



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 «Анализ циклонов, ныряющих с акватории Баренцева моря»

Исполнитель **Петрова Анна Юрьевна**
(фамилия, имя, отчество)

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

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)
кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Анискина Ольга Георгиевна
(фамилия, имя, отчество)

«25» июня 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Содержание.

Введение.....	4
1. Циклогенез.....	
1.1. Определение циклона и терминология	5
1.2. Классификация циклонов.....	11
1.3. Условия возникновения внетропических циклонов.....	14
1.4. Эволюция внетропических циклонов.....	17
1.5. Регенерация циклонов.....	26
1.6. Тропические циклоны.....	27
2. «Ныряющие» циклоны.....	
2.1. Определение «ныряющих» циклонов.....	29
2.2. Условия формирования «ныряющих» циклонов.....	30
2.3. Траектории движения «ныряющих» циклонов.....	31
2.4. Синоптическая ситуация при прохождении «ныряющего» циклона.....	35
2.5. «Ныряющие» циклоны над морями ЕЧР.....	36
3.0. Анализ «ныряющих» циклонов.....	
3.1. Анализ «ныряющих» циклонов на территории ЕТР.....	39
3.2. Архив данных случаев «ныряющих» циклонов.....	62
Заключение.....	66
Список использованной литературы.....	68
Приложение.....	69

Сокращения.

ВКР – выпускная квалификационная работа

ВФЗ – высотная фронтальная зона

ЕЧР – Европейская часть России

ЕЧС – Европейская часть страны

Введение.

Циклоны с траекторией движения на северо-запад принято называть «ныряющими». С их приходом наблюдаются резкие изменения погодных условий, которые могут приводить к режиму чрезвычайной опасности, поэтому необходимо уметь прогнозировать их траекторию движения. Но выявить момент их движения на северо-запад с морей Европейской части России (ЕЧР) затруднительно. Для решения этой проблемы предполагается, во-первых, выявить признаки, по которым можно отличить формирование «ныряющих» циклонов от других. Во-вторых, выявить признаки, по которым можно прогнозировать движение «ныряющих» циклонов на северо-запад.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

В первой главе предполагается рассмотреть классификации циклонов, условия возникновения внетропических, тропических циклонов и стадии их развития.

Во второй главе ВКР рассматриваются условия формирования «ныряющих» циклонов, их траектории движения, изменения условий погоды при прохождении, а также их формирование над морями Европейской части России (ЕЧР).

В третьей главе проведен анализ условий формирования и траекторий движения «ныряющих» циклонов при помощи синоптических карт.

1. Циклогенез.

Циклогенез, процесс возникновения и развития циклона.

1.1. Определение «циклона» и терминология.

Термин «циклон» определяется как область пониженного давления с замкнутыми изобарами (изогипсами). Но понятие «циклон», как синоптический объект, имеет более широкий смысл. Это прежде всего атмосферный вихрь с особой циркуляцией, специфической структурой полей метеорологических величин, сопровождающийся определенными погодными условиями. Поэтому эти вихри являются «носителями погоды», в связи с чем прогноз их эволюции и перемещения необходим для важнейшего этапа синоптического способа краткосрочного прогноза погоды.

Обычно барические образования имеют одну точку с экстремальным значением давления. Такие циклоны называются одноцентровыми. Но иногда можно наблюдать в барическом образовании несколько точек с относительно низким давлением. Такие циклоны называются многоцентровыми.

Два циклона, которые объединены общими изобарами, и имеют примерно одинаковую глубину называются сопряженными. Когда один из них меньше в размере и давление в его центре выше по сравнению с другим, то такой циклон называют вторичными или частным, а сопряженный с ним циклон – основным.

Понятие «горизонтальная ось симметрии» используется при характеристике отдельных циклонов. При разных видах изобар (изогипс) выделяют разную горизонтальную ось симметрии. При круговых изобарах (изогипсах) горизонтальная ось симметрии представляет собой диаметр изобары (изогипсы). При эллиптических изобарах (изогипсах) выделяют две горизонтальные оси симметрии – большую и малую (рис.1.1.1 а). [1, с. 325]

Пространственная ось циклона к горизонту наклонена под небольшим углом (рис.1.1.1б). Также эта ось может быть криволинейной. Точно определить этот угол трудно, так как в вертикальном и горизонтальном масштабах циклона есть существенные различия. Барические образования на синоптической карте обычно определяют с точностью до ± 50 км, поэтому при угле наклона пространственной

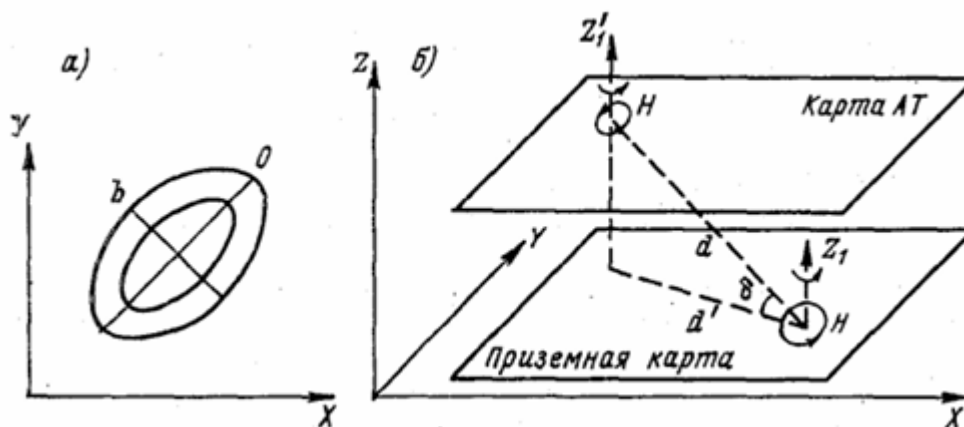


Рис. 1.1.1 - Оси барических систем [1,с. 325]

Погода на территории нашей страны неустойчива. Особенно это проявляется в Европейской части России (ЕЧР). Это происходит из-за того, что встречаются разные воздушные массы: теплые и холодные. Воздушные массы отличаются по свойствам: температуре, влажности, запыленности, давлению. Атмосферная циркуляция позволяет воздушным массам перемещаться из одной части в другую. Там, где соприкасаются разные по свойствам воздушные массы, формируются атмосферные фронты.

Атмосферные фронты наклонены к поверхности Земли, их ширина достигает от 500 до 900 км, а в длину они простираются на 2000-3000 км. Во фронтальных зонах возникает поверхность раздела двух типов воздуха: холодного и теплого. Такая поверхность называется фронтальной. Как правило, эта поверхность наклонена в сторону холодного воздуха – он как более тяжелый

располагается под ней. А теплый воздух, более легкий, располагается над фронтальной поверхностью.

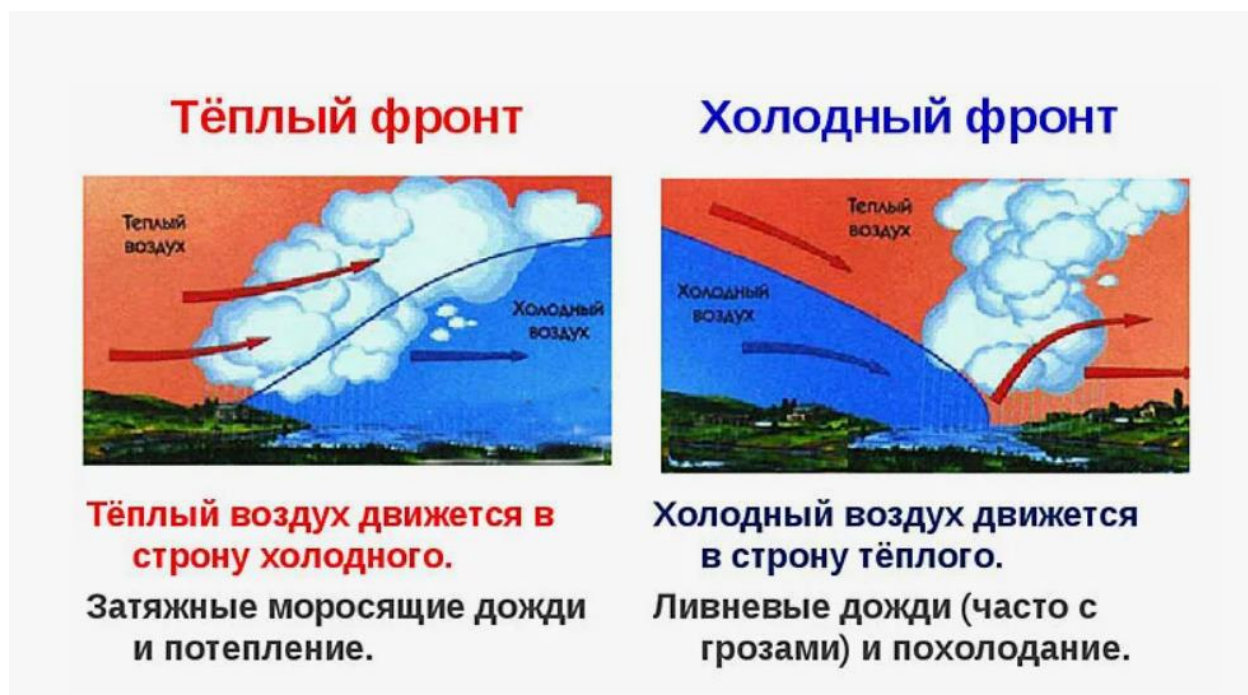


Рис. 1.1.2. - Атмосферные фронты.

Теплый воздух, как более легкий, поднимается вверх. Поднимаясь, он охлаждается, насыщается водяными парами. В нем образуются облака и выпадают осадки. Поэтому прохождение атмосферного фронта всегда сопровождается выпадением осадков.

В зависимости от направления перемещения, движущиеся атмосферные фронты подразделяются на теплые и холодные. Теплый фронт образуется при натекании теплого воздуха на холодный. Линия фронта при этом перемещается в сторону холодного воздуха. После прохождения теплого фронта наступает потепление. Теплый фронт образует сплошную полосу облаков длиной в сотни километров. Идут затяжные морозящие дожди, и наступает потепление. Подъем воздуха при наступлении теплого фронта происходит более медленно по сравнению с холодным фронтом. Предвестником приближающегося теплого

фронта служат образующиеся высоко в небе перистые и перисто-слоистые облака.

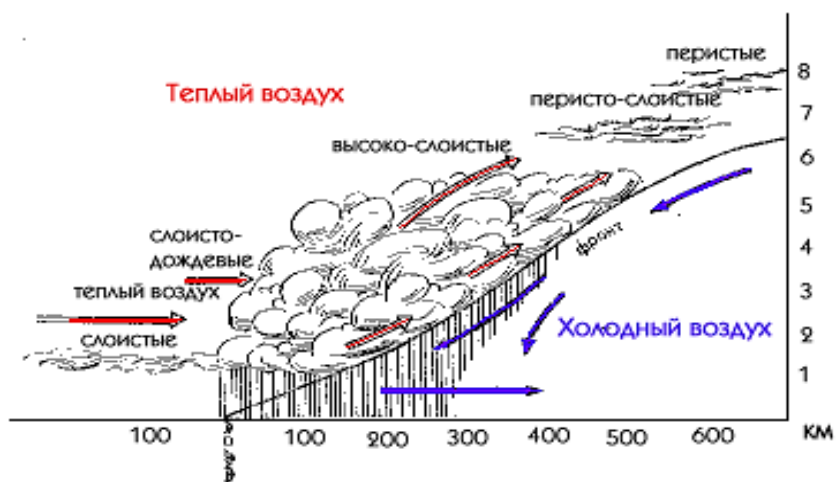


Рис. 1.1.3. - Теплый атмосферный фронт.

