



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

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Блокирующие антициклоны умеренных широт северного полушария»

Исполнитель Никифоров Никита Сергеевич ПМ-Б17-1-3

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико - математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

доцент Неёлова Людмила Олеговна

(фамилия, имя, отчество)

**«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой**

(подпись)

Кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

«1» июля 2021 г.

Санкт-Петербург

2021

Содержание

	Стр.
Введение	3
1 Основные параметры антициклогенеза умеренных широт северного полушария	5
1.1 Типы антициклонов и стадии их развития	6
1.2 Погодные условия в различных частях антициклона	13
2 Наиболее существенные особенности блокирующих антициклонов в летний период	15
2.1 Классификация блокирующих антициклонов	18
2.2 Основные условия возникновения блокинга	19
3 Анализ блокирующих антициклонов за летний период над территориями умеренных широт северного полушария на примере особенно засушливых годов второй половины 20 и первой половины 21 веков. (1972 и 2010 гг)	20
3.1 Антициклон летом 1972 года	20
3.2 Антициклон летом 2010 года	30
Заключение	40
Список использованных источников	42

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, погодные условия на Земле существенно зависят от большого количества факторов. Одним из таких факторов являются антициклонические образования внетропических широт. Внетропический антициклон – это очень крупный атмосферный вихрь с повышенным атмосферным давлением в центре. Изучение и анализ данных барических образований имеет большое значение.

Особенно это касается летних блокирующих антициклонов, которые возникают при определенных условиях и могут нанести большой вред хозяйственной деятельности человечества и здоровью людей. Блокирование – это устойчивый, причем, крупномасштабный процесс в атмосфере. Блокинг является основной причиной существенных аномалий погоды северного полушария. Исследование процессов блокирования является весьма актуальной темой и имеет практическое применение.

Цель выпускной квалификационной работы - исследование особенностей формирования и развития блокирующих антициклонов над территорией умеренных широт северного полушария в летний период.

Задачи исследования

- на основании анализа литературных источников подробно описать особенности внетропического антициклогенеза и условия возникновения блокирующих ситуаций в атмосфере.

- проанализировать особенности блокирующих антициклонов за летний период над территориями умеренных широт северного полушария на примере засушливых годов второй половины 20 и первой половины 21 веков (1972 и 2010 годы).

Выпускная квалификационная работа состоит из трех глав, введения, заключения и списка использованных источников

В первой главе описаны основные условия образования фронтального антициклона в северном полушарии. В этой главы даются типы антициклонов, стадии их развития и погодные условия в различных частях антициклонов.

Во второй главе обсуждаются условия блокирования в атмосфере северного полушария.

Третья глава посвящена подробной характеристики блокирующих антициклонов летом 2010 и 1972 годов.

В заключении приведены основные выводы по работе

Список использованных источников содержит 14 наименований

1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АНТИЦИКЛОГЕНЕЗА УМЕРЕННЫХ ШИРОТ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ.

В данном разделе остановимся подробно на таких крупномасштабных атмосферных вихрях, как антициклоны. Антициклон - это атмосферный вихрь, который характеризуется повышенным давлением воздуха в центре у земли и повышенным геопотенциалом изобарических поверхностей на высотах. В антициклоне имеет место нисходящие атмосферные движения. Если говорить о горизонтальном движении воздуха в Северном полушарии, то движения воздуха в антициклоне происходят по часовой стрелке. В антициклонах часто наблюдается оседания воздуха и наблюдается инверсия температуры, и это ограничивает вертикальное развитие облаков. Системы часто являются медленно движущимися или стационарными. Погодные условия, как правило, стабильны. Холодные антициклоны формируются над континентами зимой и над полярными областями в любое время, сопровождаясь сильными инверсиями; Антициклоническая погода зимой характеризуется сильными морозами. Теплые антициклоны над сушей, как правило, приносят периоды устойчивой и часто теплой погоды. Схема антициклона у земли представлена на рис.1.1

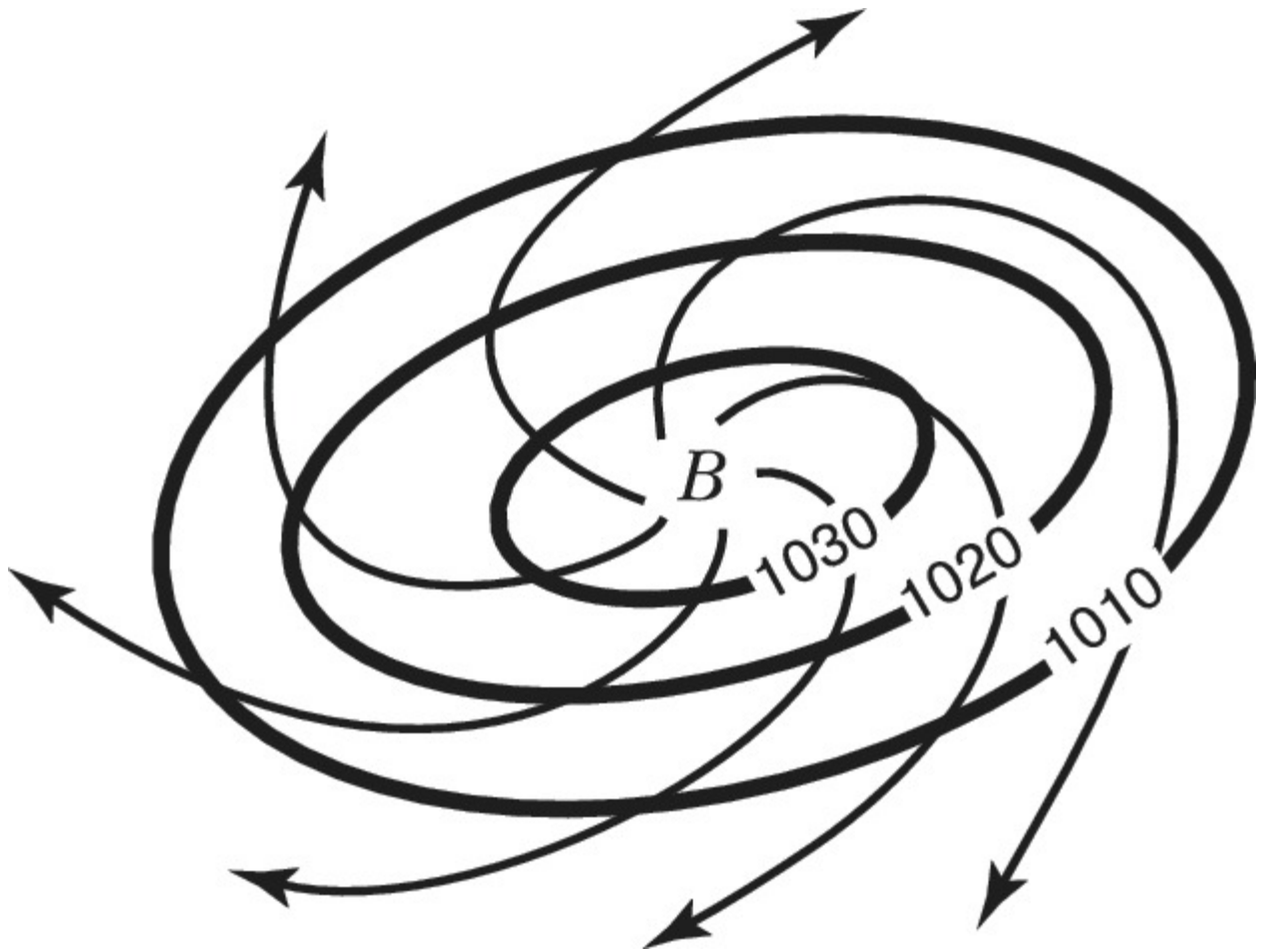


Рис.1.1 Схема антициклона

1.1. Типы антициклонов и стадии их развития

В зависимости от географического района, особенностей возникновения и развития различают антициклоны так [1]:

А) внетропические антициклоны - промежуточные, которые возникают между именно циклонами одного семейства, заключительные антициклоны, которые возникают в тылу последнего циклона одного семейства, а также нефронтальные антициклоны. Последние называют местными или термическими.

Б) субтропические антициклоны.

Срок существования антициклонических возмущений - нескольких суток. Но блокирующие антициклоны могут существовать и дольше. Скорость перемещения антициклонов бывает различной. Достаточно часто они бывают малоподвижными. Диаметр антициклонических крупномасштабных вихрей может достигать четырех тысяч километров. По высоте они простираются

вплоть до поверхности 100 гПа. Антициклоны, совместно с циклонами их в конечном итоге и формируют определенные погодные условия на земле. Антициклоны могут быть как одноцентровыми так и многоцентровыми. Для антициклона различают такое понятие, как вторичный антициклон или отрог [1]. Если мы рассмотрим карты барической топографии, то на них редко можно встретить многоцентровые барические образования. Чаще всего, там наблюдаются одноцентровые антициклоны и связанные с ними барические гребни. Если говорить о траектории перемещения антициклонов, то в зависимости от того, откуда они перемещаются, различают северные, западные, восточные и южные траектории. Но, чаще всего, траектории характеризуются более подробно. Например,

- Полярные вхождения (с северо-запада)
- Ультраполярные вхождения (с северо-востока)
- Отроги сибирского антициклона. Они смещаются с востока на запад
- Отроги (ядра) азорского максимума. Они смещаются с запада на восток.

Не надо думать, что эти траектории прямолинейны. Они чаще всего бывают криволинейными. Еще стоит обратить внимание на малоподвижные антициклоны. Именно об этих антициклонах и пойдет речь в данном исследовании. Стоит поговорить и о центрах действия атмосферы (сезонных и постоянных). Существуют синоптические центры действия атмосферы. Это:

- Исландский и алеутский циклоны
- Гренландский, азорский, гонолулский (северотихоокеанский) и сибирский (азиатский) зимний антициклоны

На климатических картах распределения средних многолетних значений атмосферного давления на уровне моря выявляются климатологические центры действия атмосферы (ЦДА), которые наблюдаются круглый год или в течение сезона. Перечислим круглогодичные ЦДА – азорский максимум и исландский минимум. А к сезонным относятся южноазиатский летний

циклон, сибирский зимний антициклон, северо-американский зимний антициклон [1,2]. Теперь остановимся на вертикальной протяженности антициклонов. Антициклоны бывают низкими, средними, высокими, верхними и стратосферными. В зависимости от вертикальной протяженности антициклонической циркуляции, то есть от толщины слоя, в котором на картах АТ обнаруживаются замкнутые изогипсы, различают следующие антициклоны:

- Низкие, когда замкнутые изобары имеются на приземной карте, и могут быть на картах АТ-850, но отсутствуют на более высоких уровнях.
- Средние, когда замкнутые изогипсы присутствуют на картах до АТ -300
- Высокие, когда антициклон прослеживается до высоты 9000 м и выше
- Верхние, когда антициклон отмечается на конкретных уровнях атмосферы, но не у Земли.
- Стратосферные, к которым относятся высокие тропосферные антициклоны, простирающиеся и в нижнюю стратосферу, или такие антициклоны, которые только в стратосфере и образовались.

При детальном анализе антициклонической циркуляции стоит обсудить вопрос о вертикальной оси вихря. Следует различать горизонтальные оси и вертикальную ось. Горизонтальные оси – это оси симметрии (например, большую и малую) при замкнутых эллиптических изобарах или изогипсах.

Вертикальная ось вращения – она проходит на каждом уровне через центр антициклона. И еще имеет место высотная ось – линия, соединяющая приземный центр с высотными центрами. Высотная ось антициклона наклонена в сторону наиболее теплой воздушной массы (обычно на юго-запад). Это связано с тем, что теплой воздушной массе в верхней тропосфере соответствует область повышенного давления.

