая масса имеет температуру ниже впереди идущей, то фронт называют фронтом холодной окклюзии; если догоняющая масса имеет температуру выше впереди идущей — фронт теплой окклюзии. Проходя фронты окклюзии, судно может попасть в условия пониженной видимости, осадков, сильного ветра, сопровождаемого волнением [14].

## 2.2 Механизм формирования и развития циклонов

Циклон (от древнегреческого — «вращающийся») — атмосферный вихрь огромного (от сотен до нескольких тысяч километров) диаметра с пониженным давлением воздуха в центре.



Воздух в циклонах циркулирует против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой стрелке в южном. Движение воздуха (пунктирные стрелки) и изобары (непрерывные линии) в циклоне в северном полушарии указаны на рисунке 2.1. Кроме того, в воздушных слоях на высоте от земной поверхности до нескольких сот метров, ветер имеет слагаемое, направленное к центру циклона, по барическому градиенту (в сторону убывания давления). Величина слагаемого уменьшается с высотой.

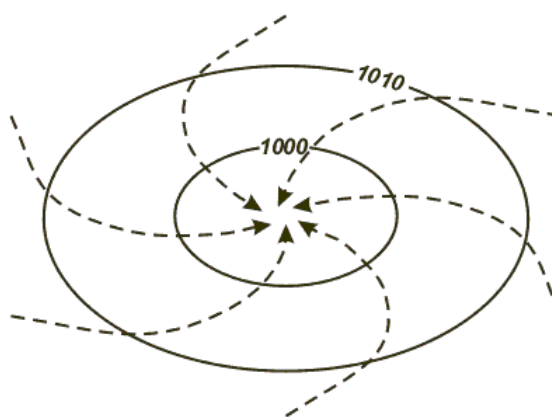


Рисунок 2.1 – Движение воздуха (пунктирные стрелки) и изобары (непрерывные линии) в циклоне в северном полушарии

Циклон — не просто противоположность антициклону, у них различается механизм возникновения. Циклоны постоянно и естественным образом появляются из-за вращения Земли, благодаря силе Кориолиса. Следствием теоремы Брауэра о неподвижной точке является наличие в атмосфере как минимум одного циклона или антициклона [15].

Обычно с прохождением циклона связывают ненастную погоду с осадками и сильными ветрами. Но циклон состоит из нескольких разнородных воздушных масс, различающихся по характеристикам погоды. В циклоне может быть и ненастная и солнечная погода – в зависимости от свойств воздушных масс в передней и тыловой его частях.

В жизни циклона выделяют несколько стадий развития:

а) начальная стадия (стадия волны);

- б) стадия молодого циклона;
- в) стадия максимального развития;
- г) стадия заполнения циклона.

Для начальной стадии развития циклона, показанной на рисунке 2.2, длящейся примерно сутки, характерен процесс от первых признаков возникновения – от деформации фронтальной поверхности (стадия волны), до появления первой замкнутой изобары на приземной карте погоды. Разность давления между центром и периферией составляет не более 5-10 гПа. На высотах вихри в начальной стадии не прослеживаются [15].

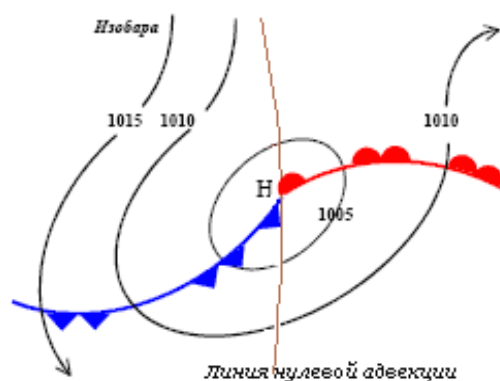


Рисунок 2.2 – Начальная стадия циклона

Возникновение волны на фронте сопровождается деформацией термобарического поля тропосферы. Тёплый воздух получает тенденцию движения в сторону холодного воздуха и впереди волны в результате восходящего скольжения тёплого воздуха формируются мощные слоистые облака Nimbostratus (Ns)-Altostratus(As)-Cirrostratus(Cs). В молодом циклоне проходят два фронта: тёплый в юго-восточной части и холодный в северо-западной. Оба фронта смыкаются в центре циклона, а между ними располагается область, занятая теплой воздушной массой (теплым воздухом), – так называемый тёплый сектор циклона. Остальная часть циклона заполнена холодной воздушной массой (холодным воздухом).

В молодой стадии развития, которая указана на рисунке 2.3, продолжительность которой также обычно не более суток, циклоны имеют уже не менее 2-х замкнутых изобар [15].

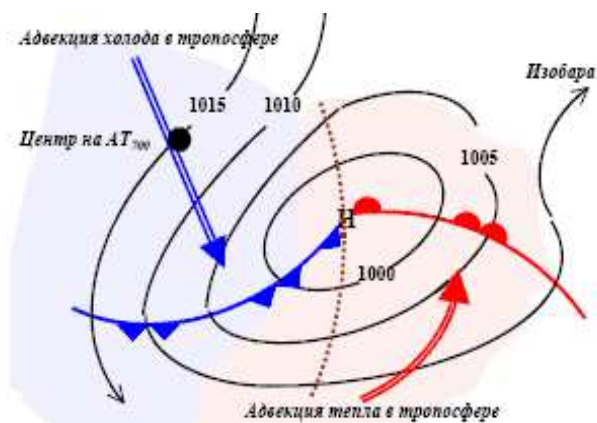


Рисунок 2.3 – Молодой циклон

Термобарическое поле деформируется, циклон углубляется, превращается в мощный атмосферный вихрь со значительными скоростями ветра. Циклоническая циркуляция распространяется в верхние слои атмосферы.

В молодом циклоне можно выделить три зоны резко отличающиеся по условиям погоды [15].

Зона I – передняя и центральная части холодного сектора циклона перед тёплым фронтом. В этой зоне характер погоды определяется свойствами тёплого фронта. Чем ближе к центру циклона и к линии фронта, тем мощнее система облаков и тем вероятнее выпадение обложных осадков [13].

Зона II – тыловая часть холодного сектора циклона за холодным фронтом. Здесь погода определяется свойствами холодной воздушной массы. При достаточной влажности и значительной неустойчивости в этой зоне выпадают ливневые осадки [16].

Зона III – тёплый сектор между теплым и холодным фронтом. Зимой в теплом секторе молодого циклона отмечаются сплошные облака St, Sc, а

иногда наблюдаются адвективные туманы и морось. Летом в теплом секторе циклона в зависимости от влажности воздушной массы может наблюдаться малооблачная погода, так и облачная погода, а иногда даже грозы. Днем отмечаются преимущественно кучевые облака [16].

Третья стадия характеризуется наименьшим давлением в центре циклона. Продолжительность стадии не более 12-24 ч. В последней стадии циклон заполняется. У поверхности Земли в центре циклона давление повышается. Горизонтальные градиенты давления и скорости ветра постепенно уменьшаются. Данная стадия наиболее продолжительна – 4 суток и более [16].

В стадии развитого циклона (стадия максимального развития, указанная на рисунке 2.4) облачная полоса на спутниковых снимках представляет собой обширный облачный вихрь с мощной облачной системой. Смыкание облачных спиралей холодного и тёплого фронтов приводит к образованию единой спирали фронта окклюзии. Процесс смыкания начинается в центре циклона и постепенно сдвигается к периферии циклона [16].

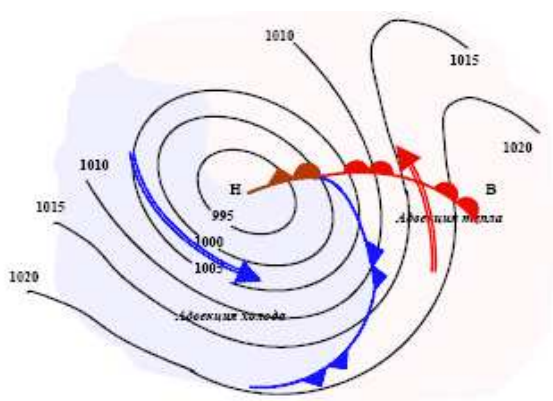


Рисунок 2.4 – Стадия максимального развития циклона

Вторая половина жизни циклона характеризуется уменьшением его поступательной скорости, значительным преобразованием термобарического

поля тропосферы – циклон становится высоким, термически симметричным (холодным) барическим образованием [14].

В случае окклюдированного циклона погода различается в зависимости от характеристик воздушных масс по обе стороны от фронта окклюзии. На фронте окклюзии имеет место сочетание облачных систем холодного и тёплого фронтов – образуется общая полоса осадков из слоистых облаков восходящего скольжения (As-Ns) и конвективных кучево-дождевых облаков (Cumulonimbus(Cb)), которые будут выпадать как перед линией фронта, так и позади него [14].

Различают два основных вида циклонов — внетропические и тропические.

Внетропические образуются в умеренных или полярных широтах и имеют диаметр от тысячи километров в начале развития, и до нескольких тысяч в случае так называемого центрального циклона. Среди внетропических циклонов выделяют южные циклоны, образующиеся на южной границе умеренных широт (средиземноморские, балканские, черноморские, южно-каспийские и т. д.) и смещающиеся на север и северо-восток. Южные циклоны обладают колоссальными запасами энергии; именно с южными циклонами в средней полосе России и СНГ связаны наиболее сильные осадки, ветры, грозы, шквалы и другие явления погоды.

Тропические циклоны образуются в тропических широтах и имеют меньшие размеры (сотни, редко — более тысячи километров), но большие барические градиенты и скорости ветра, доходят до штормовых. Для таких циклонов характерен также «глаз бури» — центральная область диаметром 20—30 км с относительно ясной и безветренной погодой. Тропические циклоны могут в процессе своего развития превращаться во внетропические циклоны. Ниже 8—10° северной и южной широты циклоны возникают очень редко, а в непосредственной близости от экватора — не возникают вовсе[14].

### 2.3 Механизм формирования и развития антициклонов

Антициклон — область повышенного атмосферного давления с замкнутыми концентрическими изобарами на уровне моря и с соответствующим распределением ветра. В низком антициклоне — холодном, изобары остаются замкнутыми только в самых нижних слоях тропосферы (до 1,5 км), а в средней тропосфере повышенное давление вообще не обнаруживается; возможно, также наличие над таким антициклоном высотного циклона [14].