Холодный фронт образуется при подтекании холодного воздуха под теплый, при этом линия фронта перемещается в сторону теплого воздуха, который вытесняется вверх. Как правило, движется холодный фронт очень быстро. Это вызывает сильные ветры, обильные, часто ливневые осадки с грозами, а зимой метели. После прохождения холодного фронта наступает похолодание.

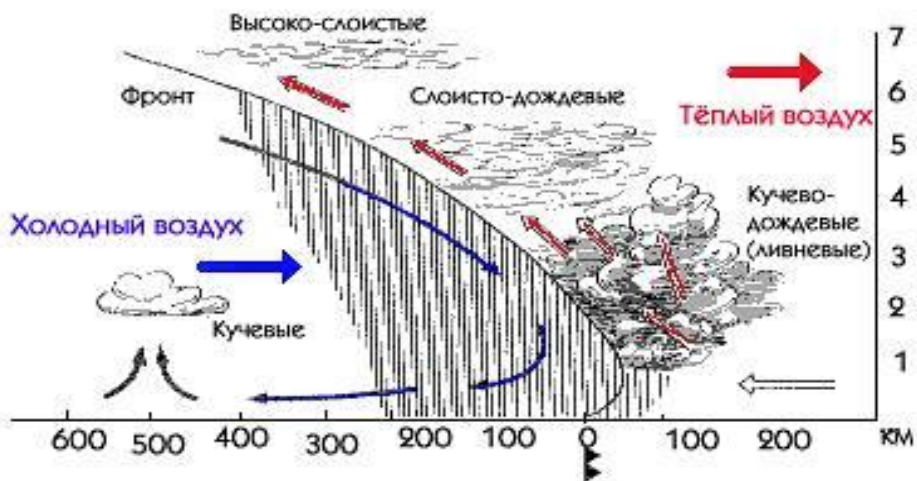


Рис. 1.1.4. - Холодный фронт.

Атмосферные фронты бывают стационарными и движущимися. Если воздушные потоки не перемещаются ни в сторону холодного, ни в сторону теплого воздуха вдоль линии фронта, такие фронты называются стационарными. Если воздушные потоки имеют скорость перемещения, перпендикулярную линии фронта, и перемещаются либо в сторону холодного, либо в сторону теплого воздуха, такие атмосферные фронты называются движущимися. Атмосферные фронты возникают, движутся и разрушаются примерно за несколько дней. Роль фронтальной деятельности в формировании климата более ярко выражена в умеренных широтах, поэтому для большей части России характерна неустойчивая погода. Самые мощные фронты возникают при соприкосновении основных типов воздушных масс: арктических, умеренных, тропических.

Циклон — это атмосферное возмущение с пониженным давлением воздуха, диаметр которого колеблется от тысячи до нескольких тысяч километров. В центре циклона давление воздуха минимальное по сравнению с окружающими районами. Образующийся вихрь имеет различное направление вращения: в циклоне северного полушария — против часовой стрелки, в южном полушарии — по часовой стрелке. Циклоны бывают глубокие, которые несут значительные ухудшения погоды, и неглубокие, которые лишь изменяют характер погоды, не вызывая опасных явлений погоды. По географическому району возникновения различают внетропические и тропические циклоны.

Циклон в течение своего жизненного цикла проходит несколько стадий.

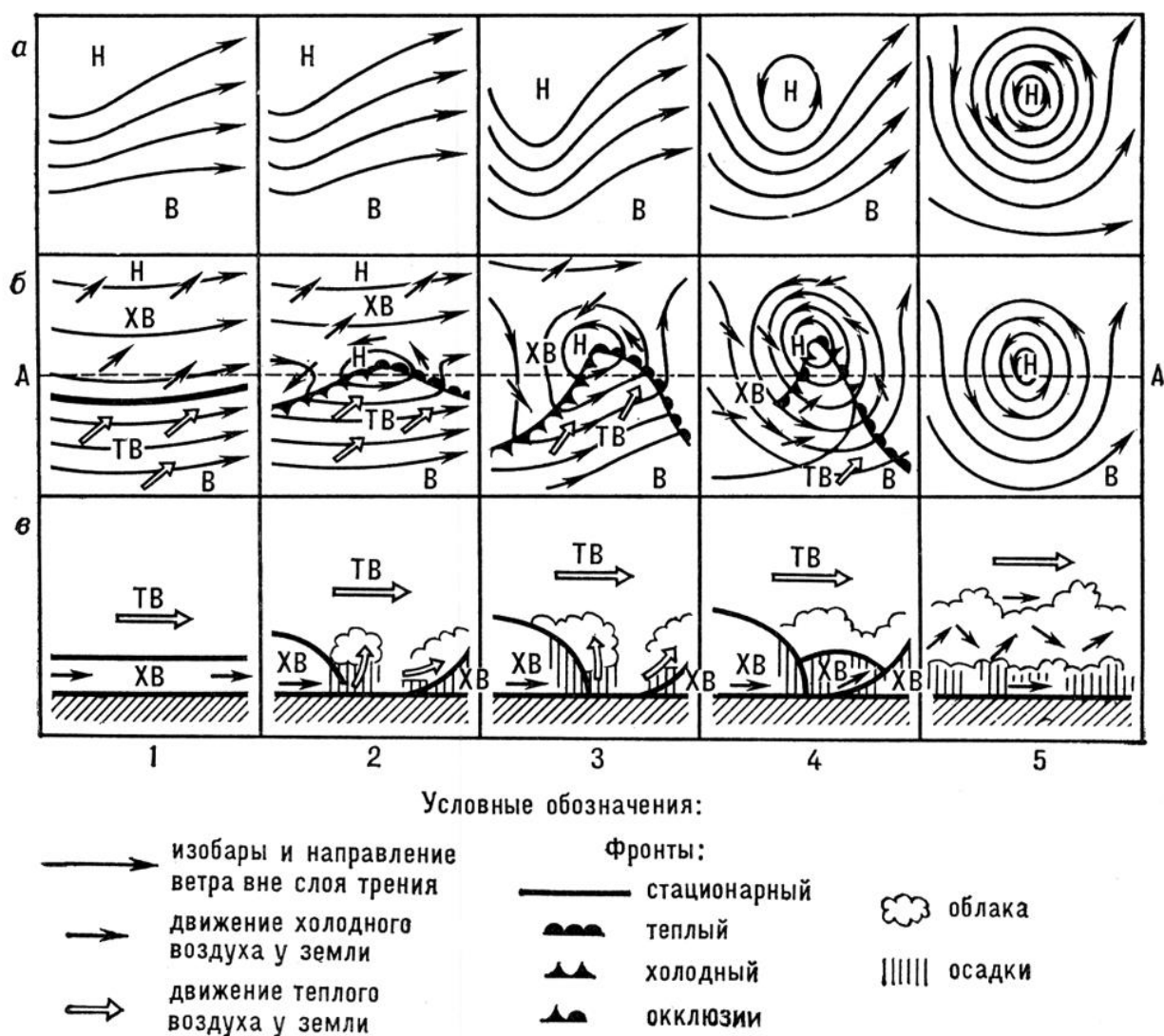


Рис. 1.1.5. - Схема развития циклона.

Первый импульс к образованию циклона является перепад в скорости ветра. Когда рядом друг с другом перемещаются две воздушные массы, имеющие разную скорость и разную температуру, то на разделяющей их фронтальной поверхности происходит деформация. Холодный воздух смещается к югу, вытесняя часть теплого воздуха, который начинает двигаться на север. На линии фронта образуется волна, которая впоследствии может развиваться в молодой циклон. Обычно циклон, возникающей у поверхности земли, в процессе развития

начинает прослеживаться на высотах и постепенно превращается в мощный тропосферный вихрь. Следующей стадией циклона является его разрушение.

Средняя скорость перемещения молодых циклонов составляет 40-50 км/час, в отдельных случаях увеличиваясь до 100 км/час. На поздней стадии развития скорость циклонов резко уменьшается.

В молодых циклонах различают переднюю часть, тыловую часть и теплый сектор. Погода в разных частях циклона отличается друг от друга.

В передней части циклона погода определяется свойствами теплого фронта: перед фронтом образуется мощная система облаков, идут дожди обложного характера, давление быстро падает, в глубоких циклонах отмечаются сильные ветры восточной составляющей. Воздух холодный, но теплее, чем в тыловой части циклона.

Тыловая часть циклона расположена за холодным фронтом. Она является обычно самой холодной. Дожди в основном носят ливневой, кратковременный характер. Прохождение холодного фронта нередко сопровождается грозами и шквалистым ветром, а также градом. Преобладают штормовые ветры северных направлений. Давление в этой части циклона растет, а температура резко понижается, наблюдаются прояснения.

Теплый сектор циклона — это зона, заключенная между теплым и холодным фронтами, содержащая теплый воздух. Летом в этом секторе при прояснениях бывает просто жарко, зимой отмечаются оттепели. В этой зоне обычно не бывает очень сильных ветров, ослабевает падение давления, уменьшается интенсивность осадков, часто отмечается морсящий дождь и туман.

1.2. Классификация циклонов.

Существует большое число признаков, по которым можно классифицировать циклоны. К таким признакам можно отнести широтную зону или географический район возникновения барического образования, место вхождения этого образования на территорию района, связь с фронтальными разделами, степень развития по вертикали, особенности структуры термобарического поля, скорость и направление движения.

По широтной зоне возникновения циклоны делятся на внетропические и тропические.

В качестве характеристики конкретных циклонов, используется наименование географического района возникновения или вхождения на территорию региона. Например, средиземноморский циклон, мургабский циклон — по месту возникновения; охотский циклон — по месту вхождения на территорию СССР.

По связи с фронтальными разделами все циклоны могут быть *фронтальными*, образование которых связано с фронтами, и нефронтальными. К нефронтальным циклонам относятся тропические и термические (местные), возникающие летом над сушей при сильном прогреве воздуха от подстилающей поверхности. Внетропические циклоны по большей части являются фронтальными. На основных фронтах, имеющих большую горизонтальную протяженность, обычно возникает несколько циклонов, следующих один за другим. Совокупность этих циклонов, образовавшихся на одном и том же фронте, называют серией циклонов. В тылу каждого такого циклона при вторжении холодного воздуха образуется область повышенного давления, иногда оформленная в виде барического образования с замкнутыми изобарами — антициклона, а иногда она представляет собой гребень. Серия циклонов связана с повторяющимся волнообразованием на главном фронте. Первый в этой серии обычно является наиболее «старый», окклюдированный циклон, а последним перемещается более «молодой» циклон. При вторжении холодного

воздуха в тылу каждого такого циклона образуется зона повышенного давления. Иногда эта зона может быть представлена в виде антициклона, а иногда в виде гребня. Эти образовавшиеся барические образования с повышенным давлением называют промежуточными антициклонами. Обычно они локализуются за линией холодного фронта, который, как правило, в промежутках между циклонами одной серии выражен хорошо. Антициклон, который сформировался в тылу последнего циклона серии может перемещаться на большее расстояние. Такие антициклоны называются заключительными. Антициклоны в тылу циклонов внутри серии не имеют возможности перемещаться на такие расстояния. Заключительные антициклоны часто сопровождаются понижением температуры, а в переходные сезоны – заморозки.