Если центры у земли и на высотах совпадают, то говорят о барическом образовании с квазивертикальной осью. Поговорим о фронтальных антициклонах. Как и циклоны, антициклоны тесно связаны с фронтальными разделами. Можно даже говорить о едином процессе. В одном районе создается дефицит массы, а соседнем ощущается ее избыток. Кроме того, общим является тот факт, что и циклоны и антициклоны (их возникновение и развитие) связано с одной и той же высотной фронтальной зоной (ВФЗ). Другое дело, что возникновение циклонов и антициклонов связано с различными ее участками. Различают четыре стадии развития фронтального антициклона

- Стадия зарождения
- Стадия молодого антициклона
- Стадия на максимального развития
- Стадия разрушения антициклона

Перечислим условия, наиболее благоприятные для антициклогенеза в определенном районе. Большие значения горизонтальных градиентов температуры и давления в высотной фронтальной зоне благоприятны как для образования циклонов, так и для образования антициклонов. Чем же отличается антициклогенез от циклогенеза? Во-первых, это отрицательная адвекция вихря скорости в средней тропосфере, во-вторых, положительная дивергенция скорости, в третьих, увеличение с течением времени лапласиана средней температуры слоя. На рис. 1.2 приведено приземная карта с условиями, которые является благоприятным для антициклогенеза. Сплошные линии – изобары на приземной карте, пунктирные – изолабары. Из рис.1.2 видно, что в передней части барического гребня имеет место рост давления (до 4.8 гПа за три часа)

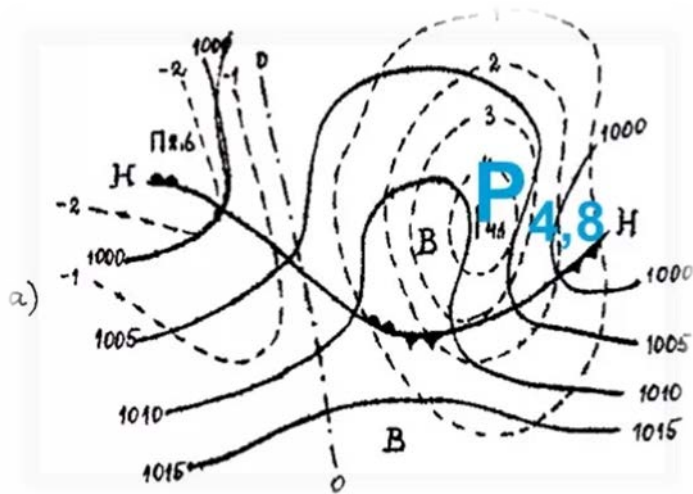


Рис.1.2. Приземное поле антициклона в начальной стадии развития.

На рис.1.3 представлено термобарическое поле циклона в стадии возникновения и стадии молодого антициклона.

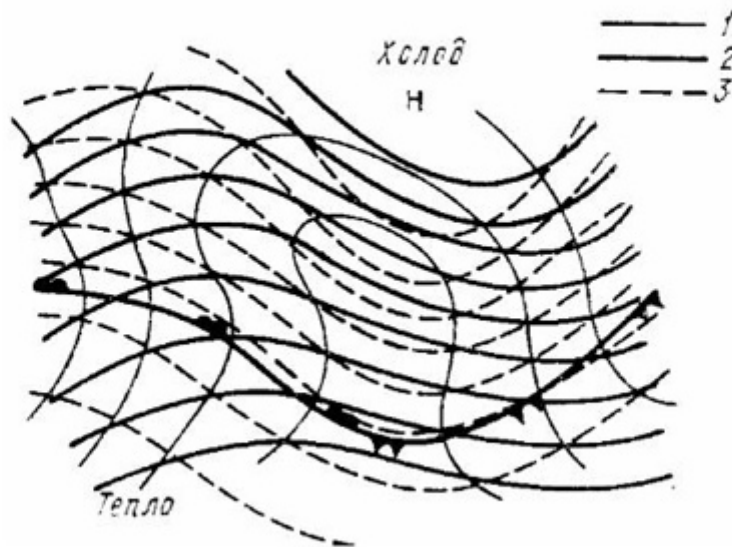


Рис.1.3 Термобарическое поле циклона в стадии возникновения и стадии молодого антициклона.

Как видно из рис.1.3. антициклон еще холодный и достаточно низкий. Не сформировалась первая замкнутая изобара. Через центр антициклона никогда не проходит линия фронт. Теория и опыт показывают, что фронты не могут проходить через центр барического гребня. Они только могут

пересекать гребни по нормали к их оси. Как уже было сказано в [1], «воздух оттекает во все стороны от центра антициклона, что исключает возможность сближения и взаимодействия разнородных воздушных масс вблизи его центра». Для антициклонов характерно образование слоев инверсии, которые имеют различное происхождение.

Теперь рассмотрим стадию максимально развитого антициклона. (См. рис.1.4)

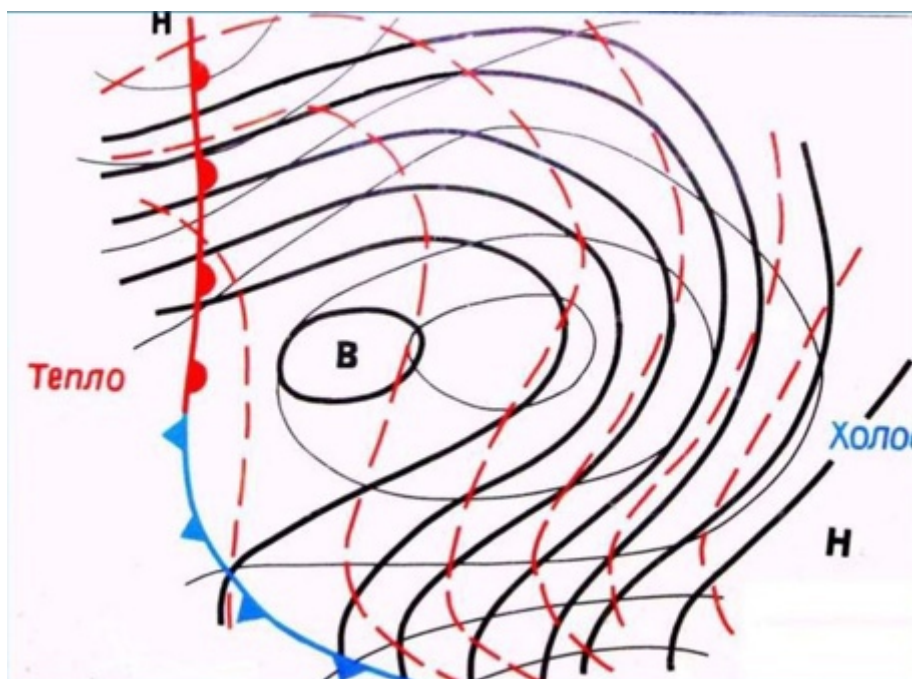


Рис.1.4.Схема термобарического поля антициклона в стадии максимального развития.(Сплошные линии – изобары. Тонкие черные изогипсы АТ-700, красный пунктир – изотермы ОТ 500/1000.)

Как видно из рис.1.4. Антициклон становится теплым и высоким. То есть это барическое образование с квазивертикальной осью. В разрушающемся антициклоне (см. рис.1.5) в результате продолжающейся адвекции тепла и адиабатического нагревания воздуха антициклон заполняется однородным тёплым воздухом, а область наибольших горизонтальных контрастов температуры перемещается на его периферию. Антициклон уже термически становится термически симметричным барическим образованием. Адвективные и динамические изменения давления в области антициклона ослабевают. Из-за расходимости воздушных течений в приземном слое

атмосферы давление в системе антициклона понижается. Антициклон разрушается. Особенно это становится заметным у земной поверхности, но только на начальной стадии разрушения.

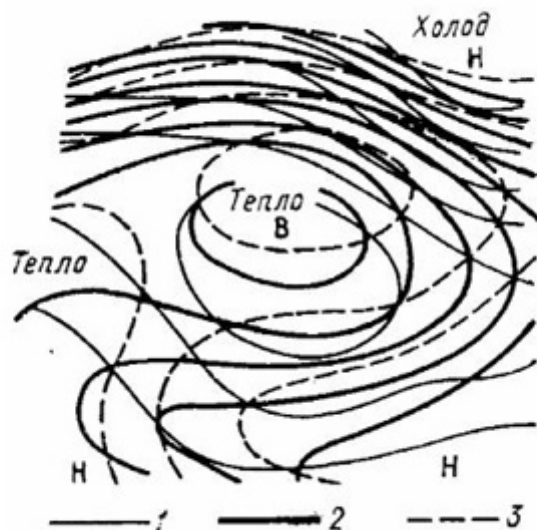


Рис.1.5. Термобарическое поле разрушающегося антициклона.

Если говорить о термических (не фронтальных) антициклонах, то они имеют меньшие размеры, чем фронтальные. Эти антициклоны возникают в размытых барических полях. Чаще всего они возникают над охлажденной подстилающей поверхностью. Над сушей летом они возникают в ночные часы. Зимой же эти образования могут существовать долго. Более того, при определенных условиях они могут превращаться в хорошо развитые антициклоны. Местные антициклоны возникают особенно часто над Кольским полуостровом. При поступлении зимой в тылу циклона холодного, но прогретого в нижнем слое воздуха, который перемещается над незамерзающей частью Баренцева моря, происходит выхолаживание этого воздуха. Может возникнуть хорошо выраженный антициклон.

1.2. Погодные условия в различных частях антициклона.

Во внетропическом антициклоне различают шесть типов погоды. Центральная часть антициклона характеризуется двумя типами погоды: основным (I) и дополнительным (II). Нисходящие движения воздуха в центральной части антициклона обуславливают определенный тип погодных условий. В этой части преобладает ясная или малооблачная погода. Отмечаются слабые ветры, а также, или штиль. Зимой наблюдается морозная погода. Летом же – теплая погода и даже жаркая. С другой стороны, в разрушающемся антициклоне, под слоем инверсии, вызываемой адиабатическим нагреванием опускающегося воздуха, может наблюдаться значительная и сплошная облачность слоисто-кучевых и слоистых форм (Sc, St). Отмечаются туманы, а над крупными промышленными городами – смог. Зимой, в разрушающихся антициклонах, наблюдается умеренно холодная погода со слабыми снегопадами.

Летом при дополнительном типе нередко наблюдается душная, влажная погода. На перифериях антициклонов погодные условия сходны с условиями погоды в примыкающих к ним секторах соседних циклонов. Например, восточная окраина антициклона граничит с тыловой частью циклона. При неустойчивой воздушной массе летом в дневные часы могут образовываться кучево-образные облака. Наблюдаются ливни, могут прогреметь грозы.