Высокий антициклон — теплый и сохраняет замкнутые изобары с антициклонической циркуляцией даже и в верхней тропосфере. Иногда антициклон бывает многоцентровым. Воздух в антициклоне в северном полушарии движется, огибая центр по часовой стрелке (то есть, отклоняясь от барического градиента вправо), в южном полушарии — против часовой стрелки. Для антициклона характерно преобладание ясной или малооблачной погоды. Вследствие охлаждения воздуха от земной поверхности в холодное время года и ночью в антициклоне возможно образование приземных инверсий и низких слоистых облаков (*Stratus(St)*) и туманов. Летом над сушей возможна умеренная дневная конвекция с образованием кучевых облаков. Конвекция с образованием кучевых облаков наблюдается и в пассатах на обращенной к экватору периферии субтропических антициклонов. При стабилизации антициклона в низких широтах возникают мощные, высокие и теплые субтропические антициклоны. Стабилизация антициклонов происходит также в средних и в полярных широтах. Высокие малоподвижные антициклоны, нарушающие общий западный перенос средних широт, называются блокирующими [14].

Синонимы: область высокого давления, область повышенного давления, барический максимум.

Антициклоны достигают размера несколько тысяч километров в поперечнике. В центре антициклона давление обычно 1020—1030 мбар, но

может достигать 1070—1080 мбар. Как и циклоны, антициклоны перемещаются в направлении общего переноса воздуха в тропосфере, то есть с запада на восток, отклоняясь при этом к низким широтам. Средняя скорость перемещения антициклона составляет около 30 км/ч в Северном полушарии и около 40 км/ч в Южном, но нередко антициклон надолго принимает малоподвижное состояние.

Признаки антициклона:

- а) ясная или малооблачная погода;
- б) отсутствие ветра;
- в) отсутствие осадков.

В летний период антициклон приносит жаркую малооблачную погоду. В зимний период антициклон приносит сильные морозы, иногда также возможен морозный туман [14].

Важной особенностью антициклонов является образование их на определённых участках. В частности, над ледовыми полями формируются антициклоны. И чем мощнее ледовый покров, тем сильнее выражен антициклон; именно поэтому антициклон над Антарктидой очень мощный, а над Гренландией маломощный, над Арктикой — средний по выраженности. Мощные антициклоны также развиваются в тропическом поясе.

Интересным примером резких изменений в формировании различных воздушных масс служит Евразия. В летнее время над её центральными районами формируется область низкого давления, куда засасывается воздух с соседних океанов. Особенно сильно это проявляется в Южной и Восточной Азии: бесконечная вереница циклонов несет влажный тёплый воздух вглубь материка. Зимой ситуация резко меняется: над центром Евразии формируется область высокого давления — Азиатский максимум, холодные и сухие ветры из центра которого (Монголия, Тыва, Юг Сибири), расходящиеся по часовой стрелке, разносят холод вплоть до восточных окраин материка и вызывают ясную, морозную, практически бесснежную погоду на Дальнем Востоке, в Северном Китае. В западном направлении антициклоны влияют менее

интенсивно. Резкие снижения температуры возможны только, если центр антициклона переместится к западу от точки наблюдения, потому что ветер меняет направление с южного на северный. Подобные процессы часто наблюдаются на Восточно-Европейской равнине [14].

Блокирующий антициклон — практически неподвижный мощный антициклон, который обладает способностью не пропускать другие воздушные массы на занятую собой территорию. Средний срок жизни такого антициклона — от трёх до пяти суток, лишь 1 % антициклонов дотягивает до 15 суток.

Однако в 1972 году и 1997-2007 и 2010-2012 году антициклон в летнее время (на Европейской территории России) существовал во всех случаях практически два месяца (в 2004 и 2006 году — 2,5 месяца), вызвав катастрофическую засуху и сильнейшую жару, а также лесные пожары (как закономерное явление). Аналогичная ситуация повторилась в 2012 году в Сибири, где блокирующий антициклон просуществовал почти три месяца [11].

Стадии развития антициклонов:

- а) начальная стадия;
- б) стадия молодого антициклона;
- в) Стадия максимального развития;
- г) Стадия разрушения.

В начальной стадии развития приземный антициклон располагается под тыловой частью высотной барической ложбины, а барический гребень на высотах сдвинут в тыловую часть относительно приземного барического центра. Над приземным центром антициклона в средней тропосфере располагается густая система сходящихся изогипс. (рис. 12.7). Скорости ветра над приземным центром антициклона и несколько правее в средней тропосфере достигают 70-80 км/ч. Термобарическое поле благоприятствует дальнейшему развитию антициклона [14].



При таких скоростях в области сходимости воздушных течений происходит значительное отклонение ветра от градиентного (т.е. движение становится нестационарным). Развиваются нисходящие движения воздуха, давление растет, в результате чего антициклон усиливается [11].

На приземной карте погоды антициклон очерчивается одной изобарой. Разность давления между центром и периферией антициклона составляет 5-10 мб. На высоте 1-2 км антициклонический вихрь не выявляется. Область динамического роста давления, обусловленная сходимостью изогипс, распространяется на всё пространство, занятое приземным антициклоном [14].

Приземный центр антициклона располагается практически под термической ложбиной. Изотермы средней температуры слоя в передней части относительно приземного центра антициклона отклоняются от изогипс влево, что соответствует адвекции холода в нижней тропосфере. В тыловой части относительно приземного центра располагается термический гребень, и наблюдается адвекция тепла.

Адвективный (термический) рост давления у земной поверхности охватывает переднюю часть антициклона, где адвекция холода особенно заметна. В тылу антициклона, где имеет место адвекция тепла, наблюдается адвективное падение давления. Линия нулевой адвекции, проходящая через гребень, делит область входа ВФЗ на две части: переднюю, где имеет место адвекция холода (адвективное повышение давления), и тыловую, где имеет место адвекция тепла (адвективное падение давления).

Таким образом, суммарно, область роста давления охватывает центральную и переднюю части антициклона. Наибольший рост давления у поверхности Земли (где совпадают области адвективного и динамического роста давления) отмечается в передней части антициклона. В тыловой части, где динамический рост накладывается на адвективное падение (адвекция тепла) суммарный рост у поверхности Земли будет ослаблен. Однако, до тех пор, пока область значительного динамического роста давления занимает

центральную часть приземного антициклона, где адвективное изменение давления равно нулю, будет иметь место усиление возникшего антициклона. Итак, в результате усиливающего динамического роста давления в передней части входа ВФЗ происходит деформация термобарического поля, приводящая к образованию высотного гребня. Под этим гребнем у Земли и оформляется самостоятельный центр антициклона. На высотах, где повышение температуры вызывает рост давления, область роста давления смещается в тыловую часть антициклона, в сторону области повышения температуры [14].

Термобарическое поле молодого антициклона в общих чертах соответствует структуре предыдущей стадии: барический гребень на высотах по отношению к приземному центру антициклона заметно сдвинут в тыловую часть антициклона, а над его передней частью располагается барическая ложбина.

Центр антициклона у поверхности Земли располагается под передней частью барического гребня в зоне наибольшего сгущения сходящихся по потоку изогипс, антициклоническая кривизна которых вдоль потока уменьшается. При такой структуре изогипс условия для дальнейшего усиления антициклона наиболее благоприятны [14].

Сходимость изогипс над передней частью антициклона благоприятствует динамическому росту давления. Здесь также наблюдается адвекция холода, что также благоприятствует адвективному росту давления. В тыловой части антициклона наблюдается адвекция тепла. Антициклон является термически асимметричным барическим образованием. Термический гребень несколько отстает от барического гребня. Линии нулевого адвективного и динамического изменений давления в этой стадии начинают сближаться.

У поверхности Земли отмечается усиление антициклона – он имеет несколько замкнутых изобар. С высотой антициклон быстро исчезает.

Обычно во второй стадии развития замкнутый центр выше поверхности АТ700 не прослеживается [14].

Стадия молодого антициклона завершается переходом его в стадию максимального развития.

Антициклон является мощным барическим образованием с высоким давлением в приземном центре и расходящейся системой приземных ветров. По мере его развития вихревая структура распространяется всё выше и выше. На высотах над приземным центром ещё существует густая система сходящихся изогипс с сильными ветрами и значительными градиентами температуры [14].

В нижних слоях тропосферы антициклон по-прежнему, располагается в массах холодного воздуха. Однако, по мере заполнения антициклона однородным тёплым воздухом на высотах появляется замкнутый центр высокого давления. Линии нулевого адвективного и динамического изменений давления проходят через центральную часть антициклона. Это указывает на то, что динамический рост давления в центре антициклона прекратился, а область наибольшего роста давления перешла на его периферию. С этого момента начинается ослабление антициклона.

В четвертой стадии развития антициклон является высоким барическим образованием с квазивертикальной осью. Замкнутые центры высокого давления прослеживаются на всех уровнях тропосферы, координаты высотного центра практически совпадают с координатами центра у Земли.

С момента усиления антициклона температура воздуха на высотах повышается. В системе антициклона происходит опускание воздуха, и, следовательно, его сжатие и нагревание. В тыловой части антициклона происходит поступление тёплого воздуха (адвекция тепла) в его систему. В результате продолжающейся адвекции тепла и адиабатического нагревания воздуха антициклон заполняется однородным тёплым воздухом, а область

наибольших горизонтальных контрастов температуры перемещается на периферию. Над приземным центром располагается очаг тепла [11].

Антициклон становится термически симметричным барическим образованием. Соответственно уменьшению горизонтальных градиентов термобарического поля тропосферы, адвективные и динамические изменения давления в области антициклона значительно ослабевают.

Из-за расходимости воздушных течений в приземном слое атмосферы давление в системе антициклона понижается, и он постепенно разрушается, что на начальном этапе разрушения более заметно у земной поверхности [14].

#### 2.4. Некоторые особенности развития антициклонов

Эволюция циклонов и антициклонов существенно различается с точки зрения деформации термобарического поля. Возникновение и развитие циклона сопровождается возникновением и развитием термической ложбины, антициклона – возникновением и развитием термического гребня [17].

Для последних стадий развития барических образований характерно совмещение барических и термических центров, изогипсы и становятся практически параллельными, замкнутый центр прослеживается на высотах, причём, координаты высотного и приземного центров практически совпадают, совмещаются (говорят о квазивертикальности высотной оси барического образования). Деформационные различия термобарического поля при формировании и развитии циклона и антициклона приводят к тому, что циклон постепенно заполняется холодным воздухом, антициклон – тёплым воздухом [17].

Не все возникающие циклоны и антициклоны проходят четыре стадии развития. В каждом отдельном случае могут встретиться те или другие отклонения от классической картины развития. Нередко, возникающие у

поверхности Земли барические образования не имеют условий для дальнейшего развития и могут исчезнуть уже в начале своего существования. С другой стороны, имеют место ситуации, когда старое затухающее барическое образование возрождается и активизируется. Такой процесс называют регенерацией барических образований.