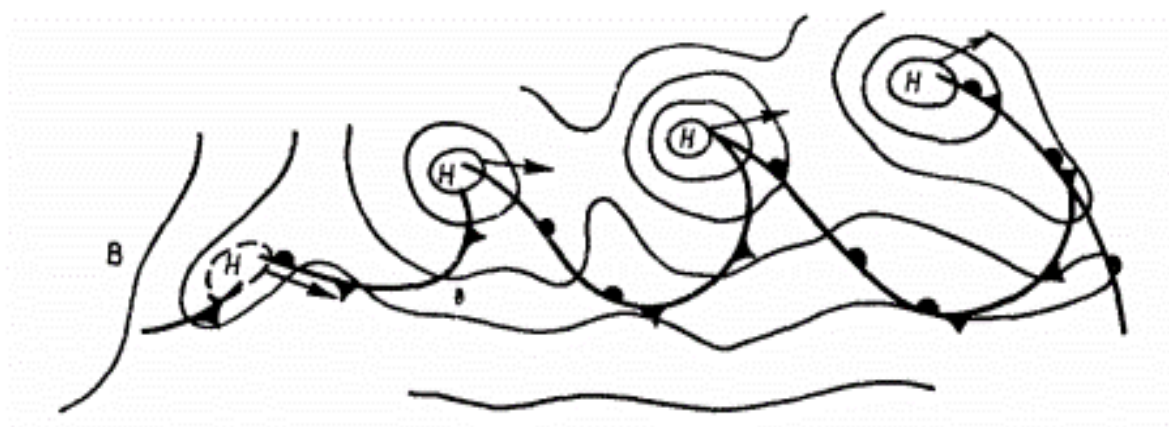


Рис.1.2.1. - Схема циклонической серии на приземной карте. [1, с. 357]

При характеристике интенсивности к циклонам применяют термины: «глубокий циклон» - вихрь с несколькими замкнутыми изобарами; «неглубокий циклон» - при давлении в центре на 5–10 гПа ниже, чем на периферии, «заполняющийся циклон» - при повышении давления в центре; «углубляющийся циклон» – при понижении давления в центре.

По степени развития по вертикали циклоны делят на низкие, средние и высокие. Низкими барические образования считаются, когда его изобары имеются на приземной карте погоды, а замкнутые изогипсы не выше, чем на

карте АТ850. Средние барические образования имеют замкнутые изогипсы от поверхности Земли до изобарической поверхности 700гПа, а выше замкнутых изогипс нет. Высокие барические образования имеют замкнутые изогипсы до изобарической поверхности 300гПа и выше, т.е. на всех тропосферных уровнях.

Барические образования могут быть классифицированы как штормовые, когда во внетропических циклонах давление в центре бывает очень низким, что приводит к формированию в их области полей ветра с высокими скоростями.

К классификации «сухих» циклонов относятся некоторые барические образования, в которых отсутствует специфическая фронтальная облачность и не выпадают осадки. Это происходит из-за низкой влажности воздуха.

По перемещению циклоны классифицируют на стационарные, малоподвижные и подвижные. Барические образования, смещающиеся со скоростью менее 5 км/ч считаются стационарными, со скоростью 5 – 10 км/ч - малоподвижными, со скоростью более 10 км/ч – подвижными.

По направлениям перемещения циклоны делят по сторонам горизонта: северные, южные, западные и восточные. Чаще все перемещение циклонов, особенно над океанами, происходит с юго-запада и запада на северо-восток и восток. Реже наблюдается перемещение циклонов с севера на юг и с юга на север. Движение циклонов с востока на запад встречается очень редко и считается аномальным. [1, с. 329]

1.3. Условия возникновения внетропических циклонов.

В условиях неоднородного нагревания воздуха от подстилающей поверхности возникают термические (местные) циклоны. Происходит это в обширных географических районах со сравнительно однородным рельефом и состоянием подстилающей поверхности, соизмеримой с площадью циклонов внетропических широт. Летом термические циклоны могут возникать над степями Казахстана и пустынями Средней Азии, так как подстилающая поверхность в центральной части и по краям нагревается неравномерно. В

результате возникновения в центральной части устойчивых восходящих движений, падает давление. Зимой местные циклоны возникают над теплыми морями.

В условиях малоградиентного поля возникает замкнутая циклоническая циркуляция. На приземной карте погоды она выглядит в виде замкнутой изобары. После появления первой замкнутой изобары завершается внешнее оформление термического (местного) циклона.

Так как у местного циклона термическое происхождение, то в его интенсивности появляется суточный ход, который следует за тепловым состоянием подстилающей поверхности под ним и на окружающей территории.

Поэтому в некоторых случаях термический циклон, имеющий одну замкнутую изобару, ночью не наблюдается, а на следующий день опять появляется на приземной карте погоды.

Термический циклон превращается во фронтальный, когда в его систему циркуляции вовлечен атмосферный фронт. Также фронтальные циклоны возникают, когда в зоне фронта появляется замкнутая циклоническая циркуляция.

Чаще всего циклоны в начальной стадии развития возникают и переходят в стадию молодого циклона под передней частью высотной ложбины. Около оси ложбины, особенно в том месте, где быстро убывает циклоническая кривизна вдоль потока, чаще всего наблюдаются циклоны в своей начальной стадии развития. Углубляющиеся циклоны чаще всего расположены под средним участком передней части ложбины. Циклоны в максимальной стадии развития или заполняющиеся чаще всего расположены там, где наблюдается переход к антициклонической кривизне изогипс.

Фронтальные циклоны чаще всего образуются в области медленно смещающихся холодных фронтов. Участок фронта, который расположен в передней части возникающего циклона, имеет характер теплого фронта, а в тылу

циклона наблюдается адвекция холода (рис.1.7.1.а). Редко циклоны образуются на теплых фронтах (рис. 1.7.1.б), так как в тылу возникающего циклона находится уже прогретый холодный воздух и не всего имеется достаточно хорошо выраженная для циклогенеза адвекция холода. При возникновении циклона на теплом фронте участок фронта, который расположен в тыловой части образующегося циклона, меняет свое направление движения. По той же причине, что и у циклонов, возникший на теплых фронтах, редко развиваются циклоны, возникшие в точке окклюзии (рис. 1.7.1.в). [1, с. 348]

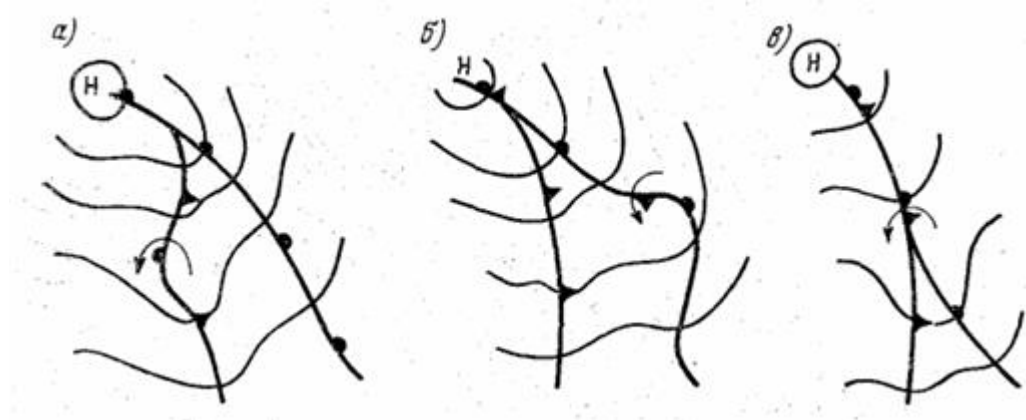


Рис. 1.3.1. - Схемы возникновения циклонов.

Основной отток воздуха при углублении циклона происходит выше 10 км. Остальной отток воздуха происходит в слое от 0 до 5 км. Поэтому опережающее возникновение замкнутой циклонической циркуляции у земной поверхности рассматривают как интегральный эффект процессов, которые происходят в пределах тропосферы и нижней стратосферы.

Вовлечение во вращательное движение очень больших воздушных масс приводит к развитию циклона как крупного атмосферного вихря. В среднем циклон радиусом 500 км и высотой 5 км циркулирует около $4 \cdot 10^{12}$ т воздуха. Поэтому циклон развивается только в тех частях атмосферы, где есть достаточные для развития энергетические запасы.

Во внетропических широтах максимальное количество доступных энергетических запасов (потенциальной и кинетической энергии) сосредоточено

в областях высотных фронтальных зон и струйных течений. В пределах этих синоптических объектов возникают фронтальные циклоны.

1.4. Эволюция внетропических циклонов.

В процессе изменения внетропический циклон достаточно сильно испытывает качественные изменения, которые проявляют себя в структуре термобарического поля и погодных условиях. Поэтому развитие циклона разделяют на ряд стадий. Переход внетропического циклона из каждой стадии происходит постепенно. Определить четко выраженные границы изменения циклона из одной стадии в другую тем более сложно, так как возможности непрерывного отслеживания барического образования отсутствуют. Стадии развития циклона отражают основные закономерности изменения термобарического поля тропосфере и, в последствии, связанные с ними изменения погодных условий. Следует отметить, что циклоны имеют свойство «перескакивать» некоторые стадии развития. После своего возникновения, он может сразу заполниться. Поэтому определение тенденции в развитии образовавшегося циклона является одной из самых трудных задач.

Полный цикл развития внетропического циклона состоит из четырех стадий:

1. Стадия возникновения или начальная стадия. Эта стадия начинается с появления первых признаков образования замкнутой циклонической циркуляции и продолжается до ярко выраженного появления замкнутой изобары, кратной 5 гПа.

2. Стадия углубления циклона или стадия молодого циклона. Начинается эта стадия с появления первой замкнутой изобары на приземной карте погоды и заканчивается на прекращении интенсивного углубления барического образования.

3. Стадия максимального развития. На этой стадии в центре циклона давление изменяется незначительно.

4. Стадия заполнения. Эта стадия начинается со значительного роста давления в центре циклона и заканчивается на полном исчезновении замкнутой циклонической циркуляции.

Как фронтальный циклон, так и термический включает в себя полный цикл развития. Стоит отметить, что для фронтальных циклонов часто используется деление на стадии, которые основаны на особенностях структуры фронтальных разделов в их области. В этом случае выделяют три стадии развития:



Рис. 1.4.1. – Положение оси струйного течения и центра циклона в разных стадиях развития. [1, с. 350]

а). Стадия волны. На этой стадии появляется волновое возмущение на фронте и далее можно наблюдать оформление циклона на приземной синоптической карте замкнутой изобары, кратной 5 гПа.

б). Стадия молодого циклона. Стадия начинается с появления первой замкнутой изобары и заканчивается на процессе окклюдирования.