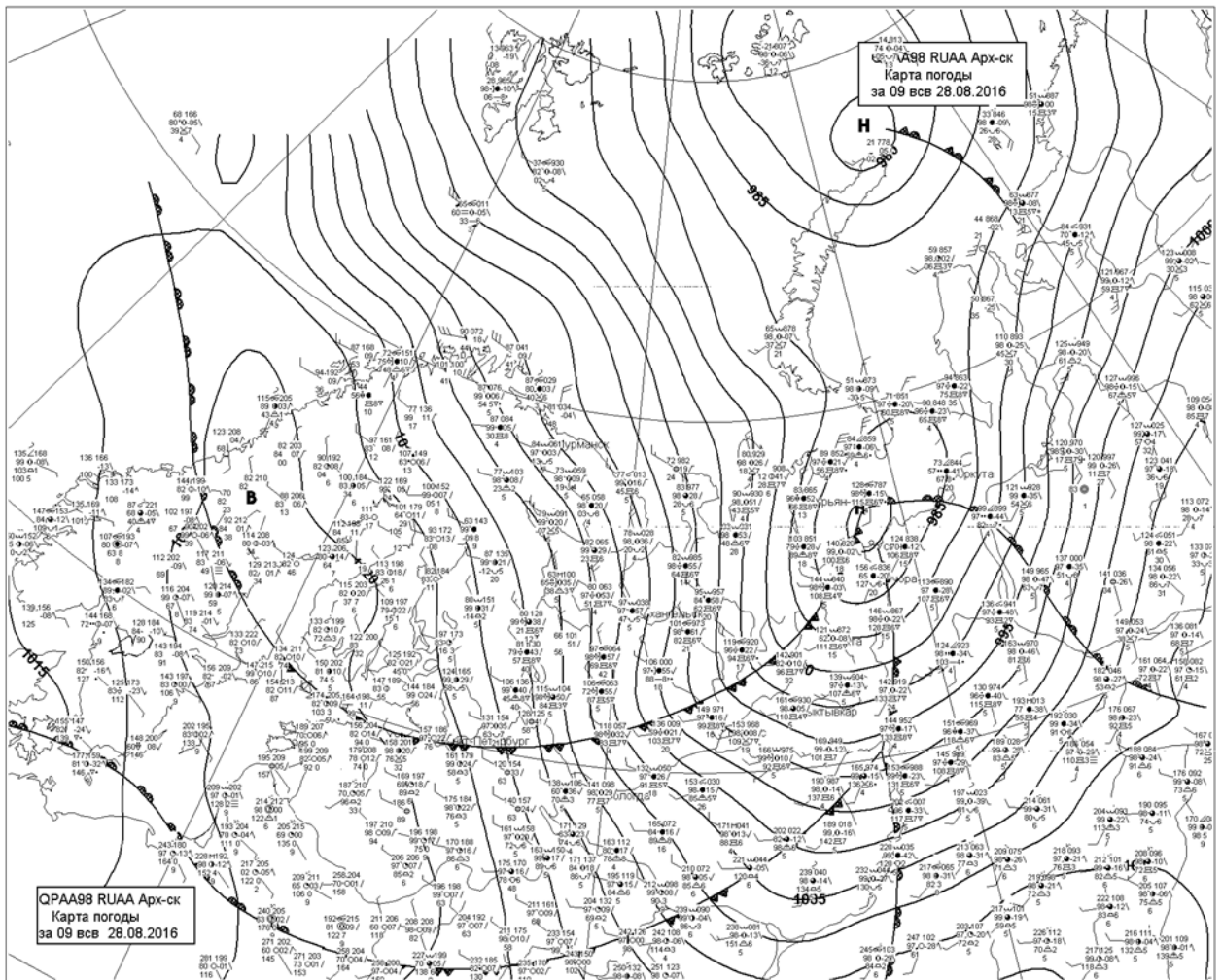


Рис.1.6 Приземный анализ 28 августа 2016 года. Восточная окраина антициклона.

При грозах ветер порывистый. Могут отмечаться шквалы.

Западная окраина антициклона находится вблизи передней части области циклона. Будет наблюдаться холодная устойчивая воздушная масса. А на погодные условия будет влиять приближение теплого фронта. Зимой в этой части антициклона может даже выпасть снег.

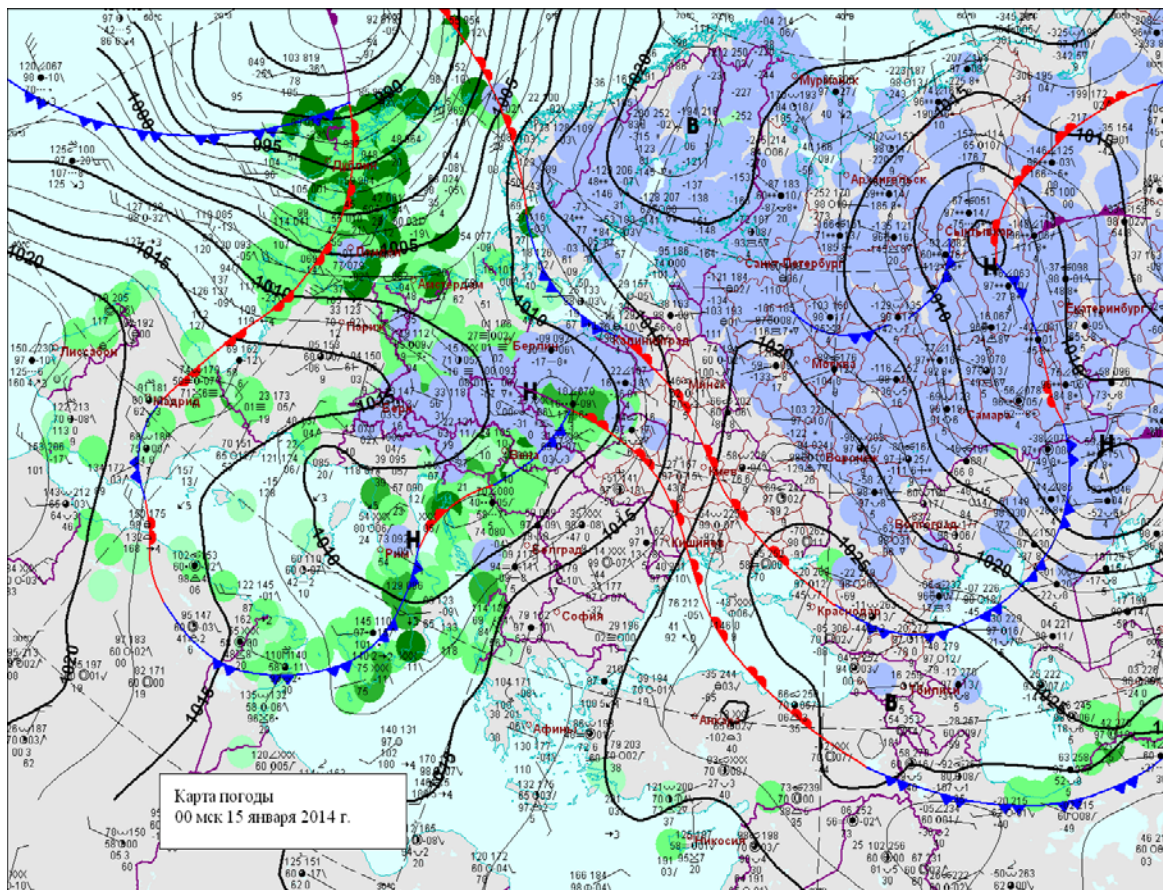


Рис.1.7. Зимний антициклон. Западная периферия.

Северная периферия антициклона, как правило, примыкает к теплому сектору циклона. В этих районах наблюдаются низкие (400– 800 м) слоистые и слоисто-дождевые облака с морозящими и обложными осадками. Могут возникать адвективные туманы.

В южной части наблюдаются перистые, перисто-слоистые, а иногда высокослоистые и слоистые облака, обусловленные северной частью циклона или его теплым фронтом.

2. НАИБОЛЕЕ СУЩЕСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ БЛОКИРУЮЩИХ АНТИЦИКЛОНОВ

В атмосфере умеренных и высоких широт северного полушария могут появляться условия, при которых нарушается западно – восточный перенос, столь привычный для этих районов. В таких условиях можно говорить о блокинге, то есть возникает тип циркуляции, при котором в одном регионе

наблюдается летом сухая и жаркая погода, а в других районах выпадают интенсивные осадки. (см. рис.2.1)

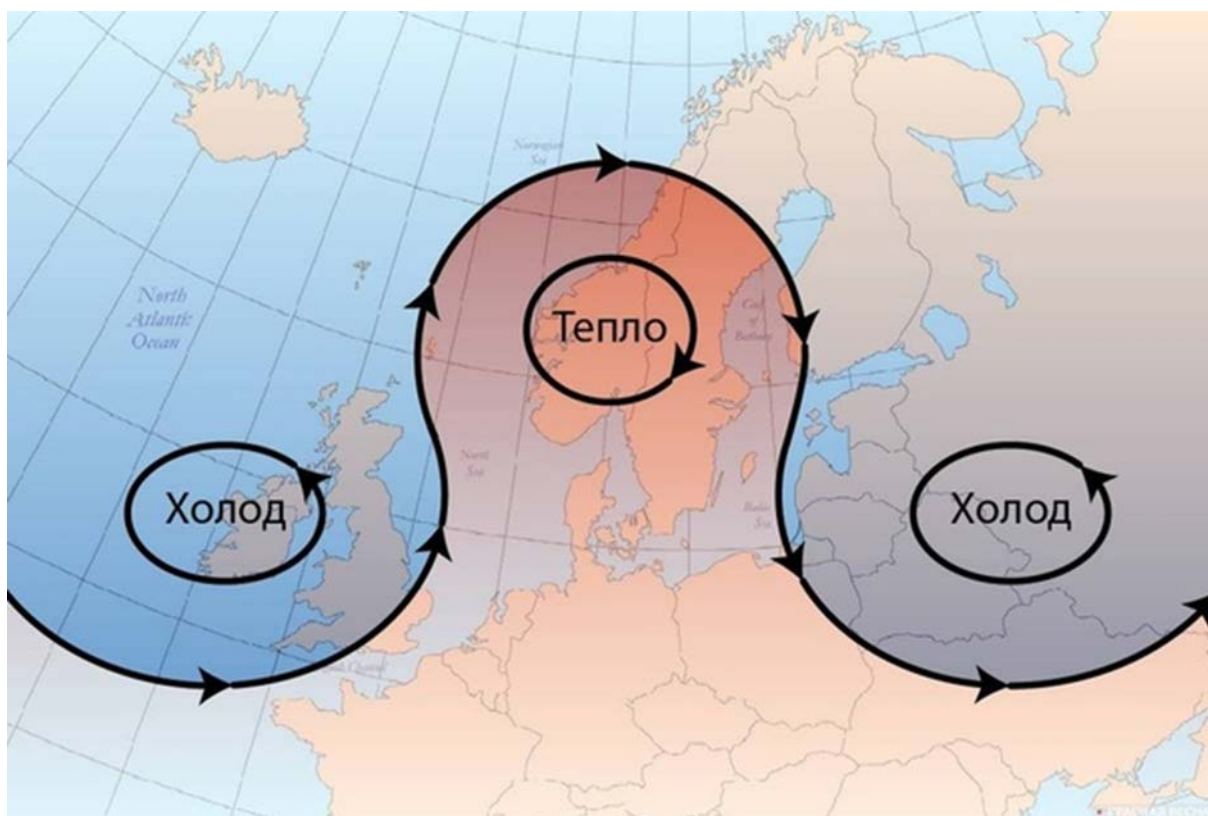


Рис. 2.1. Схема блокинга в атмосфере.

Атмосферное блокирование обычно называют ситуацией, когда нормальный зональный поток прерывается сильным и постоянным меридиональным потоком. Нормальное продвижение синоптических нарушений на восток затруднено, что приводит к эпизодам длительных экстремальных погодных условий. В межсезонных временных масштабах постоянные экстремальные погодные явления могут длиться от нескольких дней до нескольких недель, часто сопровождаясь значительными аномалиями температуры и осадков. Пример поля высоты 500 ГПа и аномалий, связанных со зрелыми эпизодами блокировки над северо-восточной Атлантикой и северной частью Тихого океана приведен на рис.2.2.