Но если у различных циклонов наблюдается более определённое сходство в этапах развития, то антициклоны, по сравнению с циклонами, имеют гораздо большие отличия в развитии и форме. Нередко антициклоны проявляются как вялые и пассивные системы, которые заполняют пространство между гораздо более активными циклоническими системами. Иногда антициклон может достичь значительной интенсивности, но такое развитие в большинстве связано с циклоническим развитием в соседних областях.

Рассматривая структуру и общее поведение антициклонов, можно разделить их на следующие классы.

Промежуточные антициклоны – это быстро движущиеся области повышенного давления между отдельными циклонами одной и той же серии, возникающих на одном и том же главном фронте – по большей части имеют вид гребней без замкнутых изобар, либо с замкнутыми изобарами по горизонтальным размерам того же порядка, что и движущиеся циклоны. Развиваются внутри холодного воздуха [17].

Заключительные антициклоны – заключающие развитие серии циклонов, возникающих на одном и том же главном фронте. Они также развиваются внутри холодного воздуха, но обычно имеют несколько замкнутых изобар и могут иметь значительные горизонтальные размеры. Имеют тенденцию по мере развития к приобретению малоподвижного состояния [17].

Стационарные антициклоны умеренных широт, т.е. длительно существующие малоподвижные антициклоны в арктическом или полярном воздухе, горизонтальные размеры которых сравнимы иногда со значительной

частью материка. Обычно это зимние антициклоны над материками и являются, главным образом, результатом развития антициклонов второго типа (реже – первого).

Субтропические антициклоны – длительно существующие малоподвижные антициклоны, наблюдающиеся над океаническими поверхностями. Эти антициклоны периодически усиливаются вторжениями из умеренных широт полярного воздуха с подвижными заключительными антициклонами. В тёплый сезон субтропические антициклоны хорошо выражены на средних месячных картах только над океанами (над континентами располагаются размытые области пониженного давления). В холодный сезон субтропические антициклоны имеют тенденцию сливаться с холодными антициклонами над континентами [17].

Арктические антициклоны – более или менее устойчивые области повышенного давления в арктическом бассейне. Являются холодными, поэтому вертикальная мощность их ограничивается нижней тропосферой. В верхней части тропосферы они сменяются полярной депрессией. В возникновении арктических антициклонов большую роль играет охлаждение от подстилающей поверхности, т.е. они являются местными антициклонами.

Высота, до которой простирается антициклон, зависит от температурных условий в тропосфере. Подвижные и заключительные антициклоны обладают низкими температурами в нижних слоях атмосферы и температурной асимметрией в вышележащих. Они относятся к средним или низким барическим образованиям.

Высота стационарных антициклонов умеренных широт растет по мере их стабилизации, сопровождающейся потеплением атмосферы. Чаще всего это высокие антициклоны, с замкнутыми изогипсами в верхней тропосфере. Зимние антициклоны над сильно выхоленной сушей, например, над Сибирью, могут быть низкими или средними, поскольку нижние слои тропосферы здесь очень выхолены [17].

Субтропические антициклоны являются высокими – тропосфера в них тёплая .

Арктические антициклоны, являющиеся, в основном, термическими, – низкие.

Нередко высокие тёплые и малоподвижные антициклоны, развивающиеся в средних широтах, на длительное время (порядка недели и более) создают макромасштабные нарушения зонального переноса и отклоняет траектории подвижных циклонов и антициклонов от западно-восточного направления. Такие антициклоны носят название блокирующих антициклонов. Центральные циклоны вместе с блокирующими антициклонами определяют направление основных течений общей циркуляции в тропосфере.

Высокие и тёплые антициклоны и холодные циклоны являются, соответственно, очагами тепла и холода в тропосфере. В районах между этими очагами создаются новые фронтальные зоны, усиливаются контрасты температуры и снова возникают атмосферные вихри, которые проходят тот же цикл жизни [17].

### 3. Анализ синоптических условий, вызывающих аномальные осадки в Центральной России.

#### 3.1. Анализ режима осадков в Средней полосе России за период с 1960 год по 2016 год.

В ходе выполнения дипломного проекта был проанализирован многолетний режим осадков в Средней полосе России.

Для анализа количества осадков были выбраны пункты, относящиеся к Центральному федеральному округу Российской Федерации: Кострома, Рязань, Тверь, Ярославль, Смоленск, Курск, Вологда, Брянск, Тамбов, Орёл, Владимир, Тула, Белгород, Москва.

Анализ проводился по архиву данных о среднесуточных количествах осадков за период с 1960 года по 2016 год. В процессе исследования были рассчитаны среднегодовые, среднемесячные и среднесезонные значения количества осадков за период с 1960 по 2016 г.

Среднегодовое значение количества осадков на рассмотренной территории за весь исследуемый период составило 698 мм, что является чуть выше от климатической нормы. Ход среднегодовых значений представлен на графике рисунка 3.1

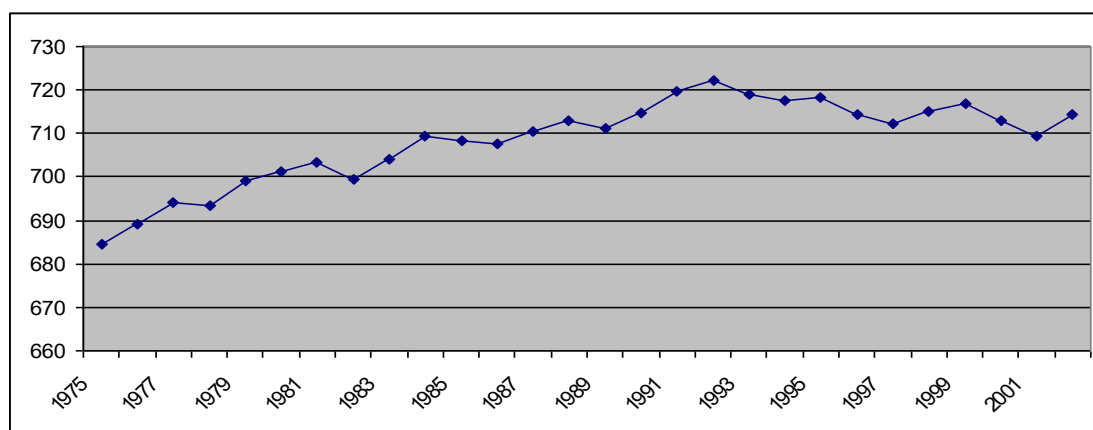


Рисунок 3.1 – Ход среднегодовых значений количества осадков в Средней полосе России за период с 1960 по 2016 г.

Скольльзящее среднее. 30 лет.



Анализируя график 3.1 можно утверждать, что идет увеличение роста количества осадков по сравнению с более ранним периодом.

При сравнении климатических норм базовых периодов, предложенных ВМО, (старый базовый период с 1961 по 1990 года, новый, предложенный из-за активного изменения климата после 80-х годов- с 1981 по 2010) заметно их значительное отличие (рисунок 3.2), что подтверждает выводы о росте количества осадков в году в Средней полосе России.

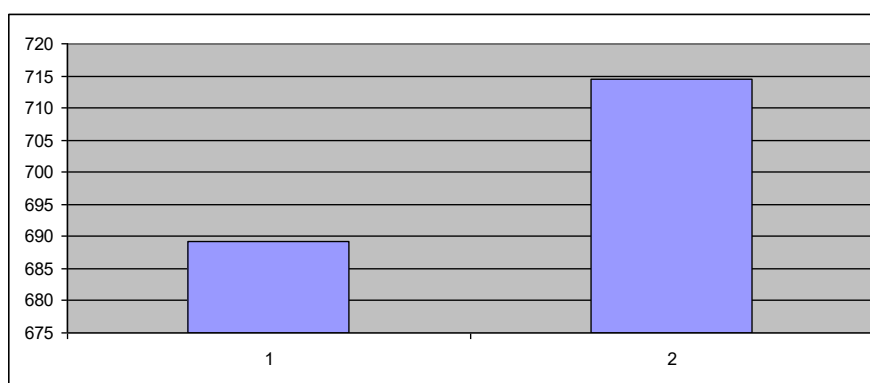


Рисунок 3.2 – Среднее годовое количество осадков в старый (1) и новый (2) базовый период.

Для анализа среднегодовых значений количества осадков по Центральному округу (Средней полосе России) расчетные данные были разделены на градации. В результате получились следующее: градация значительно ниже среднего (ЗНС): значения «ниже 555 мм», градация ниже среднего (НС): значения «от 556 мм до 616 мм», градация среднее (С): значения «от 617 мм до 688 мм», градация выше среднего (ВС): значения «от 689 мм до 771 мм», градация значительно выше среднего (ЗВС): значения «выше 772 мм».

График среднегодового количества осадков за период с 1960 по 2016 год в исследуемых городах Средней полосы России показан на рисунке 3.3

Среднегодовое количество осадков в период с 1960 по 2016 г. в городах Центральной России

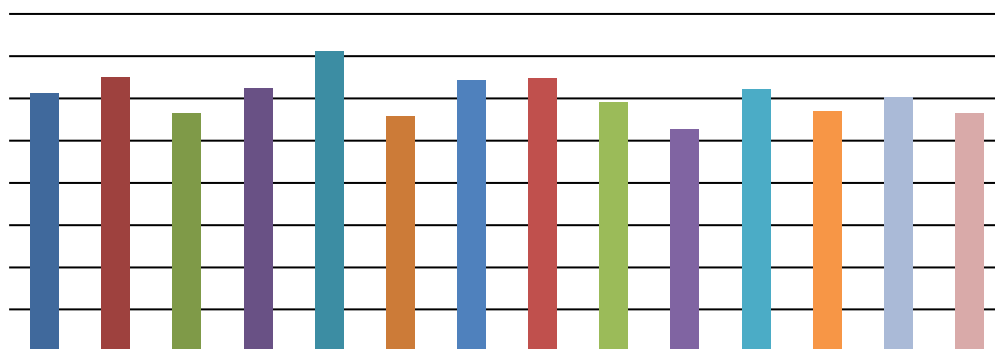


Рисунок 3.3 - Среднегодовое количество осадков за период с 1960 по 2016 год.

Анализируя повторяемость количества осадков попавших в определенные градации, можно сделать вывод о том, что 29% от всех случаев попало в градацию «среднее». Большинство городов попадают в градацию значений ниже среднего (НС) – целых 57% от общего количества случаев. По одному городу попадают в градации выше среднего (ВС) и значительно ниже среднего (ЗНС) – это города Смоленск (ВС) и Тамбов (ЗНС).