в). Стадия окклюдирования циклона. После процесса окклюдирования начинается эта стадия и заканчивается с момента полного исчезновения замкнутой циклонической циркуляции.

Первые две стадии по определению одинаковы, а стадии окклюдированного циклона включает в себя период максимального развития циклона и стадии заполнения. Поэтому, когда описывают эволюцию фронтального циклона, то используют терминологию двух циклов развития. При описании эволюции термического циклона возможно использовать только терминологию первого подхода к циклу развития.

В стадии возникновения фронтального циклона на приземной линии фронта появляется волнообразный изгиб. Его возникновение связано с образованием замкнутой циклонической циркуляции на данном участке местности. Давление, соответственно, около вершины волны фронта падает. Также над волной на синоптических картах АТ700 и АТ500 над волной наблюдается зона сгущения изогипс в средней тропосфере. Ось струйного течения проходит на расстоянии 200-300 км от вершины волны и расположена примерно параллельно линии фронта. От холодного и теплого фронта ось струйного течения расположена примерно на расстоянии 300-400 км. Самая высокая вероятность образования циклона – справа от оси струйного течения.

В тыловой части волны наблюдается адвекция холода, а в передней части – адвекция тепла. Вблизи вершины волны расположена линия нулевой адвекции. В связи с таким распределением адвекции термический фактор обуславливает падение давления перед теплым фронтом и рост давления за холодным фронтом. Вершина волнового возмущения расположена под дельтой высотной фронтальной зоны. Поэтому адвекция положительного вихря скорости создает все условия для развития и усиления циклонической циркуляции и понижения давления. С динамикой циклонической циркуляции растет и скорость фронтальных упорядоченных восходящих движений. Это приводит к уплотнению и деформации облачного покрова, связанного с фронтом. На спутниковых снимках можно наблюдать, что до появления волнового возмущения фронтальная облачность представляет собой ровную полосу без выраженных изгибов, а после появления волны происходит деформация облачности. Таким образом, перед теплым участком фронта из-за восходящего движения теплого воздуха развиваются процессы образования облачности. В результате этого, облачность уплотняется, а облачная полоса становится шире. А вот в тылу волны облачная полоса наоборот сужается и прогибается в сторону

теплого воздуха, что способствует к расширению фронтальной зоны осадков. (рис. 1.4.2. а).

По обе стороны линии фронта погода обладает свойствами разделенных воздушных масс. В зоне фронта погода определяется свойствами фронтальных разделов. Развитие начальной стадии циклона длится обычно менее полусуток и считается скоротечной стадией. При дальнейшем развитии замкнутой циклонической циркуляции циклон может перейти в стадию молодого циклона. При этой стадии продолжается деформация приземной линии фронта, что приводит к образованию хорошо выраженного теплого сектора циклона. При дальнейшем развитии количество замкнутых изобар увеличивается. В этой стадии развития на уровне изобарической поверхности 700 гПа уже появляются первые замкнутые изогипсы, так как циклон становится средним барическим образованием. В тылу циклона адвекция холода превышает адвекцию тепла в его передней части и захватывает большую часть, чем при стадии волны.

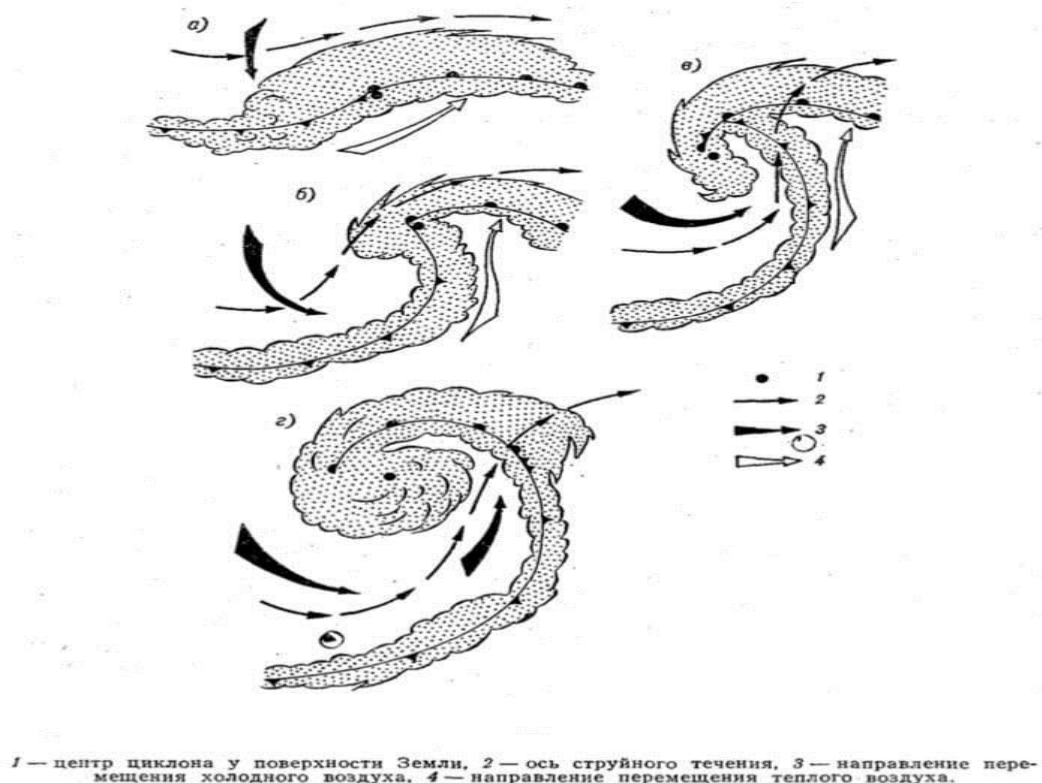


Рис. 1.4.2. Схемы облачных полей фронтального циклона в разных стадиях развития. [1, с. 353]

Струйное течение при этой стадии развития циклона имеет большой волновой изгиб, чем при начальной стадии развития. Расстояние струйного течения также изменяется. До холодного и теплого фронта оно увеличивается, а от приземного центра циклона до проекции оси струйного течения уменьшается до максимума.

Облачность приобретает вид облачного вихря, который имеет две спирали, сходящиеся в одной точке. Эти две спирали соответствуют тепловому и холодному фронту (рис.1.4.2. б). Центр облачного вихря обычно совпадает с центром циклона на высоте 3 км и находится в передней части высотной ложбины на карте АТ500. Граница облачного вихря примерно совпадает с последней замкнутой изобарой на приземной карте погоды. Иногда перед теплым фронтом со спутниковых снимков уже можно увидеть узкие параллельные фронту гряды конвективной облачности. Их появление свидетельствует о влажнонеустойчивом состоянии воздуха и возможном развитии шквалов.

В молодом циклоне различают три области с различными погодными условиями. В передней и центральной части холодного сектора циклона погода обуславливается влиянием теплого фронта. Чем ближе к центру циклона и к приземной линии фронта, тем больше усиливается система высоко-слоистых и слоисто-дождевых облаков. Также при приближении к центру циклона высота нижней границы облачности меньше. В холодное время года здесь преимущественно выпадение обложных осадков, а в теплое время года возможны грозы и ливневые осадки.

В тыловой части холодного сектора, за холодным фронтом, погода определяется свойствами холодной воздушной массы. При медленном смещении холодного фронта с облачной системой, которая является зеркальным отражением облачной системы теплого фронта, можно наблюдать в этой части

холодного сектора циклона обложные осадки, ослабевающие по мере удаления от фронта. При быстром смещении холодного фронта, высокой влажности и неустойчивости холодного воздуха, наблюдаются грозы и ливневые осадки. Если в холодном сухом воздухе развиты нисходящие движения, то в тыловой части циклона возможна малооблачная погода.

В теплом секторе воздушная масса обычно представлена устойчивой и влажной. В связи с этим здесь характерны типичные для теплых устойчивых воздушных масс погодные условия. При перемещении воздушной массы на ранее занимаемую территорию холодным воздухом на данной местности происходит адвективное повышение температуры. При этом сама воздушная масса охлаждается. Часто зимой в пограничном слое появляются приподнятые инверсии, которые сопровождаются обширными полями слоистых и слоисто-кучевых облаков. И них возможны морозящие осадки. Также здесь вероятно появление адвективного тумана и дымки. Летом погода определяется в зависимости от влажности и устойчивости воздушной массы. Поэтому она может быть как малооблачная, так и облачная погода с развитыми кучево-образными внутримассовыми облаками. Из них выпадают ливневые осадки, возможны грозы. Но чаще всего здесь наблюдается кучевая (Cu) и мощная кучевая (Cu cong.) облачность.

Все условия погоды в молодом циклоне, описанные ранее, являются обобщением характерных черт погоды в реальных циклонах. При быстром углублении циклона все метеорологические процессы происходят более активно, зона осадков становится шире, а сами осадки становятся более интенсивными. Молодой циклон пребывает в своей стадии примерно не более 1,5-2 суток.

Начало стадии максимального развития циклона совпадает с началом процесса окклюдирования. У поверхности Земли уже можно наблюдать большее количество замкнутых изобар, которые очерчивают сам циклон.

Волновой изгиб струйного течения становится еще более выгнутым и значительным. Расстояние от оси струйного течения до фронтов становится еще больше. От холодного фронта ось струйного течения расположена примерно на расстоянии около 500 км, а от теплого фронта – около 800 км.

Облачность приобретает ярко выраженную спиралевидную форму. (рис. 1.4.2.в). Рядом с ней часто на спутниковых снимках можно увидеть безоблачную полосу, которая также имеет форму спирали. В центральной части циклона облачные спирали теплого и холодного фронтов смыкаются. Раздельное существование этих спиралей можно наблюдать почти до самого центра циклона, но чаще всего преобладающей спиралью является спираль облачности холодного фронта. Пространство между облачными полосами теплого и холодного фронтов с наименьшим количеством облаков сужается. Малооблачное пространство расположено в тыловой части циклона. В этой зоне можно наблюдать конвективную облачность, которая сгруппирована в облачные гряды.

В стадии максимального развития в циклоне выделяют несколько пространств с различными условиями погоды. Первые две зоны разделяют фронтом окклюзии, в частях которых погода обуславливается типом фронта окклюзии, характеристиками теплого воздуха и степенью окклюдирования. При удалении от фронта окклюзии погода приобретает характер, соответствующий типу холодной воздушной массы. На периферии окклюдированного циклона все еще существуют раздельно холодный и теплый фронты. Здесь расположены три зоны, которые сохраняют погодные условия, характерные для молодого циклона.

Окклюдирование циклона приводит к исчезновению раздельного расположения холодного и теплых фронтов и вытеснению теплого воздуха вверх. Окклюдирование циклона сопровождается его заполнением, что характеризует последнюю стадию эволюции циклона. Эта стадия продолжается до исчезновения самой последней замкнутой изобары, наблюдаемой на приземной карте погоды.