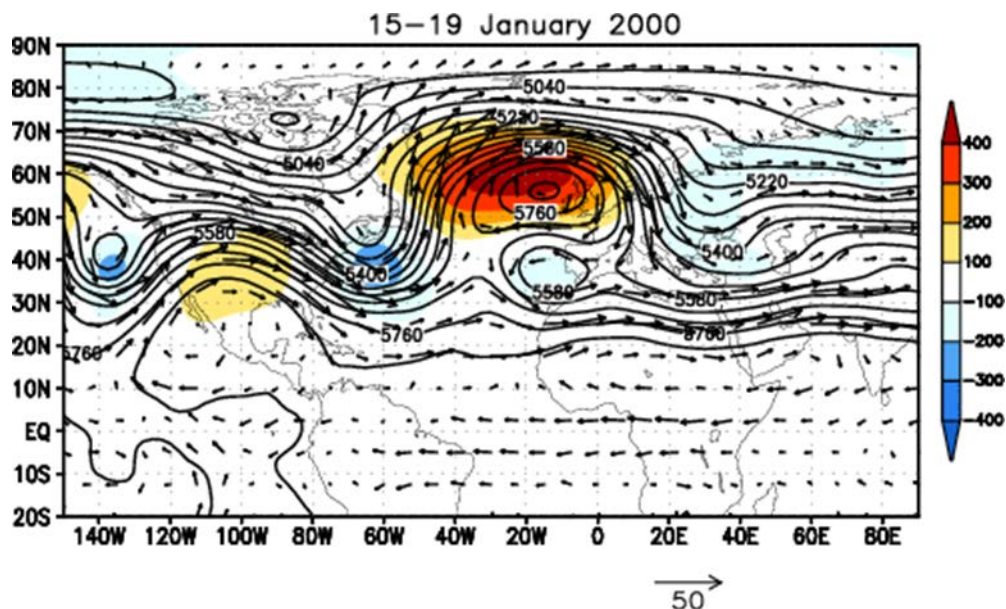


Рис.2.2 Поля высоты 500 ГПа и аномалий, связанных со зрелыми эпизодами блокировки над северо-восточной Атлантикой и северной частью Тихого океана

Основные характеристики атмосферной блокировки являются:

1. Разделение западного потока на две отдельные ветви на значительной продольной протяженности
2. Восточный поток к югу от блокирующего гребня
3. Выраженный меридиональный поток как вверх, так и вниз по течению от блокирующего гребня
4. Наличие глубоких впадин как выше, так и ниже по течению блокирующего гребня

Тогда можно говорить о том, что имеет место нарушение перераспределения тепла и влаги между широтами. Чаще всего в качестве блокирующего барического образования выступает высокий антициклон. Он может простираться до высоты примерно в 16 км, захватывая всю толщу тропосферы. Это как бы «гора», которая перекрывает пути западному переносу и, как следствие, атлантическим циклонам. При отсутствии блокинга атлантические циклоны смещаются с регулярной периодичностью с запад на восток, или с юго-запада на северо-восток. По наблюдениям климатологов и синоптиков нормальный срок существования блокирующего

антициклона – от 4 до 7 дней. Но, примерно в 1% случаев время его существования составляет 15 дней и более (как летом 2010 года). Если блокирующие антициклоны существуют более 50 дней, то это – уникальные явления. Рассмотрим классификацию блокирующих антициклонов. [3]

2.1. Классификация блокирующих антициклонов

Как сказано в [3] «в настоящее время существует большое количество работ, в которых рассматривается климатическая характеристика ситуаций блокирования в атмосфере». Климатические исследования блокирования очень сложны. Это связано с тем, что при блокинге происходит нарушение западно-восточного переноса и возникает препятствие к зональному перемещению циклонов. При этом возникают существенные отличия метеорологических величин от климатических норм на больших территориях. Как мы уже указывали в первой главе, антициклоны имеют полярные, ультраполярные, западные траектории и восточные (отроги сибирского антициклона). Однако в работе [4] квазистационарные антициклоны классифицированы только по трем типам: ультраполярные, полярные и западные. Остановимся на ультраполярных антициклонах. Они являются высокими и формируются, прежде всего, в холодных массах воздуха. В отличие от ультраполярных вхождений, траектории полярных вхождений направлены, в основном, с северо-запада на юго-восток. А западные квазистационарные антициклоны перемещаются с запада на восток. В статье [5] была предложена интересная типизация квазистационарных антициклонов по признаку географического положения данных барических образований. При такой типизации было определено десять типов процессов с высокими и малоподвижными антициклонами. Согласно [5], по направлению траекторий блокирующие антициклоны можно разделить на три типа: восточные, северо-западные (северные) и западные. Типизация была проведена по 150 случаям блокирующих антициклонов, которые были обнаружены в период 1949-1989 гг. В статье [6] предложено четыре типа

блокирования. Тип 1 - локальный блокирующий процесс в конкретный срок. Тип 2 - крупномасштабный блокирующий процесс. Тип 3 - Эпизод блокировки. Тип 4 - Секторный блокинг. Основной характеристикой блокирования считается такое изменение обычной ситуации, когда (потенциально) теплый воздух оказывается в высоких широтах [6]. Дополнительными характеристиками, необходимыми для блокирования - большие горизонтальные размеры и продолжительность. Это те условия, которые отличают блокирование от простых синоптических ситуаций с антициклонами.

2.2 Основные условия возникновения блокинга

Для возникновения блокирования часто необходимо опрокидывание крупномасштабной волны на уровне тропопаузы. Если рассматривать эволюцию волн Россби как типичную для возникновения блокирующего антициклона в тропосфере, то на АТ-500 гПа ось барического гребня для случая антициклонического сдвига ветра будет ориентирована с юго-запада на северо-восток, а для случая циклонического сдвига - с юго-востока на северо-запад. При обеих конфигурациях расчет индекса блокирования даст наличие блокирующего антициклона над рассматриваемой территорией [6]. Исследования проводились по 119 случаям блокирования, которые были обнаружены в период исследования с 1998 по 2008 годы над территорией Европы. Все блокирующие ситуации были классифицированы на три категории: непосредственно блокирующий антициклон (I), гребень с циклоническим сдвигом ветра, ось которого имеет направление с юго-востока на северо-запад (II) и гребень с антициклональным сдвигом ветра, который имеет ориентацию с юго-запада на северо-восток (III). Эти категории определялись на карте абсолютной барической топографии АТ-500 гПа. Понятно, что выявить блокирующий процесс можно лучше на карте АТ-300 гПа или АТ-200 гПа, которые расположены ближе к тропопаузе. Но в этой работе использовался индекс блокирования, рассчитанный по данным на АТ-500 гПа, и поэтому на

этом уровне барическое поле является другим, а именно на АТ-500 гПа можно увидеть сформированный центр антициклонального вихря. Именно поэтому появилась третья категория - блокирующий антициклон. В [3]. «по описанной классификации была определена повторяемость категорий блокирующих ситуаций над территорией исследования за период с 1998 по 2008 годы. Блокирующие антициклоны, которые наблюдались над территорией Европы в период с 1998 по 2008 г.г. были классифицированы по конфигурации изогипс на АТ-500 гПа на три категории: блокирующий антициклон (I), гребень с циклоническим сдвигом ветра (II) и гребень с антициклональным сдвигом ветра (III). Наибольшую повторяемость (64 случая) имеет категория «блокирующий антициклон», категории «гребень с антициклональным сдвигом ветра» и «гребень с циклоническим сдвигом ветра» наблюдались в 32 и 23 случаях соответственно».

3. АНАЛИЗ БЛОКИРУЮЩИХ АНТИЦИКЛОНОВ ЗА ЛЕТНИЙ ПЕРИОД НАД ТЕРРИТОРИЕЙ УМЕРЕННЫХ ШИРОТ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ НА ПРИМЕРЕ ОСОБЕННО ЗАСУШЛИВЫХ ГОДОВ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ 20 и ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ 21 ВЕКОВ (1972 и 2010 гг)

3.1. Антициклон летом 1972 года

Обратимся к истории. Самая жестокая засуха в средней полосе России летом 1972 года. Лето 1972 года было на всей европейской части России небывало жарким и засушливым[9], в некоторых районах областей центра России не выпало практически ни капли осадков. От такого стихийного бедствия пострадали районы Поволжье, Центральные и Северо-Западные регионы, тогда еще, РСФСР. Не пощадила засуха районы Урала, Украины и Казахстана. В этих регионах стояла очень жаркая погода. Количество осадков тоже было низким — всего 20 мм в течение летних месяцев. Можно сказать, что засуха в 1972 году стала самой жестокой за весь XX век[9]. По

данным Гидрометцентра СССР жара в Москве и Подмосковье уже наступила с третьей декады июня и продолжалась до 24 августа. Температура в августе превысила климатическую норму на шесть градусов. И в Санкт-Петербурге тоже было очень жарко. Кроме того, были поставлены и температурные рекорды в определенные дни лета. Приведем для примера эти данные и для Москвы и для Санкт-Петербурга.

В табл.3.1 - 3.2. представлены рекорды температуры, которые были установлены в Санкт-Петербурге и в Москве в 1972 года (период с 1885 по 1972 год)

Табл. 3.1.

Температурные рекорды летом 1972 года в Санкт-Петербурге

Месяц, число	Температура °С
28 июнь	31
30 июня	32
8 июля	34
9 августа	33
19 августа	31
21 августа	31
23 августа	30

Табл. 3.2.

Температурные рекорды летом 1972 года в Москве

Число, месяц	Температура °С
7 июля	35
11 августа	34
12 августа	34
21 августа	35
22 августа	35
23 августа	35

Из анализа данных, которые приведены в [10] в Москве меньше всего выпало осадков только летом 1897 года - 84 мм. И этот рекорд в Москве был побит в 1972 году. Сумма осадков составляет всего 82 мм, из них 62 мм выпало в июне. Такое экстремально малое количество осадков в средней полосе России наблюдается крайне редко, может быть, раз в сто лет. В других регионах России тоже было очень жарко и засушливо. В табл. 3.3. представлены данные ежедневных максимальных, среднесуточных и минимальных температур воздуха и суточного количества осадков по Москве за лето 1972 года.

Таблица 3.3

Суточная температура, °С(минимальная, максимальная, и средняя)
количество осадков, мм. Лето 1972 Москва. (Июнь, июль, август)

Дата	Суточная температура, °С			Кол-во осадков, мм
	мин.	средняя	макс.	
1 июня	12.8	17.1	21.2	1.9
2 июня	9.6	18.8	26.2	0
3 июня	16.1	17.4	20.5	0.1
4 июня	13.8	16.9	20	0.7
5 июня	7.6	14.3	20	0

6 июня	8.5	17.4	23.2	0
7 июня	12.7	20.4	25.2	0
8 июня	15.7	17.8	21.4	0
9 июня	6.7	13.3	18.5	0
10 июня	11.1	12.6	15.4	1.3
11 июня	9.1	12.7	17.8	0
12 июня	6.4	14.1	19.7	0
13 июня	10.8	17.3	22.9	0
14 июня	12	19.6	25.8	0
15 июня	15.7	23.4	30.5	0
16 июня	18.4	24.8	30.7	5.2
17 июня	16.5	20.8	24.8	9.1
18 июня	16.5	18.7	21.8	0
19 июня	10.9	15.8	19.5	1
20 июня	13.4	19	24.1	0
21 июня	15.7	21.4	26.9	0
22 июня	15.8	19.6	23.5	20.9
23 июня	13.8	19.1	23.8	0
24 июня	13.5	21.3	27.5	0
25 июня	18	23.8	29	0
26 июня	16.3	23.7	29	0
27 июня	13.4	22	26.8	0
28 июня	15.3	22.3	27.8	0
29 июня	14	22.7	28.6	0
30 июня	17.3	21.4	25.2	0.1
1 июля	16.7	22.1	26.5	0
2 июля	18.4	22.5	26.7	2.5
3 июля	18.1	22.2	27	6.6
4 июля	18.5	22.8	27.7	0.6
5 июля	17.2	19.6	23.1	11.2
6 июля	15.9	23.4	30.4	0
7 июля	20.4	27.8	34.8	0
8 июля	17.4	24.6	32.4	0.8
9 июля	18.8	24.1	29.8	0
10 июля	20	23.5	27.8	0
11 июля	20	23.4	28.9	0.4
12 июля	22.4	26.1	31.6	0