Самое минимально количество осадков за период с 1960 по 2016 гг. было зафиксировано на рассматриваемой территории в 1963 и 2014 году и составило 541 мм, в 2016 году среднегодовое количество осадков было максимальным – 847 мм. Наибольшая часть осадков выпала в Курске (964 мм. за 2016 год) и, что интересно, в Тамбове, который является самым засушливым городом из всех рассматриваемых в Средней полосе России. Стоит сказать, что большая часть всех осадков за выбранный период приходится на июнь и июль.

В процессе разработки дипломного проекта было выявлено 2 пункта (Тамбов и Смоленск), в которых среднегодовые значения количества

осадков отличаются от нормы. Ход среднегодовых значений количества осадков вышеназванных пунктов представлен на графике рисунка 3.4.

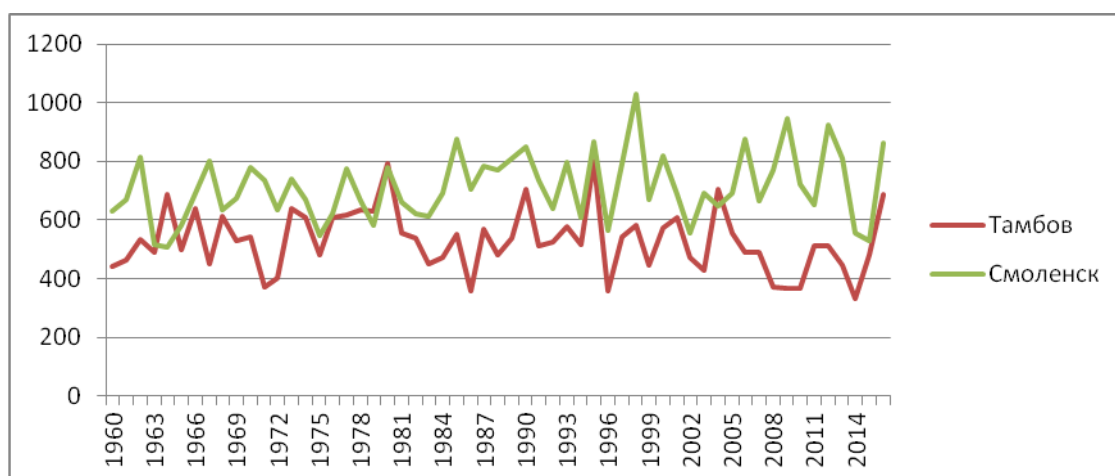


Рисунок 3.4 - Ход среднегодовых значений количества осадков для Тамбова и Смоленска с 1960 по 2016 г.

Самым засушливым из 14 рассмотренных городов является Тамбов, а самым увлажнённым - Смоленск. Анализируя график рисунка 3.4 можно сделать вывод о том, что изменения среднегодового количества осадков в рассмотренных пунктах происходят в одной фазе, за исключением 1966 г, 1985 г, 2008 г.

Анализируя ряд среднегодового количества осадков, было выявлено, что те пункты, которые находились Западнее Москвы, а это: Смоленск, Тверь, Брянск являются более увлажненными городами по отношению к другим пунктам Центрального округа.

В ходе реализации дипломного проекта было рассчитано сезонное количество осадков по территории Средней полосы России, которое представлено на графике рисунка 3.5.

Анализируя график рисунка сезонного количества осадков, можно сделать вывод, что большинство осадков приходится на летний период и составляет 34%, а минимальное на весну и зиму - 19%.

В процессе реализации дипломного проекта так же были рассчитаны месячные значения количества осадков на территории Средней полосы России, которые представлены на графике рисунка 3.6.

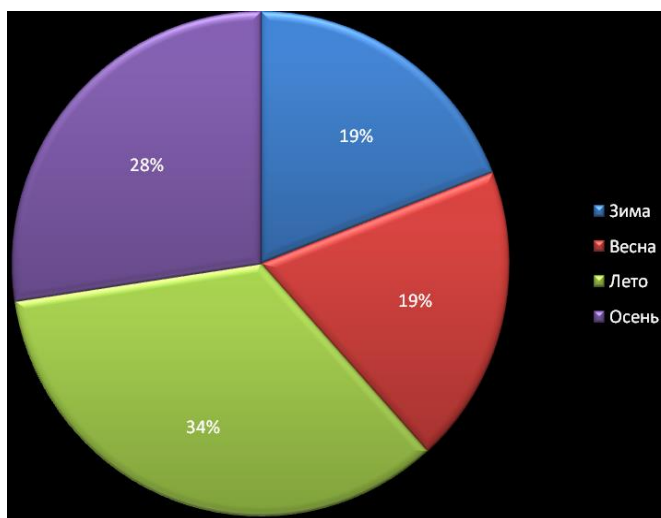


Рисунок 3.5 – Ход сезонных значений количества осадков Средней полосы России за период с 1960 по 2016 г.

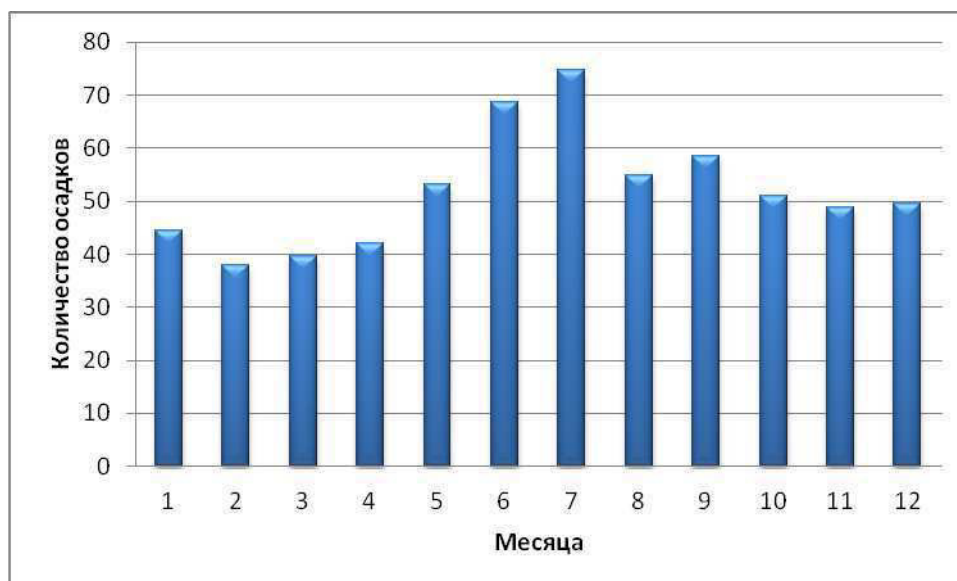


Рисунок 3.6 – Ход месячных значений количества осадков в Средней полосе России за период с 1960 по 2016 г.

Анализируя график рисунка 3.6, максимальное месячное значение количества осадков на территории Средней полосы России, приходится на летний период (на месяц июль) и составляет в среднем 74 мм, а минимальное месячное значение количества осадков наблюдается в зимний период (на месяц февраль) и составляет в среднем 38 мм.

В процессе исследования месячных значений количества осадков в Центральном округе мы так же отметили Смоленск, который является самым увлажненным городом, и Тамбов, который является самым засушливым городом в этом регионе.

Ход месячных значений количества осадков вышеназванных пунктов представлен на графике рисунка 3.7. Изменения месячного количества осадков в рассмотренных пунктах происходят в одной фазе, за исключением апреля и октября.

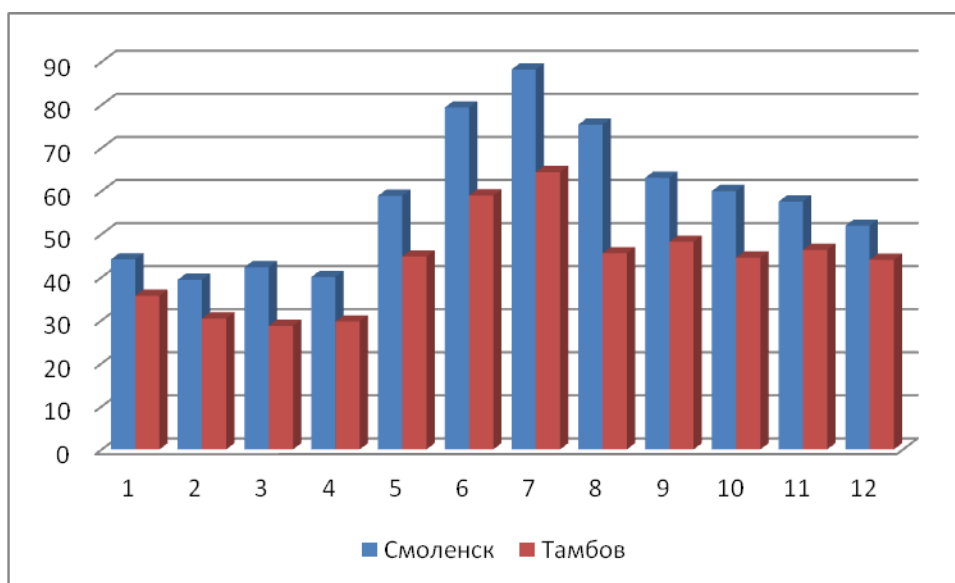


Рисунок 3.7 - Ход месячных значений количества осадков в Смоленске и Тамбове за период с 1960 по 2016 г.

В результате проделанной работы можно сделать вывод о том, что среднегодовое количество осадков увеличивается за период с 1960 по 2016 г. Начало роста наблюдается в 1982 году. Максимальное сезонное количество

осадков, приходится на летний период, а минимальное - на весну и зиму. В ходе исследования ряда сезонного количества осадков было выявлено, что в летний период Смоленск является самым увлажненным городом, а Тамбов – самым засушливым городом.

Предполагается на следующем этапе работы рассмотреть синоптические условия, характерные аномальному количеству осадков в средней полосе России.

### 3.2. Анализ повторяемости экстремальных сумм осадков на территории Средней полосы России.

В процессе выполнения бакалаврской работы были выделены экстремальные суточные суммы осадков. Границей для экстремальных суточных осадков был принят критерий из перечня РД 52.88.699-2008 Росгидромета «Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения опасных природных явлений» приведен типовой Перечень опасных гидрометеорологических явлений, составленный на основании рекомендаций ВМО. На основе данного перечня, экстремальными считаются осадки, сумма которых превышает 50 мм в сутки.