Циклон начинает заполняться у поверхности Земли. Это происходит за счет конвергенции трения, потому что нет условий, которые благоприятны для поддержания и дальнейшего понижения давления. На этой стадии можно наблюдать, что изогипсы на синоптических картах АТ и располагаются почти параллельно, так как циклон представляет собой высокое холодное барическое образование с почти вертикальной осью. Центр циклона также расположен слева от оси струйного течения (рис. 7 г). Под влиянием сохранившегося вращательного движения воздуха относительно центра циклона и снижении интенсивности восходящих движений в заполняющемся циклоне формируется поле облачности. В связи с этими действиями можно наблюдать безоблачные промежутки, которые разделяют основную облачную полосу на несколько частей. На спутниковых снимках можно увидеть деградирующую облачную полосу теплого фронта, что является характерным признаком начала заполнения циклона. Горизонтальные градиенты температуры в заполняющемся циклоне не большие, а сам циклон состоит из сравнительно однородной холодной воздушной массы, без фронтальных разделов.

С начала окклюдирования циклон обычно существует не более 3-4 суток, но это время жизни также зависит от структуры термобарического поля над его центром. Когда она благоприятна, то давление в центре циклона может продолжать падать почти до исчезновения основных фронтов. Но если условия неблагоприятны для поддержания понижения давления, то циклон может начать заполняться сразу же после начала окклюдирования. Быстрее всего заполняются циклоны, в которых по обе стороны фронта окклюзии холодные воздушные массы имеют одинаковые свойства, то есть фронт нейтрален.

Циклон окклюдируется в основном за счет увеличения воздушной массы воздуха над центром циклона в нижней части тропосферы. Уже в окклюдирующемся циклоне между фронтом окклюзии и одним вторичным фронтом может образоваться еще один теплый сектор, который так и называется

– вторичный теплый сектор циклона (рис. 8). Циклоны с вторичным теплым сектором могут достигать большой глубины и существовать достаточно длительное время. В таких циклонах условия погоды можно разделить на две области, подобно молодому циклону. Одна область расположена в центре циклона. В этой области можно выделить зоны характерных погодных условий перед фронтом окклюзии, за вторичным холодным фронтом, и во вторичном теплом секторе циклона. Вторая область расположена на периферии циклона. В ней также можно выделить несколько зон с особыми погодными условиями: перед основным теплым фронтом, за основным холодным фронтом и в основном теплом секторе циклона. [1, с. 357]

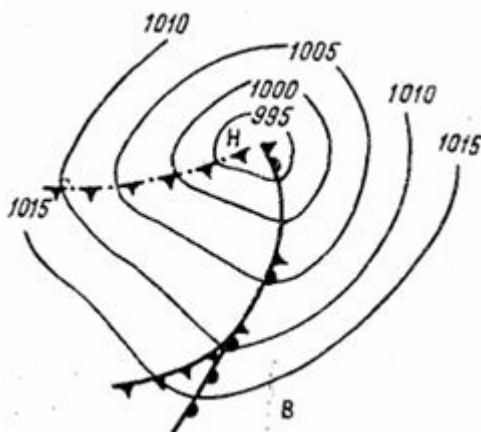


Рис.1.4.3. - Окклюдированный циклон с вторичным теплым сектором.

[1, с. 357]

Погодные условия во вторичном теплом секторе циклоне и в основном теплом секторе циклона отличаются. Это связано с тем, что воздушная масса во вторичном теплом секторе циклона является относительно теплой только в нижних слоях и из-за этого неустойчива. Поэтому в этой области даже в холодное время года часто возникает кучево-дождевая (Cb) облачность, сопровождающаяся ливневыми осадками. Эти циклоны образуют циклонические серии. Первым в этой серии является наиболее «старый», обычно окклюдированный циклон, а последним— наиболее «молодой» циклон (рис. 1.4.4.). Циклоны одной серии разделены между собой промежуточными

антициклонами (гребнями). Заканчивается серия обычно вторжением в тылу последнего циклона порции холодного воздуха, оформленной в виде заключительного антициклона.

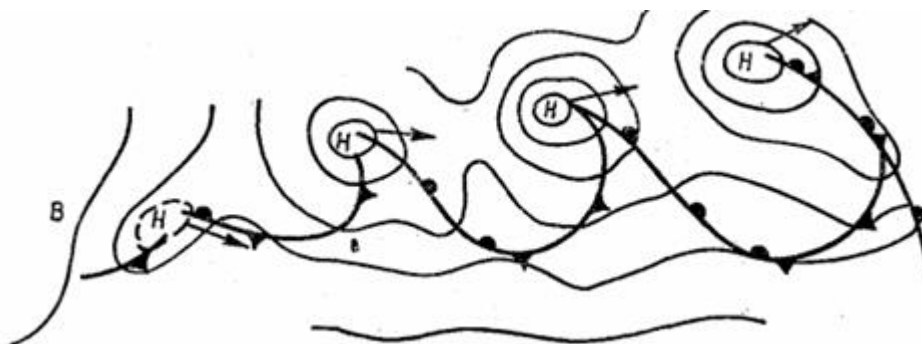


Рис.1.4.4. – Схема – пример циклонической серии. [1, с. 357]

1.5. Регенерация циклонов.

Под регенерацией циклона понимают процесс углубления ранее заполнявшегося циклона или резкое увеличение интенсивности углубления медленно углублявшегося циклона. После регенерации циклон проходит такой же путь своей эволюции, как и вновь возникшее барическое образование, но на фоне более низкого давления. Основным процессом, обуславливающим регенерацию циклона, является вторжение в его тыл новой порции холодного воздуха, что приводит к повышению асимметрии температурного поля циклона и падению давления вблизи его центра.

Процесс регенерации циклона может происходить при вхождении в систему заполняющегося циклона нового основного фронта. При этом процессе резкое углубление низких молодых циклонов также происходит в связи с затоком более холодного воздуха в его тыловую часть. Также возможен вариант, когда процесс регенерации происходит в связи с развитием на холодном фронте вблизи центра уже существующего циклона нового циклона с последующим его смещением.

Иногда процессы регенерации происходят неоднократно. Такое повторение процессов поддерживает длительное существование обширных

малоподвижных циклонов, которые долго нарушают доминирующий западный перенос, поэтому их называют блокирующими или центральными.

Регенерирующий окклюдированный циклон имеет внешние признаки молодого, так как в нем присутствует теплый сектор с характерными для него условиями погоды. Только в отличие от молодого циклона он с самого начала является высоким барическим образованием.

1.6. Тропические циклоны.

Тропический циклон — область пониженного давления в тропиках, с которой связана вихреобразная система движения масс теплого влажного воздуха. Обычно термин тропический циклон (ТЦ) применяют к тем системам движения, которые характеризуются очень сильными ветрами и обильными ливневыми осадками. Горизонтальные размеры ТЦ колеблются от 300 до 1500 км.

Радиус области ветров максимальной скорости достигает нескольких десятков километров и обычно не превышает 100 км, однако ветры со скоростью 15 м/с могут распространяться до 500 км от центра циклона. Развитый ТЦ распространяется по вертикали до высоты 13—15 км. Связанная с ТЦ циркуляция захватывает всю тропосферу. Интенсивность циркуляции наиболее значительна в нижней тропосфере, с высотой она уменьшается.

Тропические циклоны (ТЦ) возникают над тропическими частями океанов и морей, причем наибольшее число новообразований отмечается между 10 и 20° широты. Зародышем ТЦ служит так называемое начальное циклоническое возмущение (НЦВ). Над тропическими морями и океанами существует много подобных возмущений.

2. «Ныряющие» циклоны.

2.1. Определение «ныряющих» циклонов.

Большинство циклонов по своему названию соответствует своей траектории движения. Например, циклоны, проходящие над дальневосточными морями и северо-западной частью Тихого океана, относят к трем группам: западные, южные и восточные. «Восточные» циклоны приходят с востока.

«Западные» перемещаются с запада на восток. «Южные» циклоны соответственно движутся с южных широт. Но есть циклоны, которые называют «ныряющие».

Для барических образований термин «ныряние» был введен Б. П. Мультиановским в 30-е годы прошедшего столетия. К этому понятию относились внетропические циклоны, которые образовывались в высоких широтах и перемещались по «ныряющим» траекториям с севера-запада на юго-восток. С тех пор северо-западные циклоны приобрели себе название не только по географическому перемещению.

Часто «ныряющие» циклоны создают впечатление кажущейся внезапности, так как сравнительно редкая сеть наземных наблюдений в северных широтах не всегда дает возможность синоптику своевременно отследить начальную стадию формирования такого барического образования с необычной траекторией.

Неожиданность в «ныряние» циклонам прибавляет их достаточно высокая скорость перемещения. Скорость передвижения варьируется в диапазоне от 10 до 100 км/ч. В среднем циклоны перемещаются со скоростью 30 – 50 км/ч. Чем быстрее движется «ныряющий» циклон, тем быстрее он заполняется. Продолжительность смещения в среднем длится около 2-3 суток. В отличие от обычного циклона, который движется с запада на восток, у «ныряющего» циклона все его части имеют сдвиг на 90°. Передняя часть и теплый фронт ныряющего циклона находятся на юге, а не на востоке. Теплый сектор циклона на западе, а не на юге. Тыловая часть на севере и северо-востоке, а не на западе и северо-западе. [2, с. 67].

2.2. Условия формирования «ныряющих» циклонов.

«Ныряющие» циклоны образуются внутри высотной фронтальной зоны (ВФЗ) преимущественно в холодную половину года. Это связано с тем, что именно в этот холодный период в ВФЗ создаются большие контрасты

температуры и увеличивается скорость движения циклонов. Поэтому в основном их можно наблюдать с сентября по апрель.

По формированию «ныряющие» циклоны делят на два типа. К первому типу относятся циклоны, которые уже образовались над Северной Атлантикой. Такие «ныряющие» циклоны выходят на траекторию своего смещения уже глубокими. А циклоны, которые образуются на арктическом фронте вблизи вершины тропосферного блокирующего гребня относятся ко второму типу. Но оба типа смещаются в дальнейшем по нисходящей ветви ВФЗ (высотная фронтальная зона).

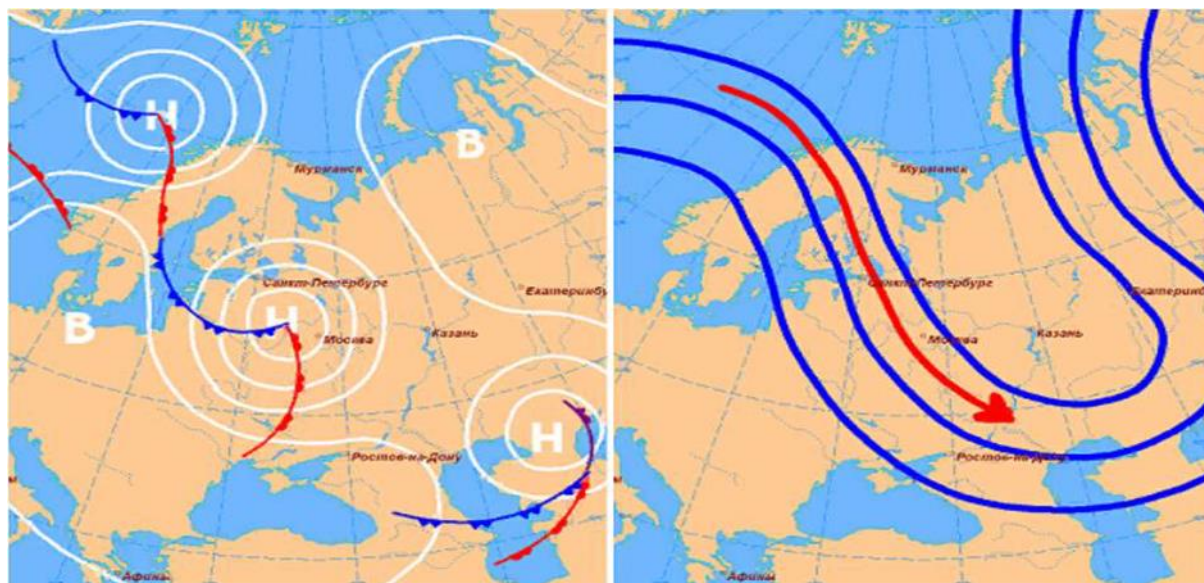


Рис. 2.2.1. - Траектория смещение «ныряющего» циклона по ВФЗ. [2, с. 67].
[<https://meteoinfo.ru/news/1-2009-10-01-09-03-06/4882-23032012-l-r->]

На спутниковых снимках, в обоих случаях образования «ныряющих» циклонов, облачное поле имеет характерные особенности, в которых проявляются признаки, отличающие эти циклоны. По этим признакам можно предсказать возникновение «ныряющих» циклонов и их направление перемещения.