13 июля	21.1	26.6	31.6	0
14 июля	19.3	26.4	32.4	0
15 июля	20.6	26.4	31.7	0
16 июля	20.5	25	29.8	0
17 июля	17.3	22.7	27.2	0
18 июля	15.8	20.7	24.9	0
19 июля	14.5	22.1	28.7	0
20 июля	16.7	23	28.3	0
21 июля	16.5	23.7	30.1	0
22 июля	20.3	22.3	25.1	0
23 июля	11.9	18	23.4	0
24 июля	9.9	18.6	24.7	0
25 июля	13.4	20.6	26.7	0
26 июля	15.9	20.7	27.5	1.4
27 июля	14.6	23.4	30.9	0
28 июля	19.1	21.8	26.8	1
29 июля	10.1	17.8	22.5	0
30 июля	9.6	16.4	21.2	0
31 июля	8.3	16.5	23	0
1 августа	11.2	19.6	26.4	0
2 августа	13.3	20.7	27.9	0
3 августа	14.6	21.2	28.7	0.1
4 августа	14	23.4	31.4	0
5 августа	18.4	21.2	24.6	0
6 августа	15	20.4	27	0
7 августа	16.5	24.4	31.8	0
8 августа	19.8	26.2	33	0
9 августа	18.9	24.8	31.4	0
10 августа	15.2	23.7	31	0
11 августа	15.5	24.6	34.1	0
12 августа	16	25.6	34.4	0
13 августа	13.1	19.6	26.5	5.7
14 августа	10.6	17.1	23.8	0
15 августа	9.8	15.5	20.2	0
16 августа	8.2	15.4	22.4	0
17 августа	9.2	17.8	25.8	0
18 августа	13	21.8	30.9	0
19 августа	14	22.4	31.3	0

20 августа	16.8	24.3	32.6	0
21 августа	14.9	24.7	34.8	0
22 августа	18.3	26.9	34	0
23 августа	15.6	26	34.2	0
24 августа	16.4	20.6	29.1	4.6
25 августа	14.5	18.4	22.9	7.9
26 августа	16.9	19.2	26.2	0.1
27 августа	14	15.3	18.4	14.9
28 августа	14.3	16.1	20.4	12.4
29 августа	10.5	15.6	22.2	0
30 августа	10.2	15.4	20.9	0
31 августа	9.5	11.7	16.1	0

При анализе табл. 3.3 видно, что в течение всего лета температура днем не опускалась ниже 20⁰. Исключением составили только последние числа августа. В июле и августе максимальная температура была в отдельные дни выше 34⁰. (выделено красным). Что касается количества осадков, то, как уже говорилось, оно было минимальным за сто лет наблюдений.

Что же привело к таким аномальным погодным условиям? Именно блокирующий антициклон, который просуществовал более 50 суток, был «виновником» засухи и жаркой погоды. Это явление обстоятельно рассмотрено в работе А. Л. Каца [10]. Автор отмечает, «что после холодной зимы, неустойчивой весны с конца мая на юге европейской территории России (ЕТР) установилась погода с первыми признаками засухи. Этому способствовало расположение планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) на уровне 560 гПа и ядро повышенного давления на уровне 568 гПа, которое охватило районы от Волго-Донского канала до Каспийского моря». В июне гребень высокого давления охватил почти большую часть Европы – от Скандинавии до Акватории Каспийского моря. Явно прослеживается меридиональность атмосферных процессов. [14](см. рис.3.1)

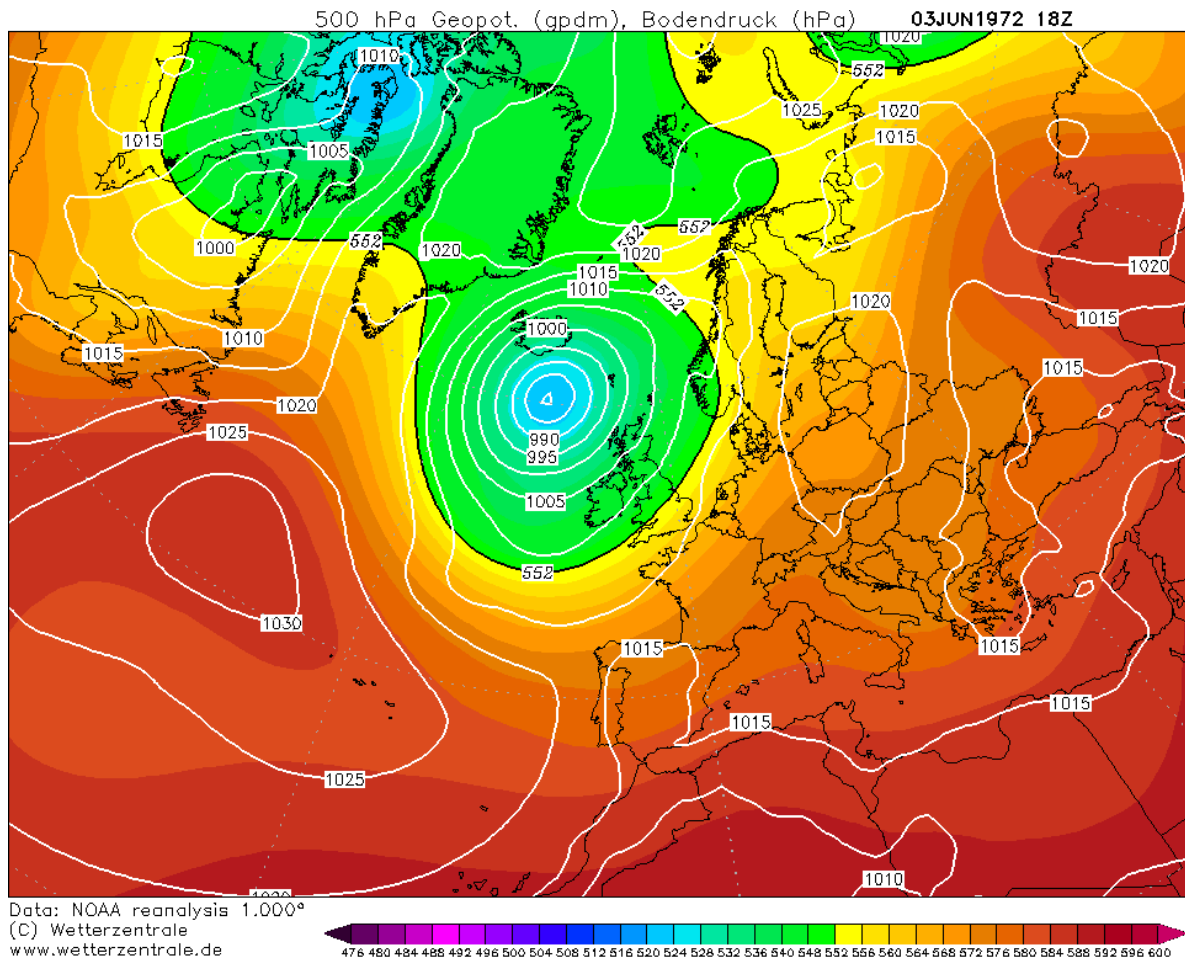


Рис.3.1. Карта приземного давления и изогипсы АТ-500 за 3 июня 1972 года.

Если проследить за изменением синоптической ситуации в июле, то она практически повторяла ситуацию июня. Антициклон наблюдается как у земли, так и на высотах. (см. рис.3.2).

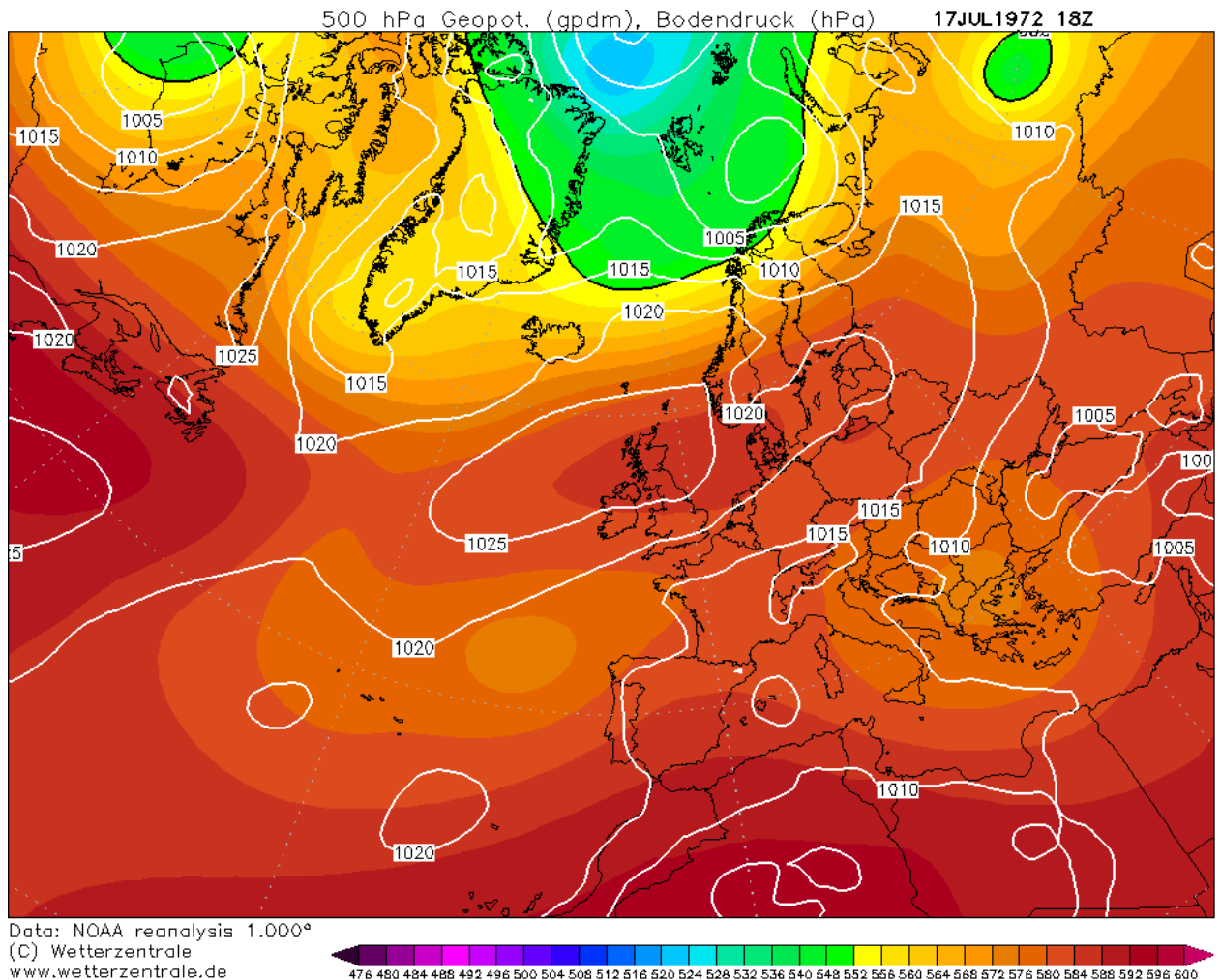


Рис. 3.2. Карта приземного давления и изогипсы АТ-500 за 17 июля 1972 года.

Как видно из рис. 3.2. центр антициклона располагается у северной части Англии, а ось его гребня простирается практически до о. Новая Земля. Такая ситуация продолжается до конца месяца. Август мало чем отличается от июля. (см. рис. 3.3). Опять мы наблюдаем антициклон над Англией. И гребень имеет ту же направленность.