За весь рассматриваемый период с 1960 года по 2016 год на территории Средней полосы России (в 14 пунктах) произошло 115 случаев, которые подходят под критерий экстремальных осадков. Из них большинство приходится на Курск (17 случаев) и Смоленск (15 случаев). Наименьшее же количество дней с выпадением экстремального количества осадков наблюдалось в Туле и Тамбове (по 4 дня). Повторяемость сумм экстремальных осадков для каждого на рисунке 3.8.

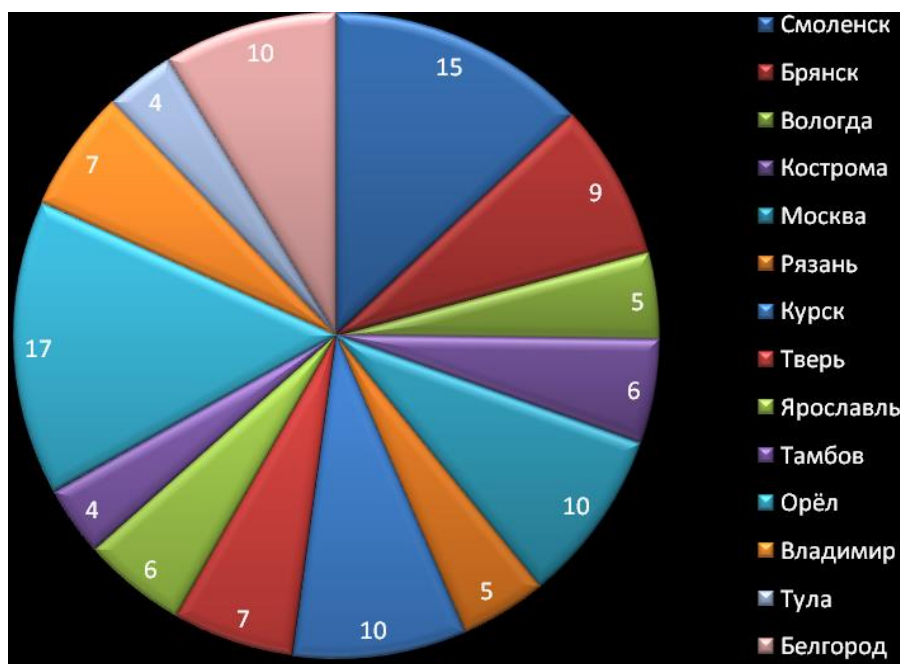


Рисунок 3.8 – Повторяемость экстремального количества осадков по городам Средней полосы России в период с 1960 по 2016 гг.

Интересно отметить, что лидером по общему количеству случаев выпадения экстремального количества осадков по городам является Орёл, несмотря на то, что по среднему количеству всех осадков за год он занимает лишь шестое место среди всех городов (622мм в год).

Анализируя повторяемость экстремального количества осадков по городам в базовые климатические периоды, предложенные в разные годы ВМО, можно заключить, что в период с 1981 по 2010 год, количество случаев больше, относительно периода с 1960 по 1990 гг, что представлено на рисунке 3.9 (цифра 1 соответствует городу Смоленску, 2 – Брянску, 3 – Вологде, 4 – Костроме, 5 – Москве, 6 – Рязани, 7 – Курску, 8 – Твери, 9 – Ярославлю, 10 – Тамбову, 11 – Орлу, 12 – Владимиру, 13 – Туле, 14 – Белгороду).

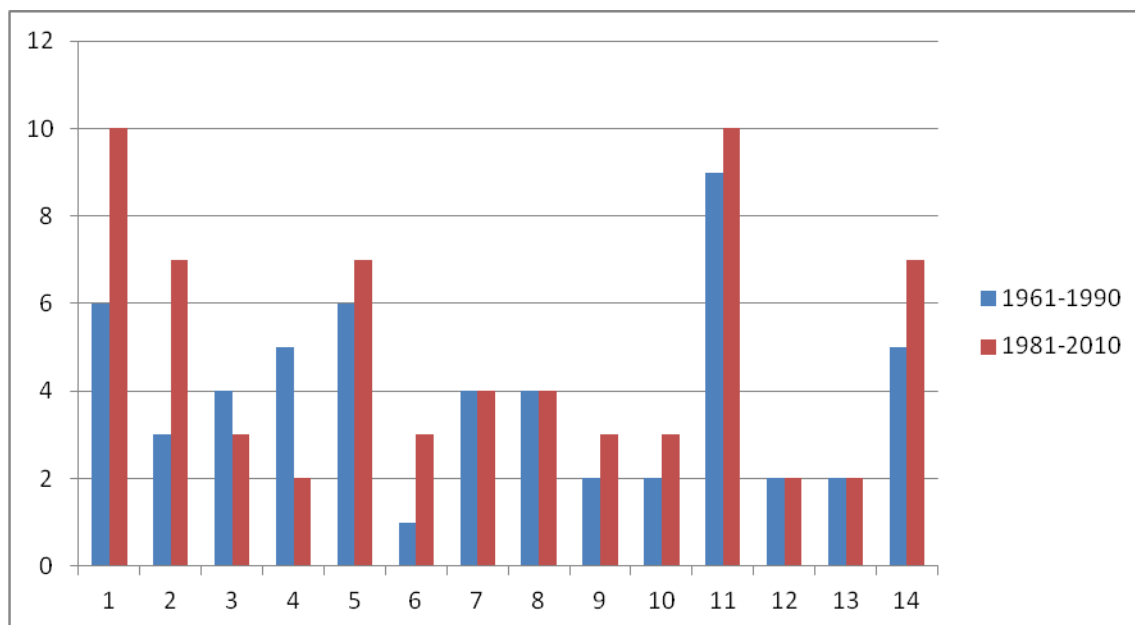


Рисунок 3.9 – Повторяемость экстремального количества осадков по городам в базовые периоды с 1961-1990гг и 1981-2010гг.

Однако стоит отметить, что однозначно нельзя говорить об увеличении количества экстремальных осадков в новый период по данному графику, так как значительная доля случаев приходится на смежный период с 1981 года по 1990 год. Еще одним важным замечанием является тот факт, что в данный график не входят значения с 2011 по 2016 год, а именно в этот период происходит увеличение повторяемости экстремального числа осадков в Средней полосе России.

Для наглядного представления об изменении тенденции роста или падения количества случаев, без образования смежного промежутка, весь рассматриваемый интервал времени с 1960 по 2016 год был разделён на 2 периода – с 1960 по 1988 гг. и с 1989 по 2016 гг. и представлен на рисунке 3.10.



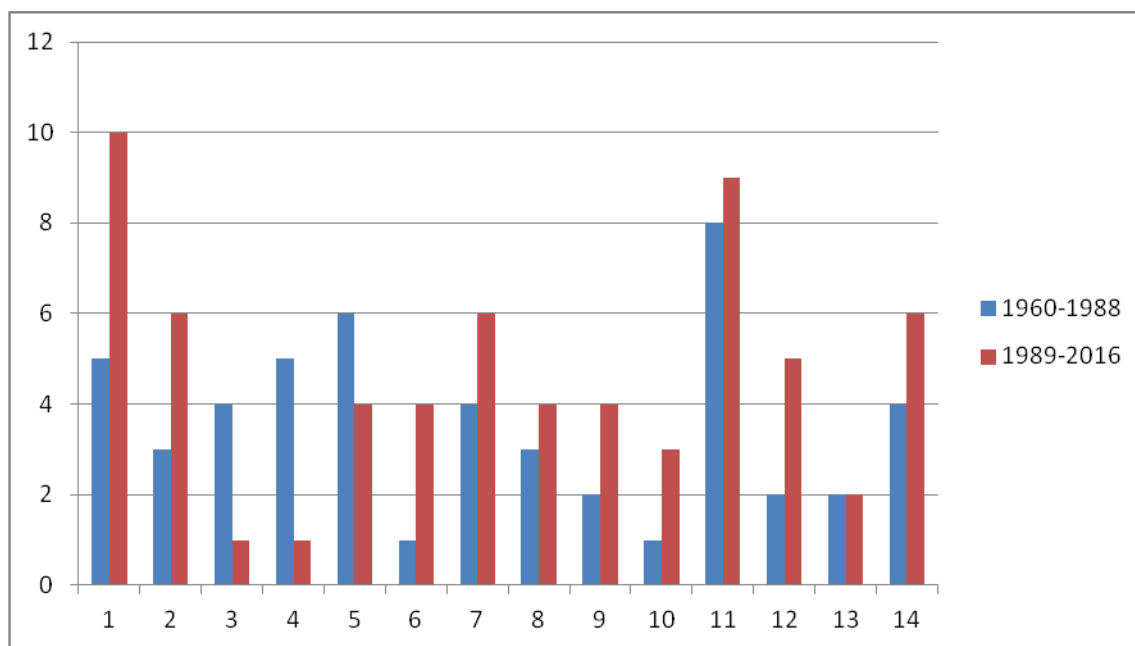


Рисунок 3.10 – Повторяемость экстремального количества осадков по городам в периоды с 1960-1988 гг. и 1989-2016гг.

Анализируя график повторяемости экстремального количества осадков за данные периоды, можно заключить, что в десяти городах из четырнадцати за последние 28 лет число дней с суммой осадков более 50 мм увеличилось. Лишь в Брянске, Костроме и Вологде число подобных случаев за последние 28 лет уменьшилось и в одном пункте (Туле) их число равно.

### 3.3 Синоптические условия формирования экстремального количества осадков за сутки на большей части территории Центра России

В ходе выполнения бакалаврской работы были проанализированы экстремальные значения количества осадков на Средней полосе России за период с 1960 по 2016 гг. Экстремальные значения дают представление о предельных значениях осадков, которые наблюдались в двух или нескольких пунктах на данной территории за обработанный период времени. В данной работе были использованы градации, рекомендованные для режима

увлажнения Европейской территории России из справочника по климату «Устойчивость и точность климатических характеристик». За экстремальное количество осадков были приняты значения «более 50 мм в сутки». В данном пункте рассматривались случаи, то есть даты, в которые среднесуточные значения осадков попадали в градацию «экстремальные»: «более 50 мм в сутки».

В результате анализа среднесуточных значений осадков в 14 выбранных пунктах можно сделать вывод о том, что самые экстремальные осадки наблюдаются в летний период. В связи с ограниченностью синоптического архива барические карты анализировались за период с 1998 года по 2012 гг. В процессе исследования были рассмотрены синоптические ситуации с экстремальным количеством осадков за период с 1998 по 2012 год.

Проанализировав карты осадков и карты барической топографии, можно сделать вывод о том, что есть ситуация, которая многократно повторяется в разных районах и является типичной для всех пунктов Северной полосы России за весь исследуемый период. Для примера была выбрана ситуация за 25 июля 2001 года, которая изображена на рисунке 3.8

Экстремальное для данного района количество осадков было зафиксировано ночью 25 июля 2001 года. Максимальное количество осадков выпало в районе Рязани.