Проявившиеся признаки наиболее ярко выражены в облачном поле, которое создается окклюдированным, но еще деятельным циклоном над

Северной Атлантикой. На снимке такую облачную систему можно наблюдать в виде вихря, в котором видно не только отсеченная спираль в центральной части циклона, но и облачные полосы холодного и теплого фронтов на восточной периферии этого циклона. В результате вся облачная система имеет характерную форму арки. Активный участок ВФЗ, в котором формируются «ныряющие» циклоны, отлично прослеживается за счет скопления циклонической облачности на ее восходящей ветви.

2.3. Траектории движения «ныряющих» циклонов.

Траектории «ныряющих» циклонов отличаются от траектории обычных циклонов, которые движутся с запада на восток. Направление смещения северо-западных циклонов определяется ориентировкой высотной фронтальной зоны (ВФЗ). Обычно это тот участок ВФЗ, который огибает меридионально ориентированный высотный гребень с востока. В таком случае всегда можно наблюдать глубокий высокий циклон на западе от гребня. Сам процесс «ныряния» циклона осуществляется при наличии в тропосфере струйного течения или при его отсутствии, но при выраженной дивергенции скорости по потоку ВФЗ.

В классическом виде движение «ныряющих» циклонов похоже на параболу, которая имеет вершину на юге. Они перемещаются по ведущему потоку ВФЗ по западной нисходящей ветви параболы на юг или юго-восток. Около вершины своей траектории циклон замедляется и в течении последующих двенадцати часов смещается почти в широтном направлении. В это же время меняется и ориентация в пространстве большой оси с направления северо-запад – юго-восток на юго-запад – северо-восток. Такое изменения обуславливает дальнейшее смещение «ныряющего» циклона по восходящей ветви параболы. Скорость северо-западного циклона также меняется во время его движения. Она

замедляется при приближении к вершине параболы (до 10–35 км/ч) и растет до 15–50 км/ч на восходящей ветви траектории. [2, с. 67]

Чем интенсивнее развивается «ныряющий» циклон, тем более четко выражена его траектории. Нисходящая ветвь траектории соответствует траектории углубления ныряющего циклона, а восходящая ветвь – траектории заполнения. «Ныряющие» циклоны, которые движутся по более крутой траектории, заполняются быстрее, а по более пологой – медленнее.

Классический вид траектории движения в виде параболы северо-западных циклонов наблюдается не всегда. В некоторых случаях «ныряющий» циклон движется с высокой скоростью с северо-северо-запада на юго-юго-восток по прямой или ломаной линии без участков широтного или по восходящей ветви параболы движения. Более сложные траектории с петлями и вращением характерны для «ныряющих» циклонов в сложной циклонической системе, в которой присутствуют два или более центра.

Л. А. Хандожко выделил три траектории движения «ныряющих» циклонов: медвежьеостровская, северонорвежская и центральнонорвежская:

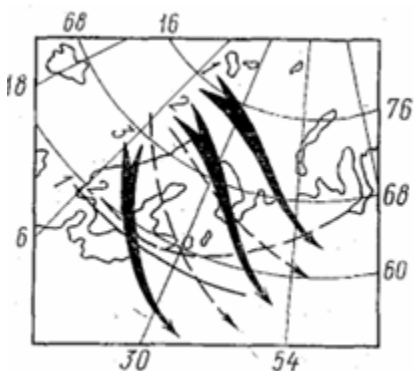


Рис. 2.3.1. - Траектория смещения ныряющих циклонов по Л. А. Хандожко: 1. Медвежьеостровская; 2. Северонорвежская; 3. Центральнонорвежская [2, с. 66]

Наибольшую степень проникновения на Европейскую часть России (ЕЧР) из трех перечисленных имеет «центральнонорвежская». Возможно это связано с

тем, что именно эту траекторию можно наблюдать в самый холодный период наблюдений «ныряющих» циклонов.

Чернова В. Ф. описала пути перемещения «ныряющих» циклонов с уточнением географических пунктов. Она также выделила три траектории движения циклонов, которые смещаются на юг Европейской части страны (ЕЧС) под нисходящей ветвью ВФЗ, расположенной над Западной Европой.

При первом варианте траектории циклоны перемещаются с северо-запада через Скандинавию, Прибалтику, на центральные районы и юго-восток ЕЧС. Чаще всего эти циклоны формируются над Норвежским морем, а затем огибают гребень антициклона над Западной Европой и смещаются к юго-востоку в центр ЕЧС. Для структуры высотного поля первого вида траектории «ныряющих» циклонов характерна ориентация котловины холодного циклона с центром над Баренцевым морем или крайним севером ЕЧС на Черное море.

Второму типу траекторий «ныряющих» циклонов характерно их перемещение с Баренцева моря на север и восточные районы ЕЧС. В этом случае барическое поле характеризуется наличием высотного антициклона над югом Скандинавии, Балтийским морем, Польшей. Область низкого давления занимает Новую Землю, восток ЕЧС и Урал.

Для третьего типа траектории характерны «ныряющие» циклоны, которые перемещаются с Карского моря к востоку ЕЧС. Высотный антициклон располагается над севером Скандинавии, Финляндией, Баренцевым морем, а высотная ложбина ориентирована с нижнего течения Оби на средний Урал.

Степень проникновения северо-западного циклона на юг различна. Она зависит от направления и интенсивности ВФЗ, а также от места образования фронтальной волны. При активной ВФЗ и благоприятном направлении циклон, который возник на о. Медвежий или на севере Скандинавии, может «нырнуть» до центральной части Европейской территории страны. При образовании

циклона в средней или южной части Скандинавии, то он «ныряет» до южных районов Европейской территории страны. [2, с. 67]

На спутниковых снимках можно увидеть особенность, которая предупреждает о дальнейшем движении «ныряющего» циклона. Таким признаком является «разъедание» облачной арки в ее вершине с северной стороны. Создается впечатление, как будто часть этой облачной арки отрывается от общего массива, образуется изолированная облачная шапка, под которой появляется облачная полоса холодного фронта с характерным прогибом к югу. Далее вся облачность вытягивается вдоль фронтальной зоны. В уплотнении облачности, которая соответствует центральной части циклона, можно наблюдать как оформляется небольшой облачный вихрь. Этот вихрь вместе с циклоном как бы бежит по фронтальной облачной полосе. Впереди по потоку перед облачным вихрем вытягиваются выбросы перистых облаков. Именно перистые облака и являются указателем направления движения «ныряющего» циклона. [3, с. 171]



Рис. 2.3.2. - Спутниковый снимок «ныряющего» циклона. [3, с. 171].

2.4. Синоптическая ситуация при прохождении «ныряющего» циклона.

При прохождении «ныряющих» циклонов синоптические условия значительно и резко ухудшается. Длительность изменений погодных условий зависит от скорости движения циклонов. Чем быстрее движется «ныряющий» циклон, тем быстрее он заполняется, следовательно, не успевает на долгий период ухудшать погодные условия.

Давление в центре «ныряющих» циклонов обычно составляет 980 гПа, но может варьироваться от 955 – 995 гПа. В передней части «ныряющих» циклонов наблюдается падение давления на 7 – 9 гПа/3ч, что является их отличительной чертой. В свою очередь, в тыловой части наблюдается значительный рост давления. Сильные ветра могут охватывать практически всю зону движения «ныряющего» циклона. Ветра, которые могут достигать опасных высоких значений наблюдаются на южной периферии циклона, перед теплым фронтом,

продолжаясь затем в теплом секторе. Реже сильные ветра можно наблюдаться в тыловой части «ныряющих» циклонов при прохождении холодных фронтов.

При прохождении «ныряющих» циклонов скорость ветра в среднем составляет 20-25 м/с, а максимальные порывы могут достигать 27-29 м/с. В некоторых случаях были зафиксированы порывы ветра ураганной силы, которые достигали 40-45 м/с.

«Ныряющие» циклоны сопровождаются обильными осадками, которые могут привести даже к наводнениям. В переходные сезоны для циклонов характерны сильные снегопады, которые наносят значительный ущерб народному хозяйству и сельскохозяйственному производству.

2.5. «Ныряющие» циклоны над морями Европейской части России(ЕЧР).

Северо-западные циклоны «ныряют» на ЕЧР чаще всего из Баренцево, Азовского и Белого морей. Движение циклонов по западной нисходящей ветви параболы на ЕЧР происходит тогда, когда над Западной Европой располагается антициклон, а над северо-востоком ЕЧР и северо-западом Западной Сибири – глубокий циклон.

Приходят «ныряющие» циклоны на моря ЕЧР с Северной Атлантики. В холодный период года они наблюдаются в три раза чаще, чем в теплый период. Это связано с сезонной активизацией циклонической деятельности на арктическом фронте. С появлением «ныряющих» циклонов над морями наблюдаются штормовые ветра.

Над Баренцевым морем «ныряющие» циклоны наблюдаются преимущественно с октября по март. Их прохождение вызывает ветра со скоростью более 15 м/с.