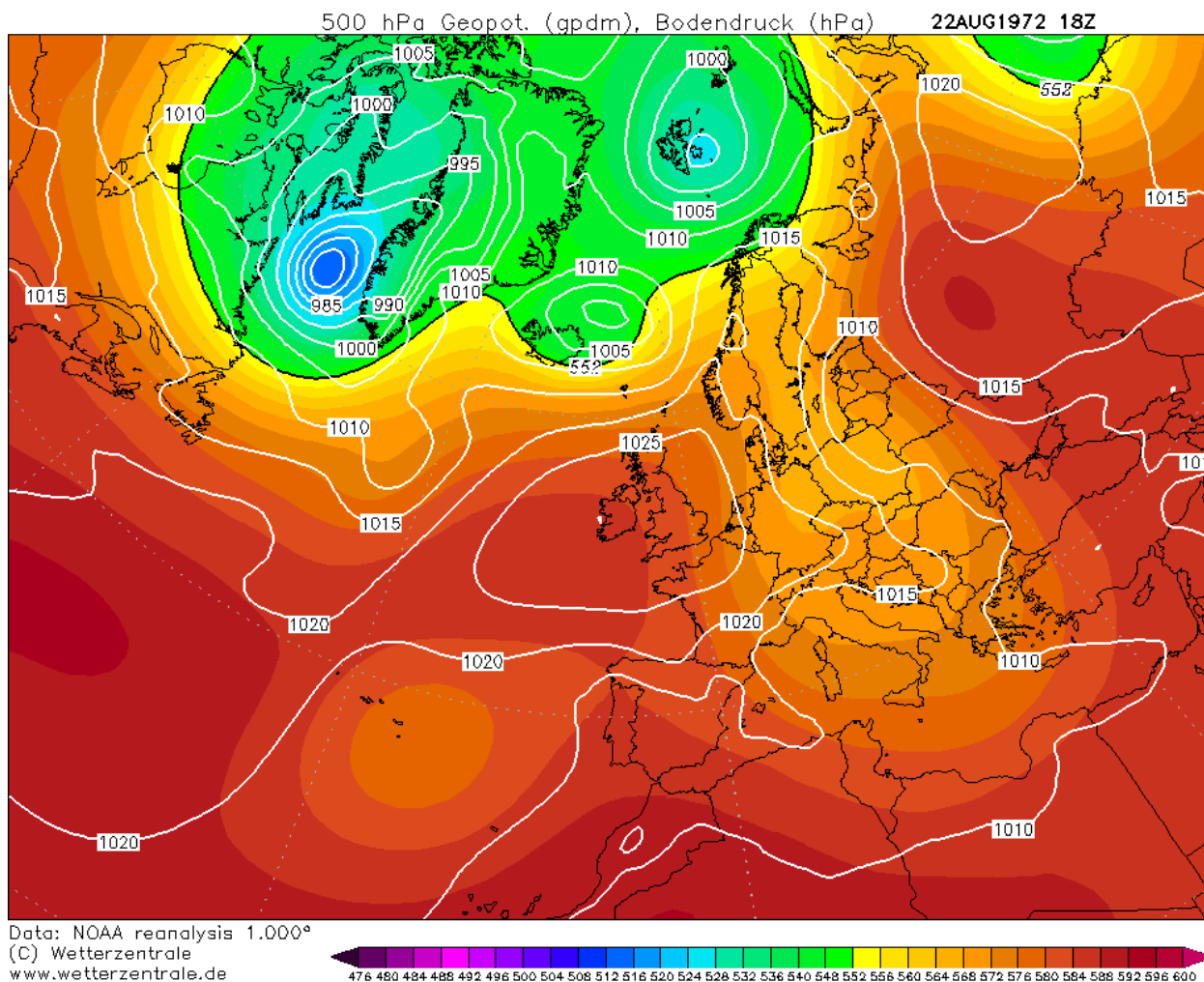


Рис.3.3.Карта приземного давления и изогипсы АТ-500 за 22 августа 1972 года.

Образование обширных засух Кац [10] объясняет «необычно устойчивым меридиональным переносом с антициклогenezом в тропосфере и нижней стратосфере. Жара и отсутствие осадков привели к недостатку увлажнения почвы и засухе». Если посмотреть на карту с линиями тока на поверхности 850 гПа (как пример), то можно фиксировать ядро высокого давления и над ЕТР и над Западной и Восточной Европой и Скандинавией. (См. рис.3.4) Скорее всего блокинг 1972 год относится к типу - «гребень с антициклональным сдвигом ветра».

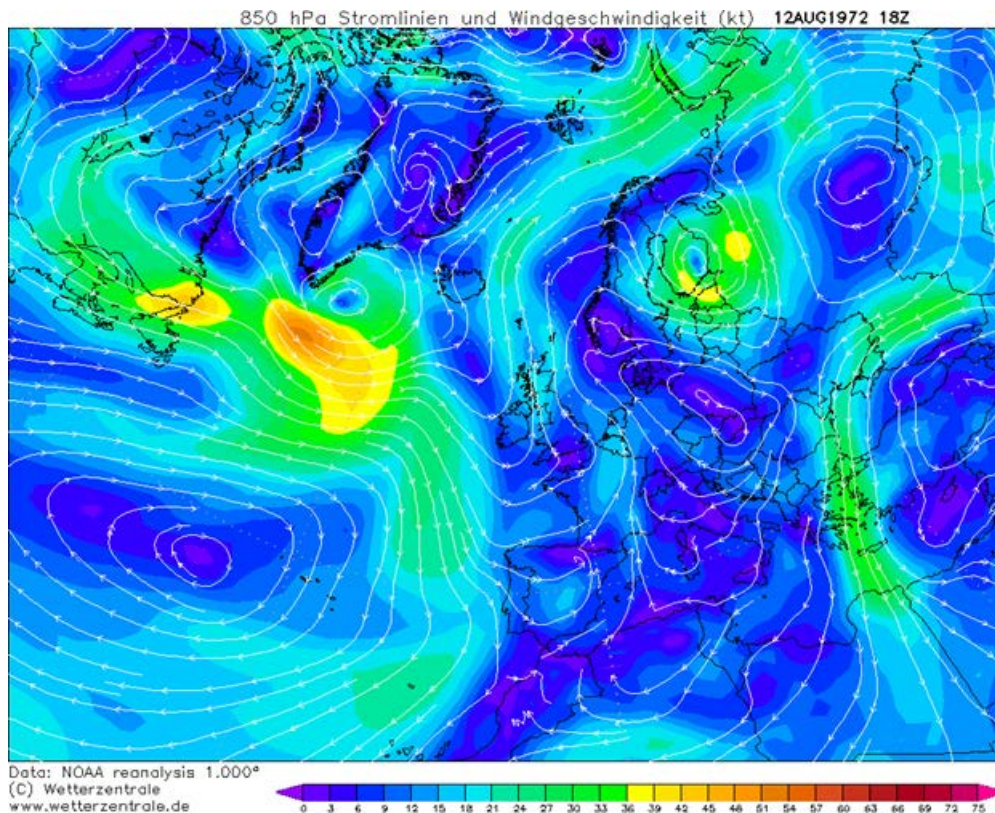


Рис.3.4. Линии тока и скорости на поверхности 850 гПа. 12 августа 1972 г.

Часто причиной блокинга в атмосфере считается явлением Ла-Нинья (охлаждением поверхности экваториальных вод в Тихом океане). Если проанализировать данное явление с использованием [12], то можно отметить, что в течение 1971 года и начала 1972 года действительно это явление имела место. Но летом оно перешел в противоположную фазу – Эль-Ниньо. Данные приведены в табл. 3.3. В табл. 3.3 представлены холодные и теплые эпизоды по сезонам. Теплый (красный) и холодный (синий) периоды, основанные на пороге +/- 0,5 оС для индекса океанического Ниньо (ONI) [3-месячное среднее значение аномалий ERSST.v5 SST в регионе Ниньо 3,4 (5oN-5oS, 120o-170oW)], основанное на центрированных 30-летних базовых периодах, обновляемых каждые 5 лет.

Табл.3.3

Холодные и теплые эпизоды ЭНЮК по сезонам

год	дяф	яфм	фма	мам	ами	мии	иаа	иас	асо	сон	онд	ндя
1970	0.5	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.9	-1.1
1971	-1.4	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-1.0	-0.9

1972	-0.7	-0.4	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.8	2.1	2.1
------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Примечание: месяца названы по своим начальным буквам (дяф - декабрь, январь, февраль)

3.2. Антициклон 2010 года.

Лето началось с большого количества осадков и гроз, 13 июня в Москве наблюдалась сильная гроза и шквалистый ветер. Дневная температура была нестабильной, жаркие дни чередовались с холодными, но начиная с 18 июня, началось действие блокирующего антициклона, осадки прекратились, и установилась аномальная жара. Аномальная жара в июле **2010-го затронула** почти все **регионы ЦФО**, часть **регионов** Приволжского федерального округа, Санкт-Петербург и Вологодскую область на северо-западе. Блокирующий антициклон лета 2010 года просуществовал рекордный по продолжительности период –55 дней до конца первой декады августа. Это значительно превышает длительность похожей синоптической ситуации лета 1972 года. Обсуждению причин столь уникального явления было посвящено Совещание в ГМЦ России [13] 28 октября 2010 года. По результатам этого Совещания было установлено [13], что «Причины блокинга, главным образом, обусловлены нехарактерными для атмосферы процессами передачи энергии от волн синоптического масштаба длинным (до 10 000 км) волнам, опрокидыванием волн Россби, формированием очагов положительных аномалий температуры поверхности в Северной Атлантике (в районах Гольфстрима и Лабрадорского течения) и Арктическом бассейне, а также явлением Ла-Нинья (охлаждением поверхности экваториальных вод в Тихом океане).» Значительный вклад в формирование блокирования также связан с переносом жаркого, обезвоженного воздуха из районов Средней Азии (юго – восточный перенос) и Сахары (юго – западный перенос).

Еще раз повторим, что лето 2010 было самым жарким летом, за все время метеорологических наблюдений. 28 июля стал самым жарким днем, за все время метеорологических наблюдений в Санкт-Петербурге, температура воздуха составила 35,8 градусов. В табл. 3.4 представлены температурные рекорды за последние годы, начиная с 1882 года.

Табл. 3.4.

Температурные рекорды в Санкт-Петербурге лето 2010 года

МЕСЯЦ, ЧИСЛО	ТЕМПЕРАТУРА ⁰ С
7 ИЮЛЯ	31
22 ИЮЛЯ	31
26 ИЮЛЯ	35
27 ИЮЛЯ	33
28 ИЮЛЯ	35
29 ИЮЛЯ	36

В Москве же только за один июль, было побито 10 температурных рекордов. Самый жаркий день в истории Москвы 29 июля, температура воздуха составляла 38,2 градуса. Количество осадков за месяц лишь 12 миллиметров, при - норме в 94 миллиметра. В табл. 3.5.-3.7 представлены данные с сайта [11] о минимальных, максимальных и средних температурах в Москве за лето 2010 года, а также суточное количество осадков.