Рязань находится на юго-востоке исследуемой области. Ее режим осадков отличается от всех пунктов увлажнением немного ниже среднего. Экстремальные осадки так же наблюдаются в летний период, однако, встречаются реже, чем в других пунктах, но отличаются достаточно высокими значениями. Например, 25 июля 2001 года суточная сумма осадков равна 74 мм, что составляет месячную норму.

Причём, июль это единственный месяц в Рязани, который сопоставим по месячной сумме осадков с другими 13 пунктами Центрального округа.

Основная масса осадков выпала ночью, осадки за предыдущие сутки наблюдались над всей территорией Центральной России, однако их суточная сумма не превышала 40 мм, а в Рязани было зафиксировано экстремальное количество осадков: 74 мм.

Синоптическая ситуация определялась двумя барическими образованиями, которые располагались над европейской территорией России (ЕТР). Над Восточной Европой, и краснодарским краем наблюдается обширный циклон с давлением в центре 1007 гПа. Над Северо-западом и севером ЕТР находится антициклон с давлением в центре 1022 гПа. Анализируя карту АТ850 на рисунке 3.8 можно сделать вывод о том, что за 21 час мы наблюдаем обострение в районе Рязани тёплого фронта. Давление резко уменьшается и в 21 час барическая тенденция равна  $-4,5$  гПа/3 часа.

В результате анализа кольцевой карты погоды и карты приземного ветра мы предполагаем образование волны на теплом фронте и возникновение небольшого частного циклонического образования в районе Рязани, что вызвало экстремальное количество осадков.

На рисунке 3.11 представлена приземная карта погоды за 25 июля 2001 года и карта абсолютной топографии АТ850.

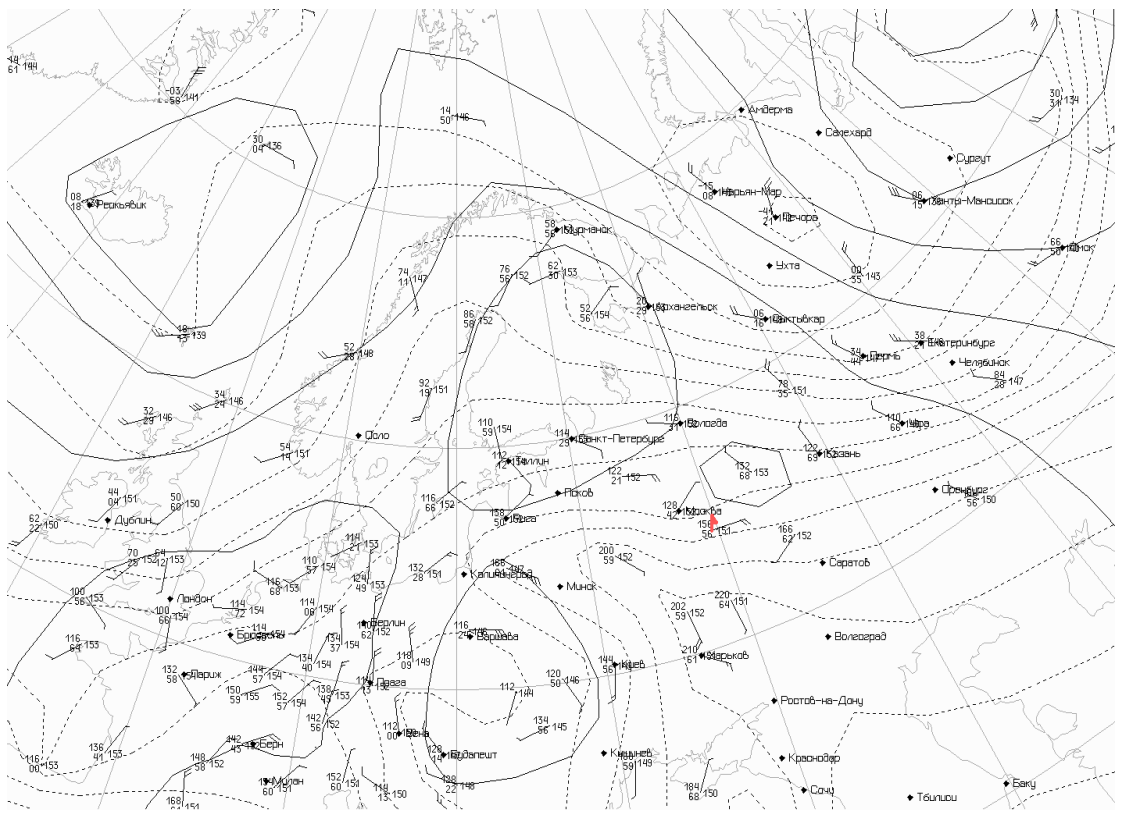
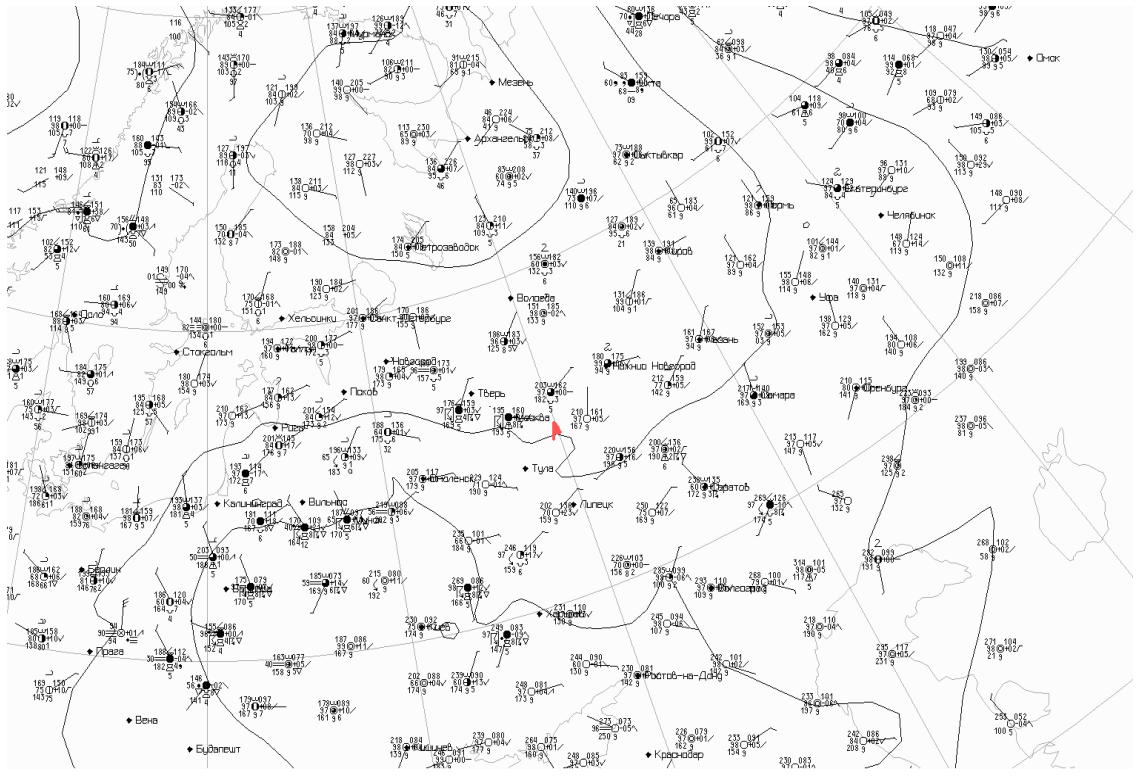


Рисунок 3.11 - Синоптическая ситуация в Средней полосе России за 25 июля 2001 год

Еще одной интересной особенностью формирования экстремальных сумм осадков на исследуемой территории является влияние на них азиатского термического циклона.

Азиатский термический циклон – область пониженного давления, дошедшая до Центральной части России из глубины Азии, сопровождающаяся мощной облачностью, осадками и сильными градиентами ветра.

Схема движения воздушных масс, формирующих азиатский термический циклон представлена на рисунке 3.12

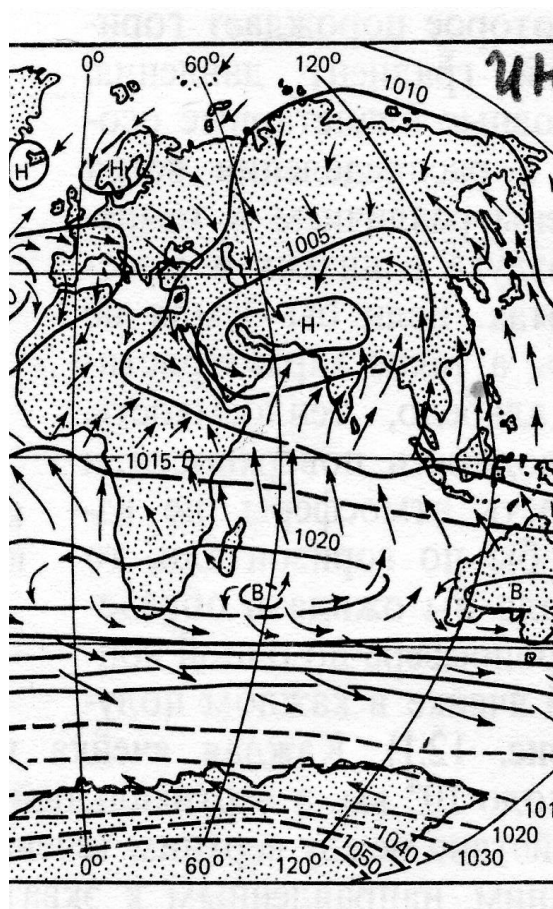


Рисунок 3.12 Схема формирования азиатского летнего термического минимума.

Ярким примером вторжения ложбины азиатского минимума с последующим формированием отдельного центра и выпадением экстремальных сумм осадков в исследуемом регионе, является ситуация над

Центральной частью России, произошедшая 6 июля 1979 года. На рисунках 3.13 и 3.14 представлена синоптическая ситуация над Средней полосой России за 6 июля 1979 года.