На рис. 2.5.1. представлен пример выхода «ныряющего» циклона из районов Северной Атлантики на акваторию Баренцева моря. На высотной карте (АТ500) ВФЗ имеет северо-западную ориентацию. В связи с этим циклоническое образование на большой скорости «нырнет» по ведущему потоку с акватории

моря на ЕЧР. Давление в центре циклона соответствует среднему давлению, которое характерно для «ныряющих» циклонов. С выходом этого северо-западного циклона на акватории Баренцева моря были зафиксированы сильные порывы ветра около 20 м/с. [4, с. 82]

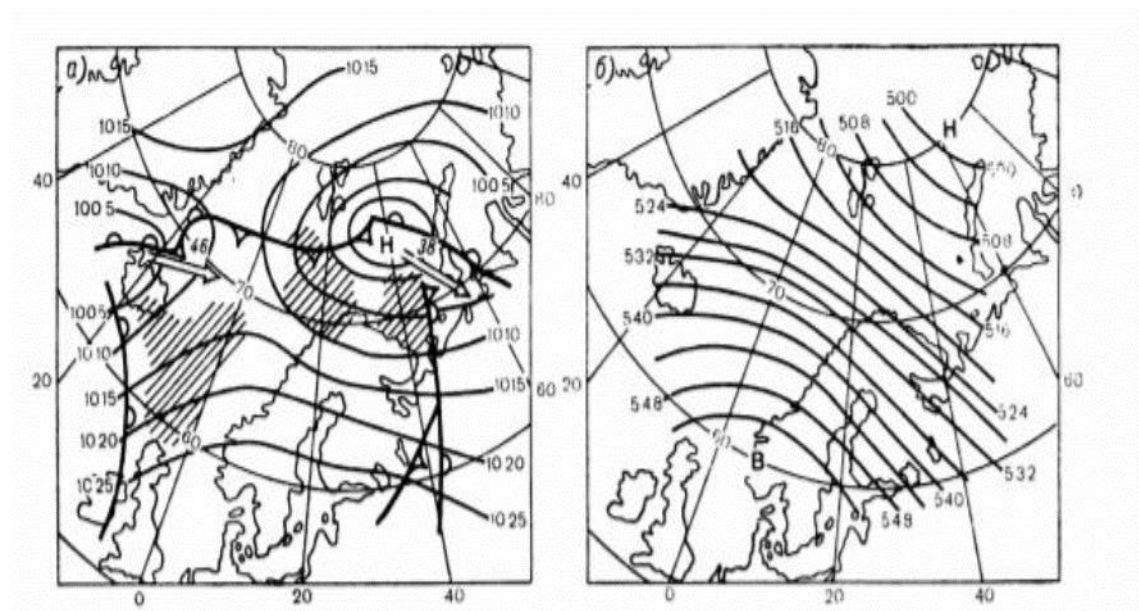


Рис.2.5.1. - Выход «ныряющего» циклона на акваторию Баренцева моря
а – приземная карта; б – высотная карта (АТ500). [4, с. 82].

Для акватории Белого моря в любой сезон года характерна частая смена воздушных масс. Она связана с прохождением барических образований. В начале осени обычно активизируется атмосферная циркуляция и увеличивается повторяемость полей низкого давления. В большинстве случаев они создаются «ныряющими» циклонами.

За год с Северной Атлантики могут выйти на акваторию Белого моря около 12 северо-западных циклонов. Их скорость перемещения осенью значительно увеличивается по сравнению с весенним периодом. В годы, когда сильно развита циклоническая деятельность на акватории Белого моря, «ныряющие» циклоны проходят часто и приносят с Атлантики влажную прохладную воздушную массу. Впоследствии отмечается ненастная осень с частыми штормовыми ветрами и

дождями. С октября циклон уже может приносить «заряды» мокрого снега, которые ухудшают видимость.

3. Анализ «ныряющих» циклонов с акватории Баренцева моря.

В настоящей главе проводится практический анализ конкретных случаев ныряющих циклонов, наблюдавшихся над Европейской частью России в период с 1996 по 2024 год. Рассматриваются основные параметры каждого циклона: дата возникновения, продолжительность существования, минимальное атмосферное давление, а также особенности траектории перемещения.

Анализ выполнен на основе фактических материалов: архивных описаний синоптической ситуации, таблиц с параметрами циклонов и визуальных данных. Целью является выявление характерных черт ныряющих циклонов, установление повторяющихся сценариев их развития и описание их влияния на погодные условия в зоне прохождения.

Анализ отдельных случаев «ныряющих» циклонов над Европейской частью России.

3.1. Ныряющий циклон 15 февраля 1996 года.

Дата и продолжительность: Циклон наблюдался с 15 по 17 февраля 1996 года, продолжительность составила 3 суток.

Минимальное давление: По данным синоптического анализа, минимальное атмосферное давление в центре циклона составило 980 гПа. Оно было зафиксировано 17 февраля в 00 часов.

Траектория движения: Формирование циклона происходило в районе северной Скандинавии. Затем он начал быстрое перемещение в юго-восточном направлении, проходя через северо-запад Европейской части России и достигая центральных регионов. Движение соответствовало классическому сценарию ныряющих циклонов, когда воздушная масса внедряется с северо-запада в глубь континента. На карте видно, как циклон с центром над Скандинавией начал своё движение на юго-восток, что соответствует описанной ранее траектории. Изобары плотно сгруппированы, указывая на интенсивный градиент давления, характерный для ныряющих циклонов.

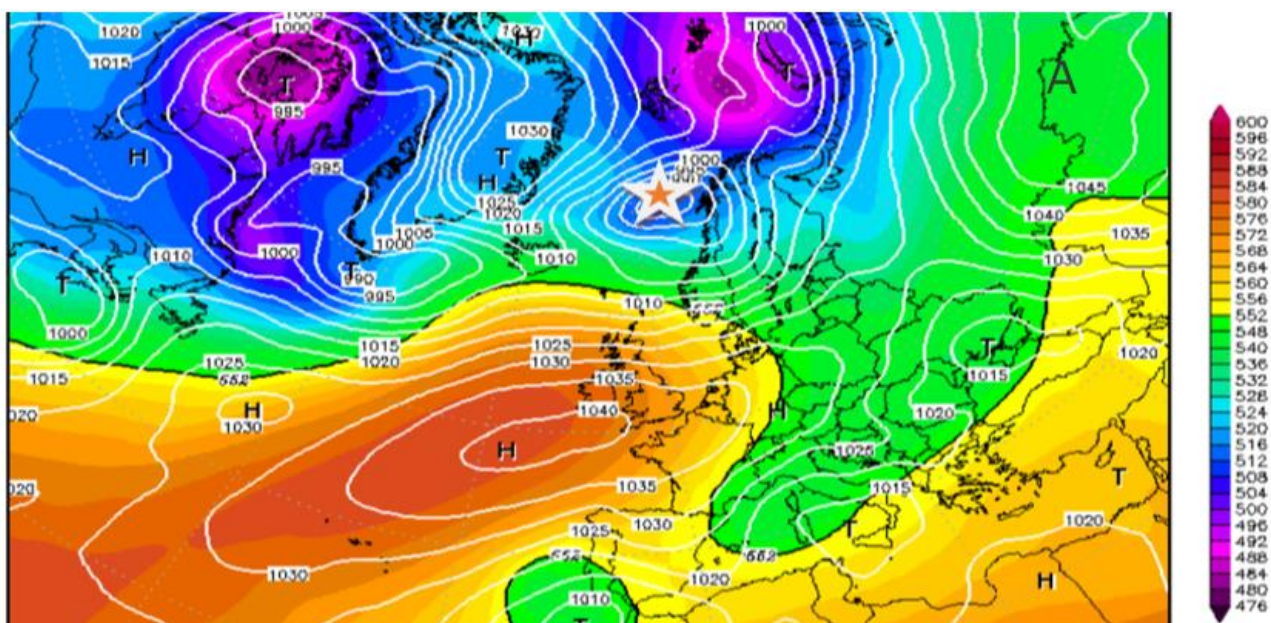
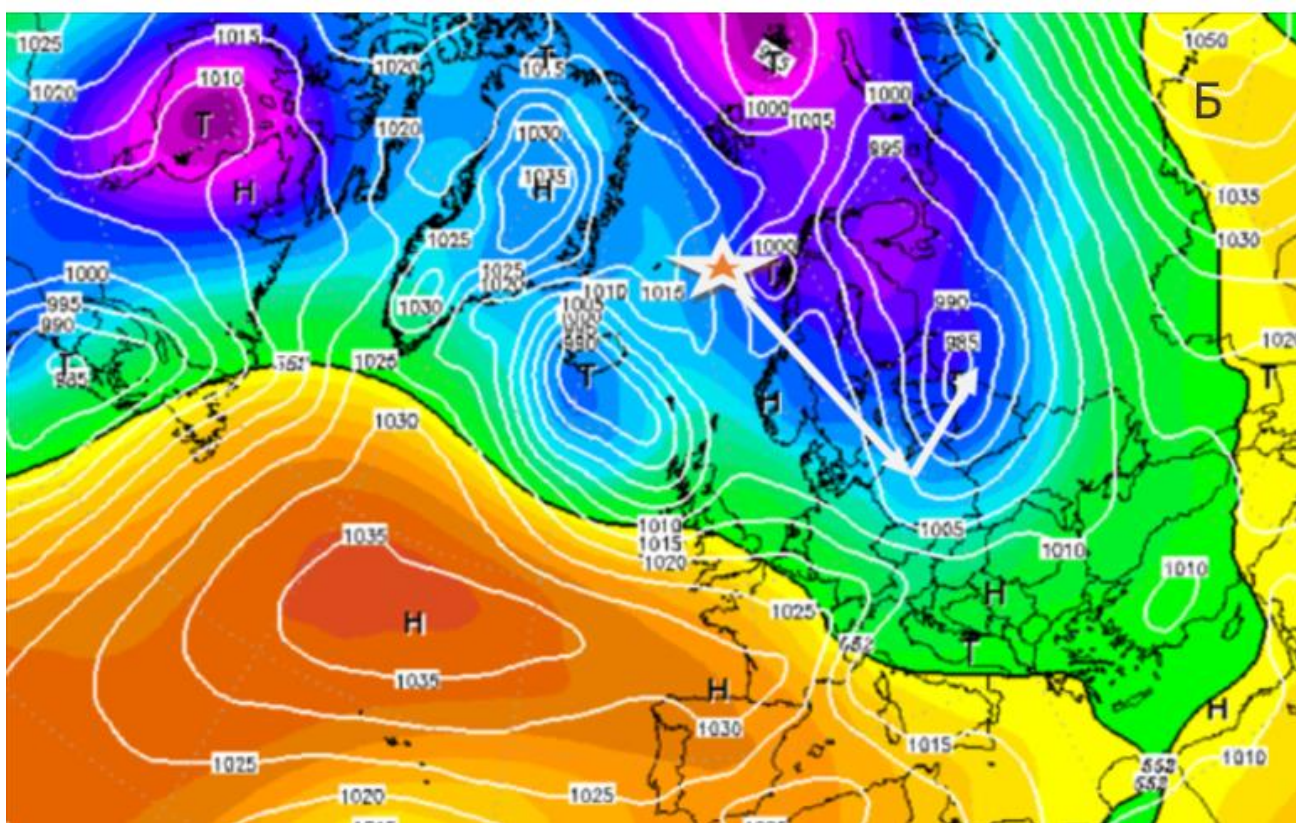


Рис. 3.1.1. - Ныряющий циклон 15 февраля 1996г. 00 UTC А – начало траектории.



3.1.2. – ныряющий циклон 17.02.1996г. 18 UTC. Б – окончание траектории.

Погодные последствия: Прохождение циклона сопровождалось характерными для ныряющих систем погодными условиями: осадками в виде

снега, метелью, резким похолоданием, усилением ветра. Возможно образование снежного покрова и ухудшение видимости, особенно в тыловой части системы.

Синоптическая оценка: Циклон имел выраженную барическую структуру, быстрое развитие и интенсивное углубление. Давление в 980 гПа что указывает на активный циклогенез. По динамике и интенсивности его можно отнести к типичным сильным ныряющим циклонам с высоким уровнем атмосферной неустойчивости. Так же в течении месяца преобладал зональный перенос: циклоны с восточных берегов Гренландии и Норвежского моря перемещались на Карское море, Западную Сибирь, Архангельскую область и Белое море. В начале второй декады произошло «ныряние».