Табл.3.5 Температурный режим и режим осадков в Москве. Июнь 2010

Дата	Температура воздуха, °С				Осадки, мм
	Минимум	Средняя	Максимум	Отклонение от нормы	
1	12.6	16.4	20.3	+0.9	9.8

2	15.4	19.5	26.2	+3.9	0.4
3	15.6	21.7	27.6	+5.9	0.0
4	15.4	20.0	27.5	+4.1	8.1
5	12.5	14.4	16.7	-1.7	9.7
6	8.4	14.3	19.1	-1.9	0.0
7	12.5	15.7	20.0	-0.6	6.2
8	13.9	18.6	23.6	+2.2	2.7
9	14.3	16.2	19.5	-0.3	0.0
10	9.5	14.7	19.5	-2.0	0.8
11	12.7	14.2	16.2	-2.6	4.4
12	15.6	23.1	30.3	+6.2	0.5
13	18.4	22.1	29.1	+5.1	4.2
14	13.2	15.5	19.0	-1.6	0.0
15	9.5	13.4	16.4	-3.8	6.9
16	12.7	14.1	17.2	-3.2	8.5
17	9.5	11.9	14.7	-5.5	0.1
18	7.4	13.4	18.3	-4.1	0.0
19	8.0	16.2	21.8	-1.3	0.0
20	11.6	19.2	24.5	+1.6	0.0
21	13.1	21.4	27.2	+3.7	0.0
22	15.4	23.3	29.3	+5.5	0.0
23	16.1	24.5	30.6	+6.7	0.0
24	14.6	23.6	31.2	+5.7	0.0
25	14.1	24.5	33.1	+6.5	0.0
26	15.1	25.0	33.6	+7.0	0.0
27	17.0	24.7	31.0	+6.6	0.0
28	17.3	20.3	24.4	+2.2	0.0
29	12.4	20.4	25.7	+2.2	0.0
30	13.9	20.4	25.5	+2.2	0.0

Табл.3.6 Температурный режим и режим осадков в Москве. Июль 2010 г

Дата	Температура воздуха, °С				Осадки, мм
	Минимум	Средняя	Максимум	Отклонение от нормы	
1	12.0	20.4	26.1	+2.1	0.0
2	12.5	22.4	29.2	+4.1	0.0
3	20.1	23.3	26.8	+5.0	0.0
4	15.7	22.4	26.8	+4.0	0.0
5	14.8	23.0	28.3	+4.6	0.0
6	18.1	24.8	30.1	+6.4	0.0
7	18.6	24.6	28.6	+6.2	0.0
8	18.4	23.6	28.5	+5.1	7.7
9	18.8	24.7	30.5	+6.2	3.5
10	20.5	24.8	30.7	+6.3	0.0
11	18.3	24.5	30.2	+6.0	0.0
12	19.1	25.4	29.8	+6.9	0.0
13	19.3	25.1	29.7	+6.6	0.0
14	17.9	25.2	30.6	+6.7	0.0
15	17.3	26.3	32.6	+7.8	0.0
16	20.6	27.8	33.6	+9.3	0.0
17	20.2	28.6	35.0	+10.1	0.0
18	20.9	27.0	31.6	+8.5	0.0
19	21.5	26.3	32.0	+7.8	0.0
20	22.5	27.6	33.0	+9.1	0.0
21	21.0	26.3	31.3	+7.8	0.0
22	20.9	28.2	35.2	+9.8	0.0
23	20.3	28.5	36.3	+10.1	0.0
24	20.8	28.7	36.7	+10.3	0.0
25	20.7	28.0	36.0	+9.6	0.7
26	22.1	28.6	37.5	+10.3	0.0
27	17.9	27.5	35.7	+9.2	0.0
28	24.1	30.8	37.5	+12.6	0.0
29	26.0	30.5	38.2	+12.3	0.0

30	22.6	26.6	31.2	+8.4	0.0
31	18.2	25.8	33.2	+7.7	0.0

Табл.3.7 Температурный режим и режим осадков в Москве. Август 2010

Дата	Температура воздуха, °С				Осадки, мм
26	12.8	15.6	18.8	+0.6	5.8
27	13.3	14.5	18.4	-0.3	5.1
2	20.1	28.7	36.9	+10.7	0.0
3	21.0	28.3	34.8	+10.4	0.3
4	24.4	30.2	37.2	+12.3	0.0
5	22.2	29.7	36.6	+11.9	0.1
6	23.5	29.0	37.3	+11.3	0.0
7	20.5	27.3	35.1	+9.7	0.0
8	21.3	28.0	36.1	+10.5	0.0
9	20.4	28.1	35.6	+10.7	0.0
10	19.7	27.0	34.4	+9.7	0.1
11	20.1	27.1	33.6	+9.9	3.7
12	19.7	25.8	31.1	+8.7	0.0
13	18.2	23.8	30.5	+6.8	3.6
14	17.8	24.7	31.5	+7.8	0.0
15	18.3	24.3	31.0	+7.5	0.0
16	19.8	24.1	29.2	+7.5	0.1
17	18.9	22.5	27.4	+6.0	0.6
18	18.6	25.9	33.2	+9.6	0.0
19	18.7	20.9	24.3	+4.7	0.0
20	9.3	13.3	20.1	-2.7	5.0
21	7.9	13.7	19.3	-2.2	0.0
22	8.5	15.3	20.6	-0.4	1.9
23	16.7	19.6	22.8	+4.1	1.9
24	13.6	17.4	21.8	+2.0	1.7
25	17.2	20.2	25.7	+5.0	1.9

28	9.6	12.7	16.1	-1.9	24.6
29	9.2	12.2	14.5	-2.2	2.6
30	7.4	9.1	12.0	-5.1	0.1
31	3.2	9.6	14.8	-4.4	0.0

Из анализа

данных табл. 3.5 – 3.7. можно сделать вывод о том, что, начиная с 20 июня до 20 августа, температура воздуха в Москве была постоянно выше нормы, так же можно увидеть катастрофически маленькое количество осадков в июле и в первой декаде августа. Максимальное отклонение от климатической нормы составило в июле +12.6 °С.

Кроме того, катастрофическое отсутствие осадков и высоких температур привело к тому, что пострадали четырнадцать регионов России. Перечислим их:

Мордовия, Белгородская, Воронежская, Владимирская области, Ивановская, Кировская, Курская, Липецкая области. К этому списку можно добавить Московскую, Нижегородскую, Рязанскую, Тамбовскую, Тульскую и Ульяновскую области. Особо опасным событием в это лето были катастрофические лесные пожары. Дым от этих мощных пожаров накрыл Москву, Нижний Новгород, Тольятти, Рязань, Тамбов, Владимир и ряд других крупных городов России. Даже дома горели на окраинах городов. К первому августа в средней полосе России сгорело 1875 домов. По данным Минсельхоза на 15 июля, посевы погибли на 9,6 млн. гектаров из 48 млн. гектаров засеянных площадей. Как отмечал тогдашний президент Российского зернового союза Аркадий Злочевский, «погибло 20% от общей площади посевов на территории России. В засушливых регионах этот показатель составляет 30%, а в отдельных районах, например, в Башкирском Зауралье, гибель сельскохозяйственных культур достигает 90%.»

Остановимся теперь на описании данного антициклона с помощью карт, представленных сайтом [14]. На Рис.3.5 представлена карта приземного давления и АТ-500 за 12 июня 2010 года. Из анализа данной карты видно, что

уже начинает формироваться блокирующий гребень.

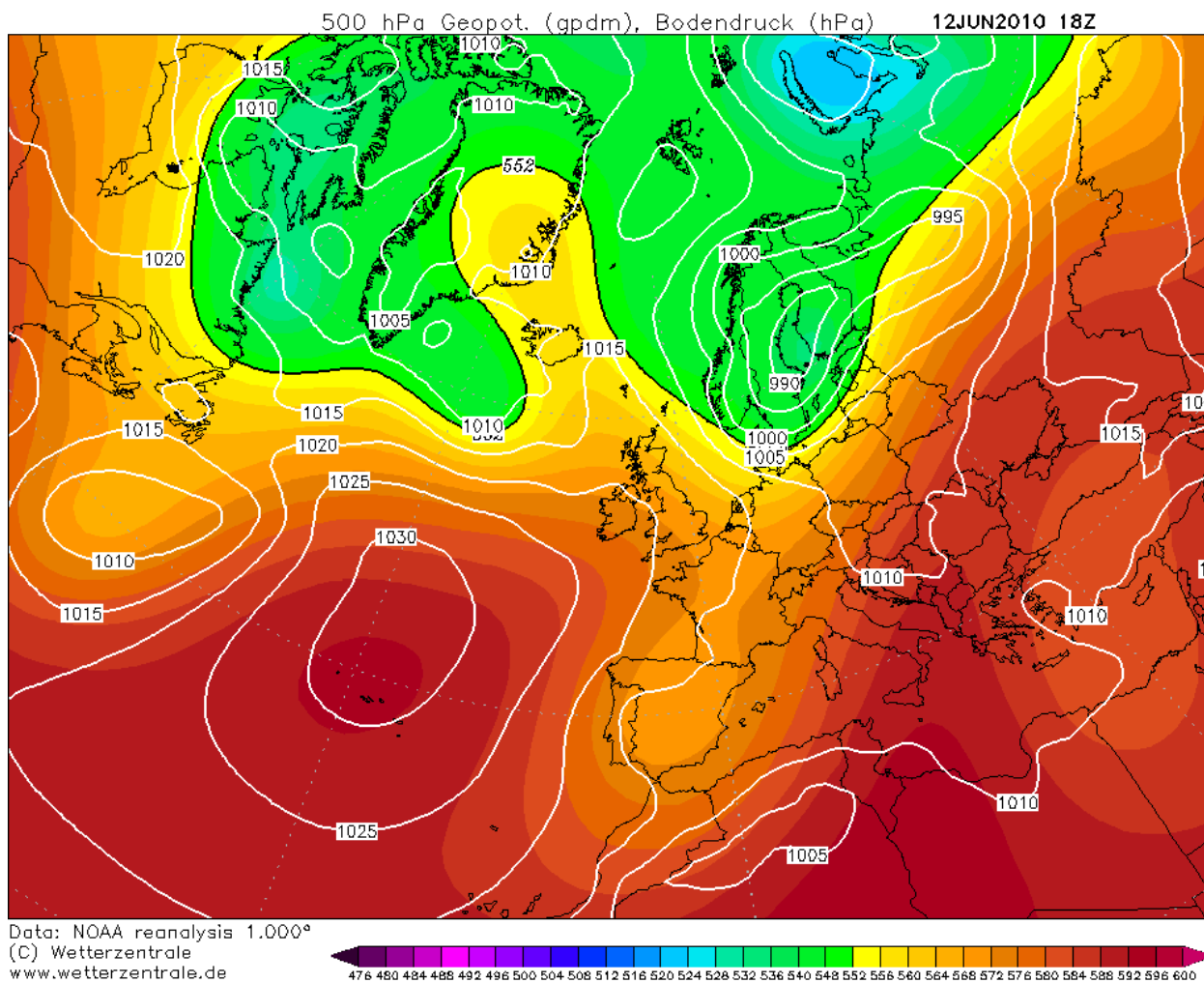


Рис.3.5. Карта приземного давления и изогипсы АТ-500 за 12 июня 2010 года.

Центр антициклона расположен у Азорских островов. Давление в центре более 1030 гПа. Ось гребня направлена на северо-северо запад. Давление на оси -1015 гПа. Второй антициклон, или, лучше сказать, область повышенного давления захватывает практически вся Восточную и Западную Европу, Британские острова, Южный и Приволжский федеральные округа. Над северо-западом ЕТР и над Скандинавией господствует циклон, с давлением в центре 990 гПа. Далее этот гребень начинает усиливаться. Он распространяется вплоть до берегов Гренландии, захватывает уже и Британские острова, и Северную Атлантику. Но на севере ЕТР и над Скандинавией вплоть до 16 июня наблюдалась область пониженного давления. А начиная с 18.00 16 июня уже и Скандинавский полуостров, и

север ЕТР находился в области повышенного давления. Такое синоптическое положение отмечалось вплоть до конца июня.

Рассмотрим теперь июль месяц. Синоптическая ситуация, которая сложилась в конце июня, продолжалась и до конца июля. На рис.3.6. представлена карта приземного давления и геопотенциала АТ-50 за 22 июля 2010 года.