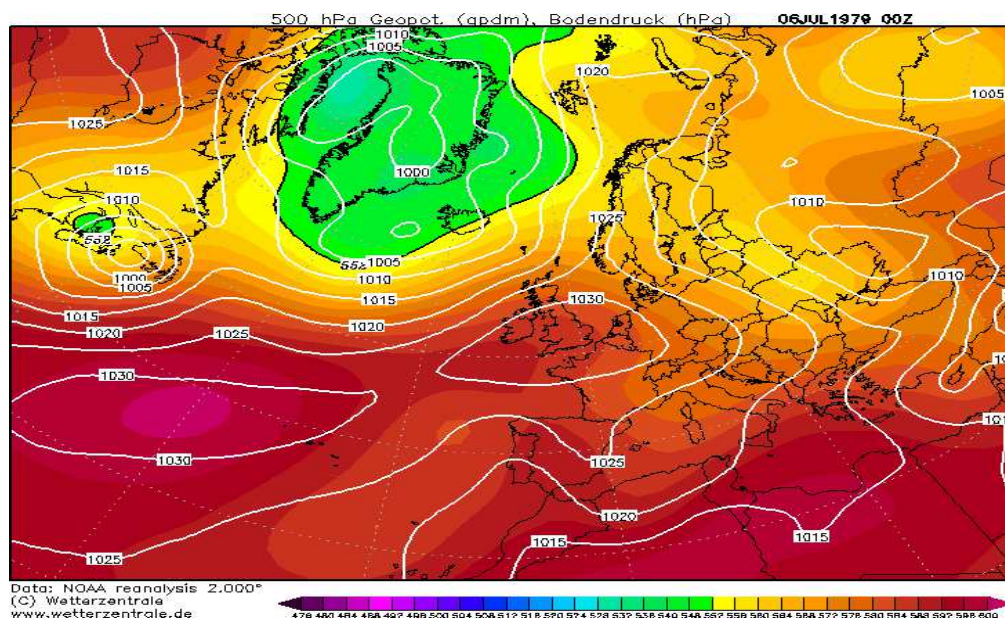


Рисунок 3.13 - Синоптическая ситуация в Средней полосе России 6 июля 1979 года за 00:00 ч.

За одни сутки над территорией Средней полосы России выпало большое количество осадков, а в Курсе и Орле это значение составило 61мм и 62мм соответственно, что составляет 80% от среднемесячной июльской нормы в этих городах.

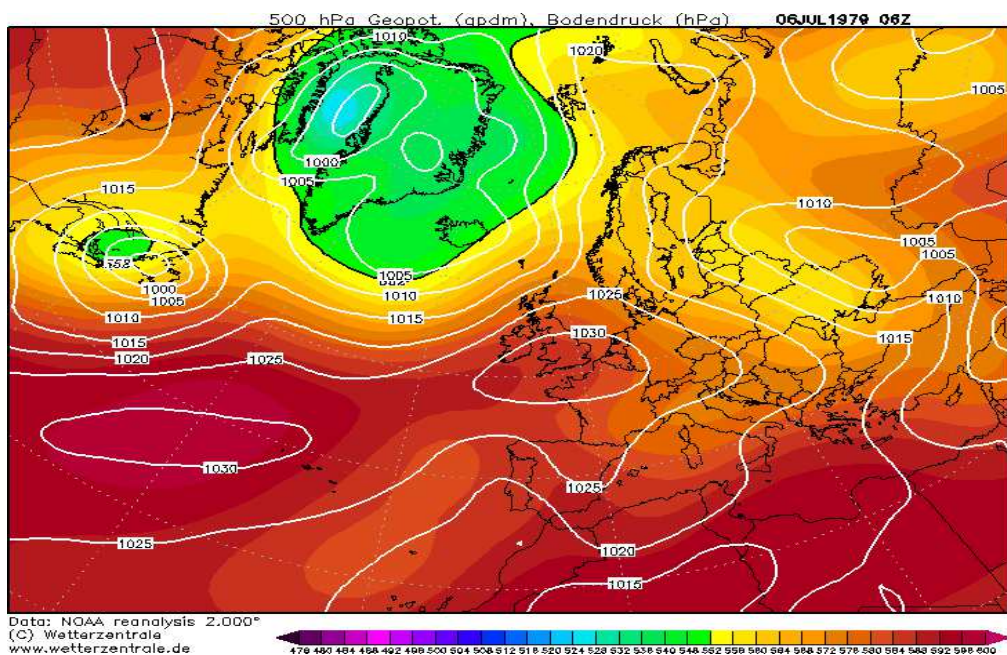


Рисунок 3.14 – Синоптическая ситуация в Средней полосе России 6 июля 1979 года за 06:00 ч.

Анализируя данную ситуацию, можно заключить, что произошло образование циклона из ложбины азиатского термического циклона с выпадением экстремального количества осадков. Количество осадков, выпавших 6 июля 1979 года над Центральной частью России за 00:00 и 06:00 представлено на рисунке 3.15.

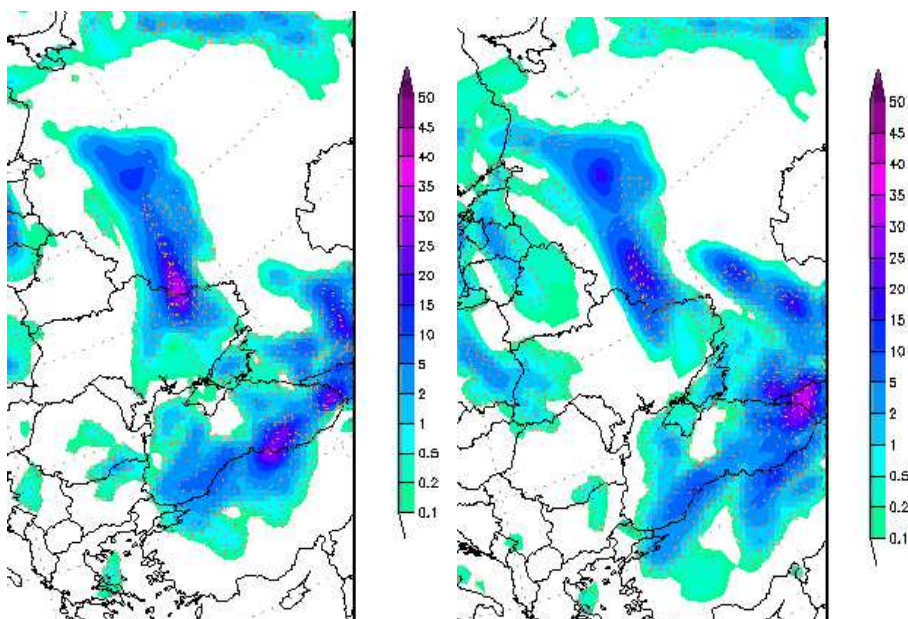


Рисунок 3.15 - Количество выпавших осадков 6 июля 1979 года за 00:00 и 06:00 часов над Центральной частью России.

Стоит отметить, что обычно подобные случаи влияния азиатского сезонного минимума на экстремальные суммы осадков наблюдаются для отдельных станций, так как обычно в данное время года он не проникает вглубь России, а захватывает обычно восточную часть рассматриваемой территории.

В некоторых случаях (рисунок 3.16) аномальные осадки формируются из малоградиентного поля высокого давления от азорского антициклона. Тогда в зоне его влияния с выпадением экстремальных сумм осадков оказывается западная часть исследуемого района. В 85% случаев высокая интенсивность осадков наблюдается в его западной части

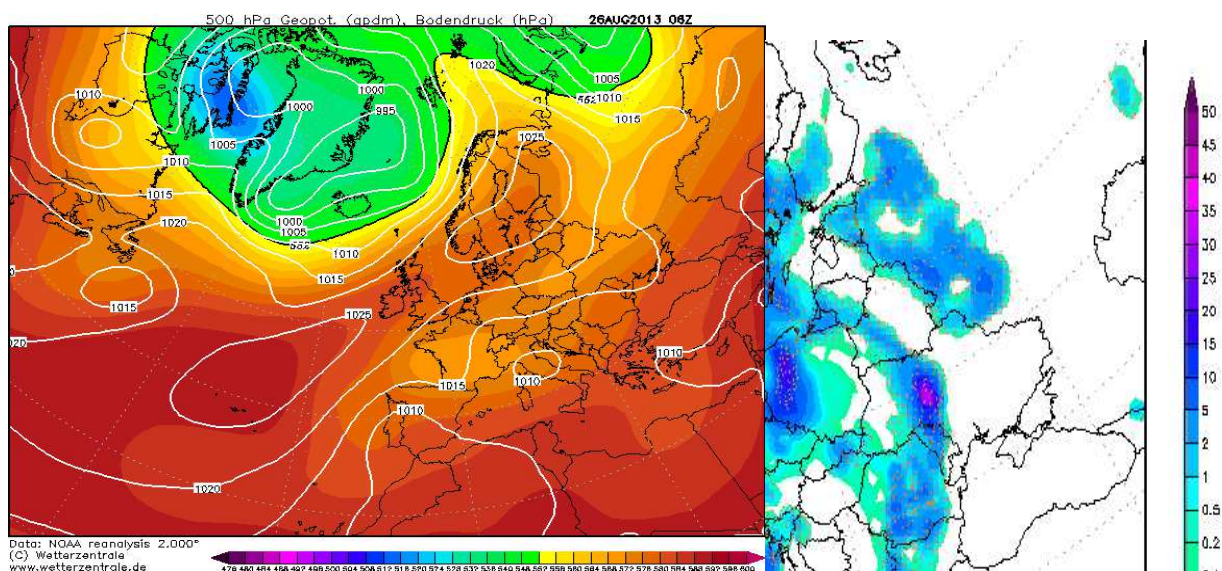


Рисунок 3.16 – Карта синоптической ситуации и количества выпавших осадков в Средней полосе России 26 августа 2013 года за 06:00 часов.

В результате анализа синоптической ситуации, сопутствующей экстремальным осадкам по территории (совпадение не менее чем в 2 пунктах), можно сделать вывод о том, что в Средней полосе России наиболее часто встречаются осадки в малоградиентных полях (обычно в седловинах по циклоническому типу), а также в результате образования частного циклона из ложбины термического азиатского циклона.



### 3.4 Синоптические условия формирования экстремального количества осадков для единичных случаев.

В ходе выполнения бакалаврской работы были проанализированы экстремальные значения количества осадков на Средней полосе России за период с 1960 по 2016 год, которые наблюдались в одном пункте на данной территории за обработанный период времени.

Анализируя синоптическую ситуацию выпадения экстремальных осадков в единичных пунктах, стоит отметить, что большинство случаев также связано с проникновением азиатского термического циклона и последующим выпадением большого количества осадков, но в пунктах, находящихся на восточной и юго-восточной границе Средней полосы России.

Подтверждением является ситуация в Тамбове 24 августа 1998 года (Рисунок 3.17 и 3.18).

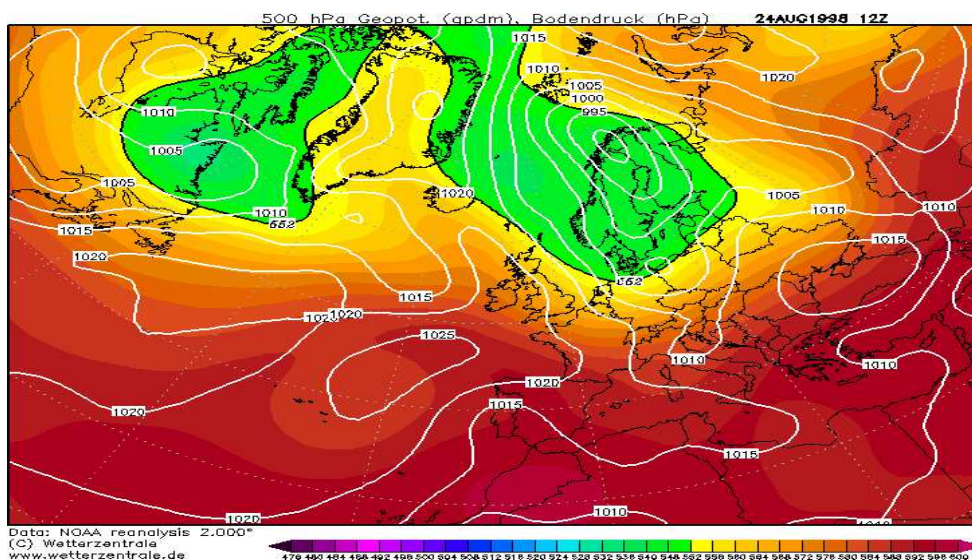


Рисунок 3.17. – Синоптическая ситуация в Средней полосе России 24 августа 1998 года за 12:00

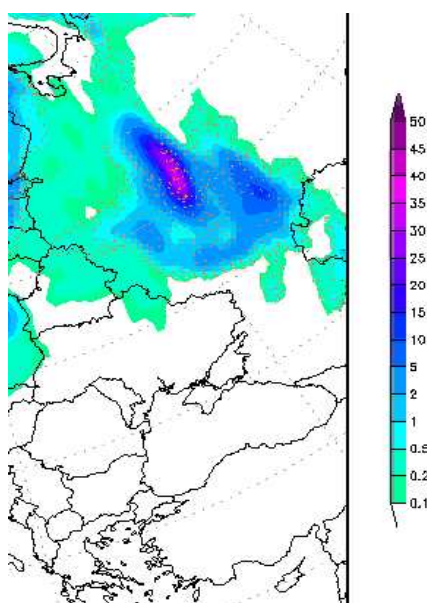


Рисунок 3.18 – Количество выпавших осадков 24 августа 1998 года за 12:00.

В ходе реализации бакалаврского проекта был проанализирован случай выпадения экстремального количества осадков в результате продвижения южного циклона из западной Германии вглубь материка до западной части Средней полосы России. Синоптическая ситуация последовательного вторжения данного циклона представлена на приземных картах рисунка 3.19.

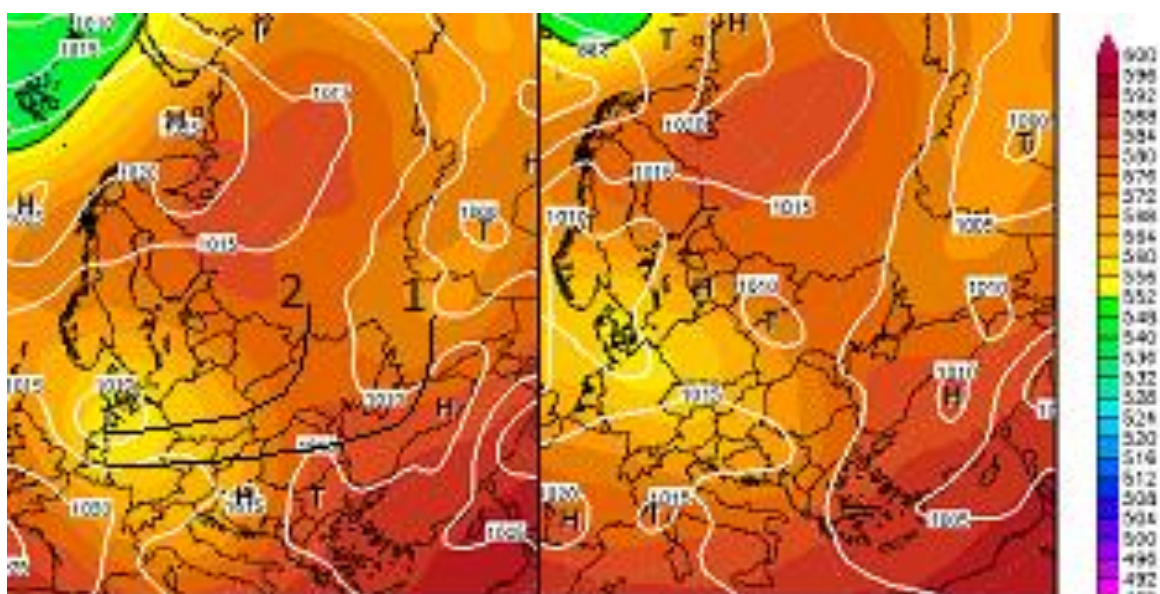


Рисунок 3.19 – Схема движения циклона, вызвавшего выпадение экстремального количества осадков 18 июля 1988 года, показана траекторией линии 2.

Циклон зародился в Центральной Европе 16 июля 1988 года и начал двигаться на восток а затем, достигнув северо-западной части Украины, стал смещаться на северо-восток в сторону Средней полосы России, где окклюдировался. 18 июля 1988 года на Брянск обрушился мощный циклон - за сутки выпало 73 мм осадков, что составляет 89% от месячной июльской нормы. Карта количества выпавших осадков представлена на рисунке 3.20.

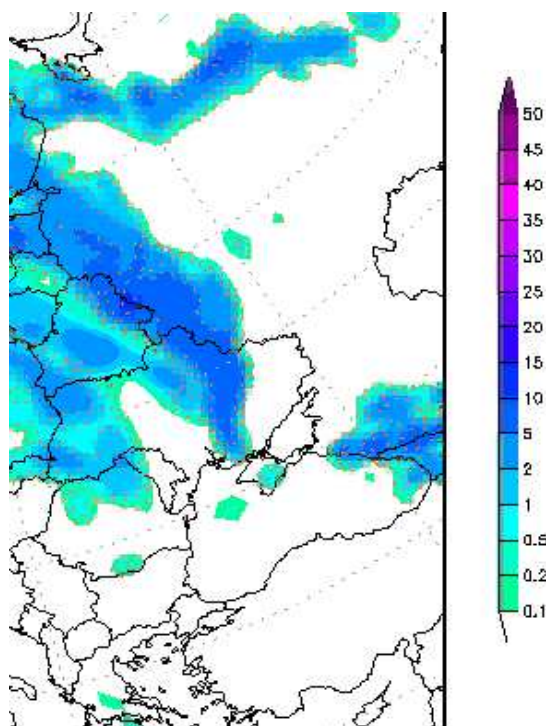


Рисунок 3.20 – Количество выпавших осадков в западной части Средней полосы России 18 июля за 12:00.

Данная траектория похожа на траекторию циклона, проходившего в 1854 году, с той поправкой, что тот проходил несколько южнее (по траектории 1 на рисунке 3.19). Этот случай примечателен тем фактором, что он произошел во время Крымской войны (1853-1856 гг.). В результате мощнейшей бури в акватории Чёрного моря 14 ноября 1854 года потерпели крушение суда союзнического флота, стоявшие на якорях вблизи Крымского полуострова. Данная ситуация послужила важным импульсом к появлению европейской службы прогнозирования погоды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате дипломного проекта все поставленные цели и задачи были выполнены.

В ходе работы был собран архив данных по среднесуточному количеству осадков по выбранным пунктам в Средней полосе России за период с 1960 по 2016 год.

Проанализирован ряд осадков по каждому пункту (найжены среднегодовые, среднемесячные значения количества осадков).

Была выделена группа единичных случаев экстремальных осадков и совпавших случаев экстремального количества осадков. Проведен анализ синоптических условий, сопутствующих каждой группе и выявлена наиболее характерная ситуация.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минц А. А. Центральный район (экономико-географический очерк) . М.: Государственное учебно-педагогическое издательство, 1963. – 34 с.
2. Лаппо Г. М., Мильков Ф. Н., Хорев Б. С. (ред.). Российская Федерация: Центральная Россия. — М.: Мысль, 1970. — 907 с.
3. Хохлов В. Костромская быль. - М.: "Современник", 1984. – 14 с.
4. Широкоград А.Б. Альтернатива Москве. Великие княжества Смоленское, Рязанское, Тверское. - М.: "АСТ Москва", 2010. —67 с.
5. Ильин М.А., Тверская область: Энциклопедический справочник. Тверь, 1994. — 328 с.
6. Беляева Н. А., Н. А. Федорова. Ярославль. 1000 лет истории и культуры. — Москва: Интербук-бизнес, 2010. — 327 с.
7. Тарасов И.Л., Смоленск. - М.: "Планета", 1988.— 24 с.
8. Курская область [электронный ресурс] URL: <https://www.turkaramamotoru.com/ru/Курская-область-15655.html> (дата обращения: 22.01.2018)
9. Москва. Энциклопедия / Гл. ред. А. Л. Нарочницкий. — М.: Советская Энциклопедия, 1980. — 56 с.
10. Географическая оценка города Орёл [электронный ресурс] URL: [http://studbooks.net/1824215/geografiya/otsenka\\_geograficheskogo\\_polozeniya](http://studbooks.net/1824215/geografiya/otsenka_geograficheskogo_polozeniya) (дата обращения 22.01.2018)
11. Географическая характеристика Тамбовской области [электронный ресурс] URL: <http://nesiditsa.ru/city/tambov> (дата обращения 22.01.2018)
12. Климат Вологды [электронный ресурс] URL: <https://35pogoda.ru/klimat-vologdy> (дата обращения 22.01.2018)

13. Экономика-географическая характеристика Брянской области [электронный ресурс] URL: <http://samzan.ru/48347> (дата обращения 22.01.2018)
14. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1994. — 305 с.
15. Дашко Н.А. Курс лекций по синоптической метеорологии. - Владивосток: Дальневосточный государственный университет, 2005.
16. Хромов С.П. «Основы синоптической метеорологии» 1948.
17. А.С. Зверев «Синоптическая метеорология» 1968.