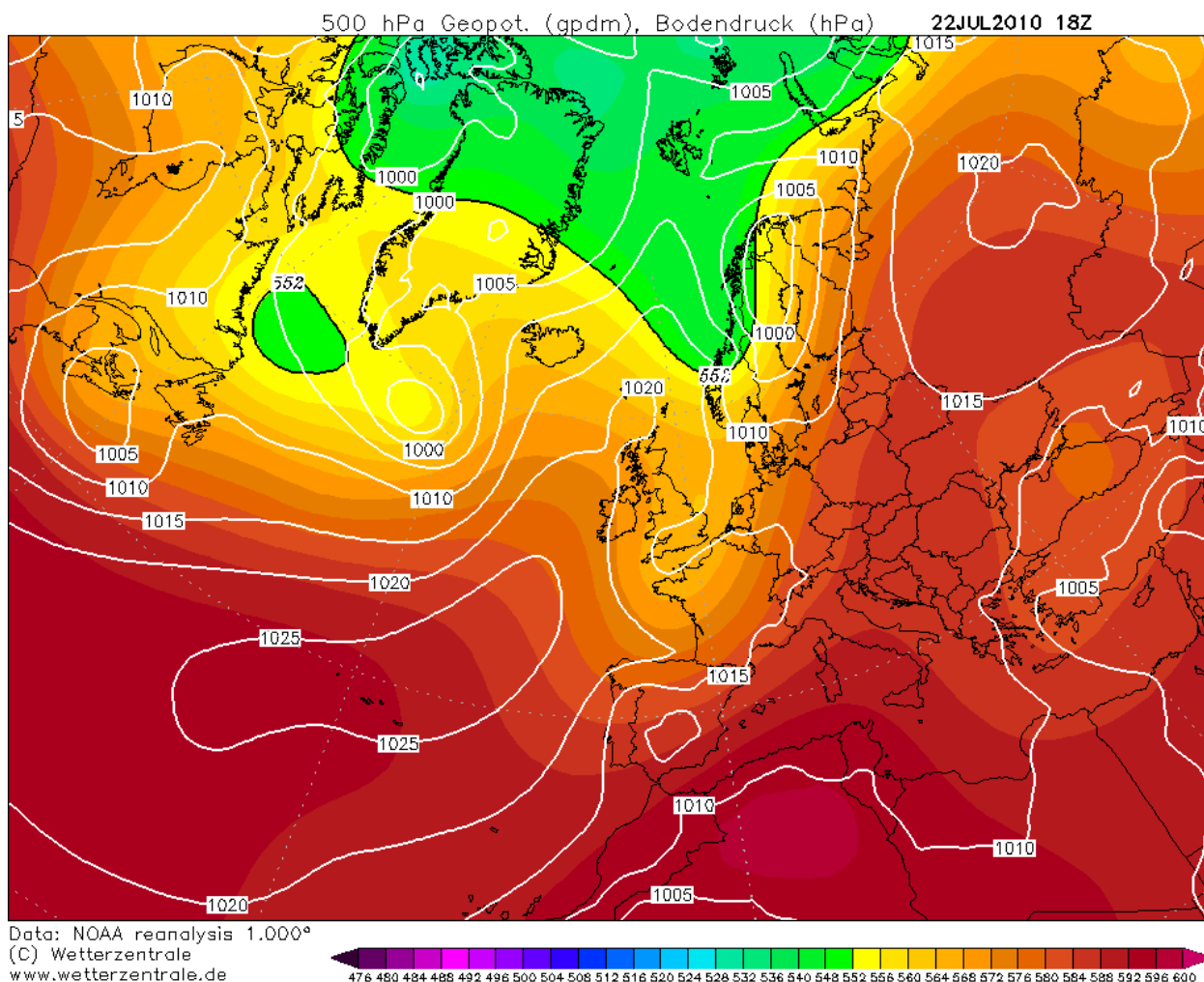


Рис.3.6. Карта приземного давления и изогипсы АТ-500 за 22 июля 2010 года.

Как видно из рис. 3.6. практически вся область Восточной и Западной Европы вплоть до Урала находится во власти области повышенного давления. Как отмечается в [13], в августе, в первых двух декадах, еще можно было отметить блокирование ЕТР антициклоном. И только в третьей декаде на территорию ЕТР стали постепенно проникать циклоны с Атлантики. (см. рис.3.7)

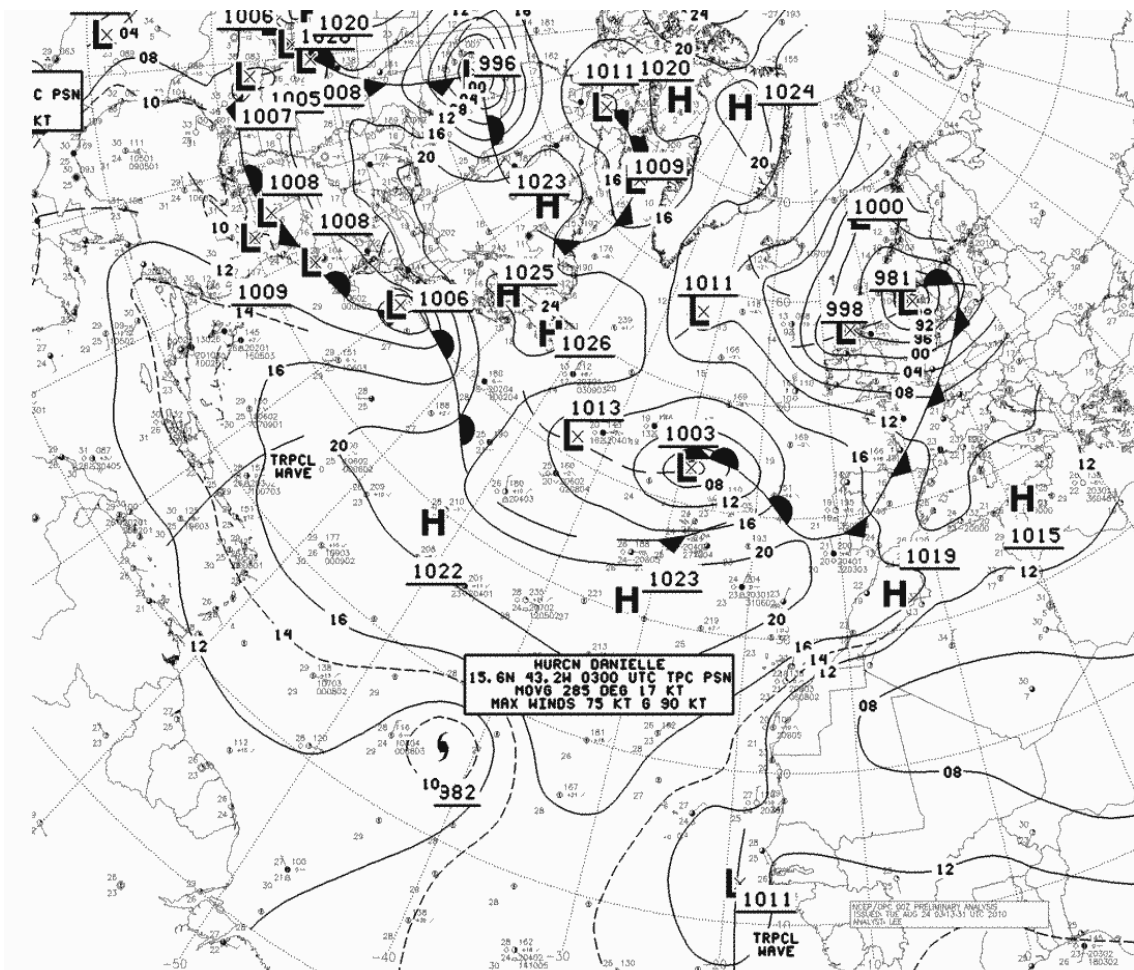


Рис.3.7. Приземный анализ за 24 августа 2010.

Отмечалась адвекция холода в тылу циклонов. Однако существенный прогрев атмосферного воздуха в первые две декады августа определил значительные положительные аномалии среднемесячной температуры воздуха над центром ЕТР.

Как говорилось выше, явление Ла-Ниньо могло усилить меридиональность циркуляции. Проанализируем холодные и теплые эпизоды ЭНЮК за 2010 год. В табл. 3.8 представлены холодные и теплые эпизоды по сезонам. Теплый (красный) и холодный (синий) периоды, с пороговым значением $\pm 0,5$ оС для индекса океанического Ниньо (ONI) [3-месячное среднее значение аномалий в регионе Ниньо 3,4 (5oN-5oS, 120o-170oW)], стандартизированные к центрированным 30-летним базовым периодам, обновляемым каждые 5 лет. [12]. Как показали данные таблицы 3.8. все полугодие (начиная с июня месяца и до января)

отмечалось явление ЛА-Ниньо. Причем, отрицательные значения по модулю были достаточно велики.

Табл.3.8.

Холодные и теплые периоды ЭНЮК

год	дяф	яфм	фма	мам	ами	мии	ииа	иас	асо	сон	онд	ндя
2010	0.5	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.9	-1.1

Примечание: месяца названы по своим начальным буквам (дяф - декабрь, январь, февраль)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении можно сделать основные выводы по Выпускной квалификационной работе.

1. Нарушая западно-восточный перенос и препятствуя зональному перемещению циклонов, блокирующие системы вызывают резкие аномалии метеорологических величин на больших территориях.
2. Летом в условиях возникает тип циркуляции, при котором в одном регионе наблюдается сухая и жаркая погода, а в других районах выпадают интенсивные осадки.
3. Самая жестокая засуха в средней полосе России летом 1972 года. Лето 1972 года было на всей европейской части России небывало жарким и засушливым. В некоторых районах областей центра России не выпало практически ни капли осадков. От такого стихийного бедствия пострадали районы Поволжье, Центральные и Северо-Западные регионы, тогда еще, РСФСР. Не пощадила засуха районы Урала, Украины и Казахстана.
4. Сумма осадков в Москве составляло всего 82 мм, из них 62 мм выпало в июне. Такое экстремально малое количество осадков в средней полосе России наблюдается раз в сто лет.
5. Экстремально засушливое лето, скорее всего, связано с тем, что за июнь – август гребень высокого давления охватил почти большую часть Европы – от Скандинавии до Экватории Каспийского моря. Скорее всего блокинг 1972 год относится к типу - «гребень с антициклональным сдвигом ветра».
6. Блокирующая ситуация летом 2010 года обусловлена нехарактерными для атмосферы процессами передачи энергии от волн синоптического масштаба длинным (до 10 000 км) волнам, опрокидыванием волн Россби, формированием очагов положительных аномалий температуры поверхности в Северной Атлантике (в районах Гольфстрима и Лабрадорского течения) и Арктическом бассейне, а также явлением Ла-Нинья.

7. Аномальная жара в июле 2010-го затронула почти все регионы ЦФО, часть регионов Приволжского федерального округа, Санкт-Петербург и Вологодскую область на северо-западе.
8. Блокирующий антициклон лета 2010 года просуществовал рекордный по продолжительности период –55 дней до конца первой декады августа. Это значительно превышает длительность похожей синоптической ситуации лета 1972 года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология [Текст] /. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991г. – 616 с.
2. Зверев А.С. Синоптическая метеорология [Текст] /. - Л.: Гидрометеоиздат, 1977г. – 711 с.
3. Недострелова Л.В. Классификация блокирующих антициклонов. Международный научный журнал «Символ науки». 2015.-№8. С. 315-316
4. Аристов Н.А. Исследование квазистационарных антициклонов, характерных для естественных синоптических периодов // Труды ЦИП. – 1949. – Вып. 19(46). – С. 3-81.
5. Борисова Е.И., Хазова О.Н. Повторяемость некоторых типов стационарных антициклонов // Труды ЦИП. – 1957. – Вып. 56. – С. 31-70.
6. Кивганов А.Ф., Голощак О.П. Антициклоны восточной Европы// Метеорология, климатология и гидрология. – 1998. – Вып. 35. – С. 81-89. Pelly J.L. and Hoskins B.J. A new perspective on blocking // J. Atmos. Sci. – 2003. – Vol. 60. – № 3. – P. 743-755.
7. Tyrlis E. The morphology of Northern Hemisphere blocking // Journal of the Atmospheric Sciences. – 2008. – Vol. 65, No. 5. – P. 1653-1662.
8. Thorncroft C.D. Two paradigms of baroclinic-wave life-cycle behaviour // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. – 1993. – Vol. 119. – P. 17-55.
9. В. П. Садоков, В. Ф. Козельцева, Н. Н. Кузнецова. Анализ летних засух 1972, 1975, 1984 и 2002 г .
10. Кац А.Л. Необычное лето 1972 года.-Ленинград:Гидрометеоиздат, 1973.-57 с.
11. Сайт <https://timewek.ru/?sID=77>
12. <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml>
13. <https://meteoinfo.ru/news/1-2009-10-01-09-03-06/3376-10112010-1-r>

14. <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2020&maand=3&dag=20&uur=000&var=1&map=1&model=avn>