С прохождением ныряющего циклона в Белом море наблюдались частые переходы ветра от южной к северной четверти 12 м/с, временами с порывами 15-20 м/с.

На ЮВ Баренцева моря наблюдался ветер южной, в отдельные периоды северной четверти 5-10 м/с, в отдельные дни в порывах 15-22м/с.

В Карском море в первых двух декадах преобладал ветер южных направлений, в третьей декаде наблюдался юго-восточный ветер 7-12м/с временами в порывах 15-20 м/с.

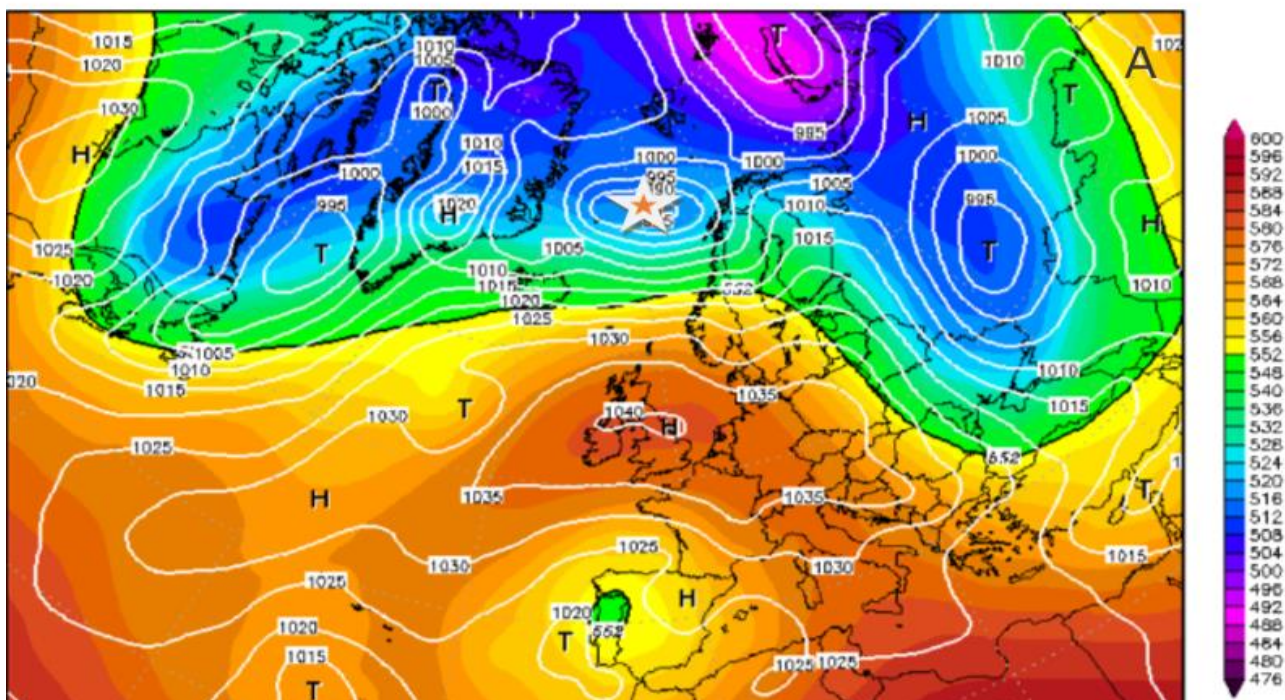
Ныряющий циклон 17 ноября 2001 года.

Дата и продолжительность: Циклон наблюдался с 17 по 19 ноября 2001 года, продолжительность составила 3 суток.

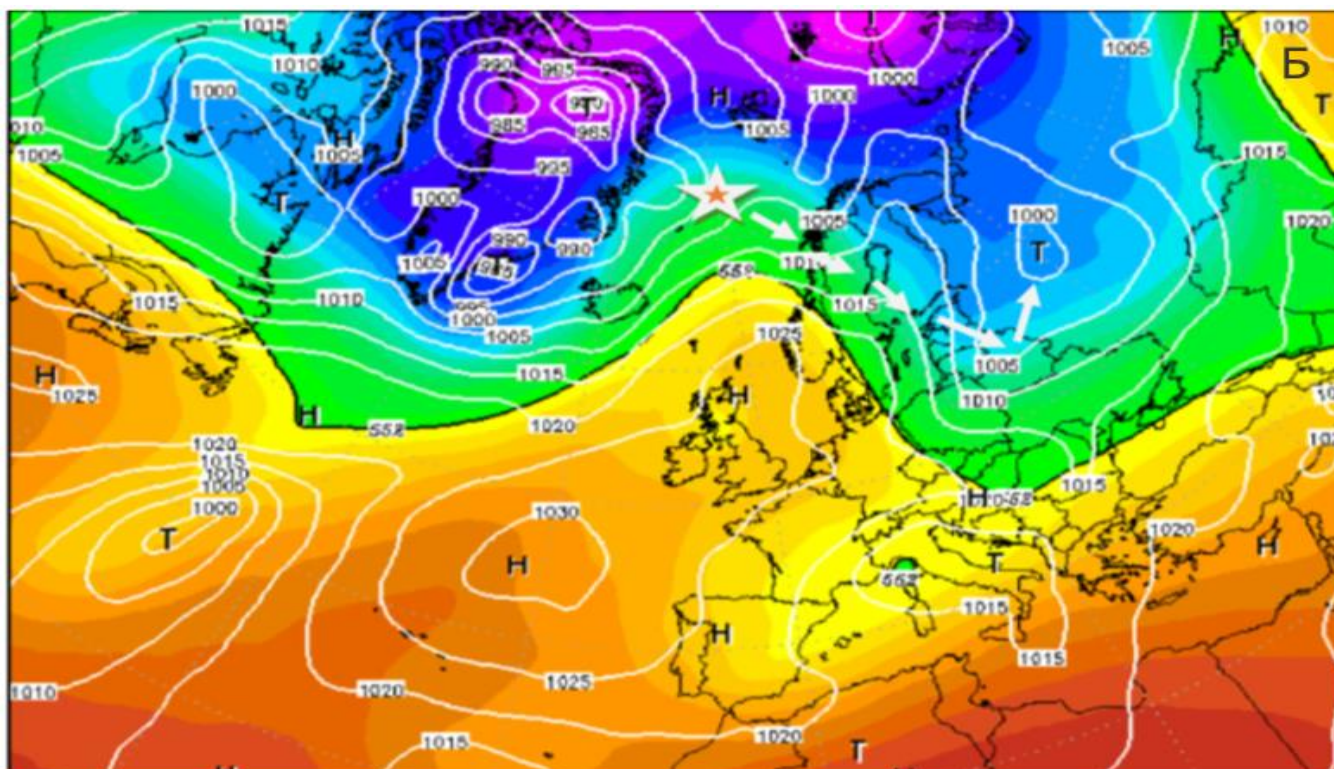
Минимальное давление: Точное значение минимального давления в тексте не указано, но из характера синоптической ситуации можно предположить его снижение до 985–990 гПа.

Траектория движения: Формирование произошло над южной частью Скандинавии, затем циклон сместился в юго-восточном направлении через Ленинградскую область, захватывая северные и центральные районы

Европейской части России. Отмечена чёткая ныряющая траектория с усилением в тыловой части.



3.1.3. - Ныряющий циклон 17.11.2001г. 00 UTC. А – начало траектории.



3.1.4. – ныряющий циклон 19.11.2001г. 00 UTC. Б – окончание траектории.

Погодные последствия: Циклон вызвал значительное ухудшение погодных условий. В передней части прошёл тёплый фронт, сопровождающийся облачностью и осадками. В тыловой части фронта отмечалось резкое похолодание, переход осадков в снег, вероятны метель, ухудшение видимости и усиление северо-западного ветра. Прохождение холодного фронта сопровождалось вторжением арктического воздуха.

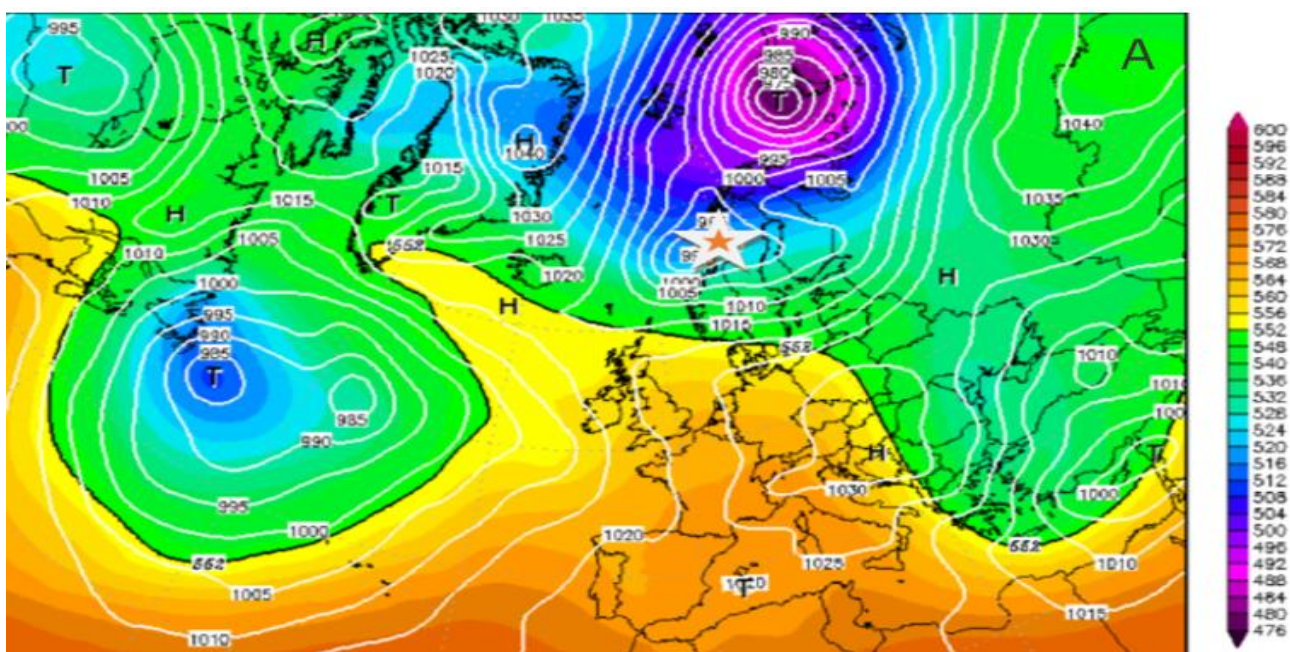
Синоптическая оценка: Циклон развивался на фоне благоприятной высотной циркуляции. Вероятно, присутствовала высотная ложбина, поддерживавшая дальнейшее развитие циклона при продвижении к юго-востоку. Барическая система была активной, но не достигала экстремальной интенсивности. Признаки типичного осеннего ныряющего циклона со сменой воздушных масс.

Ныряющий циклон 20 декабря 2002 года.

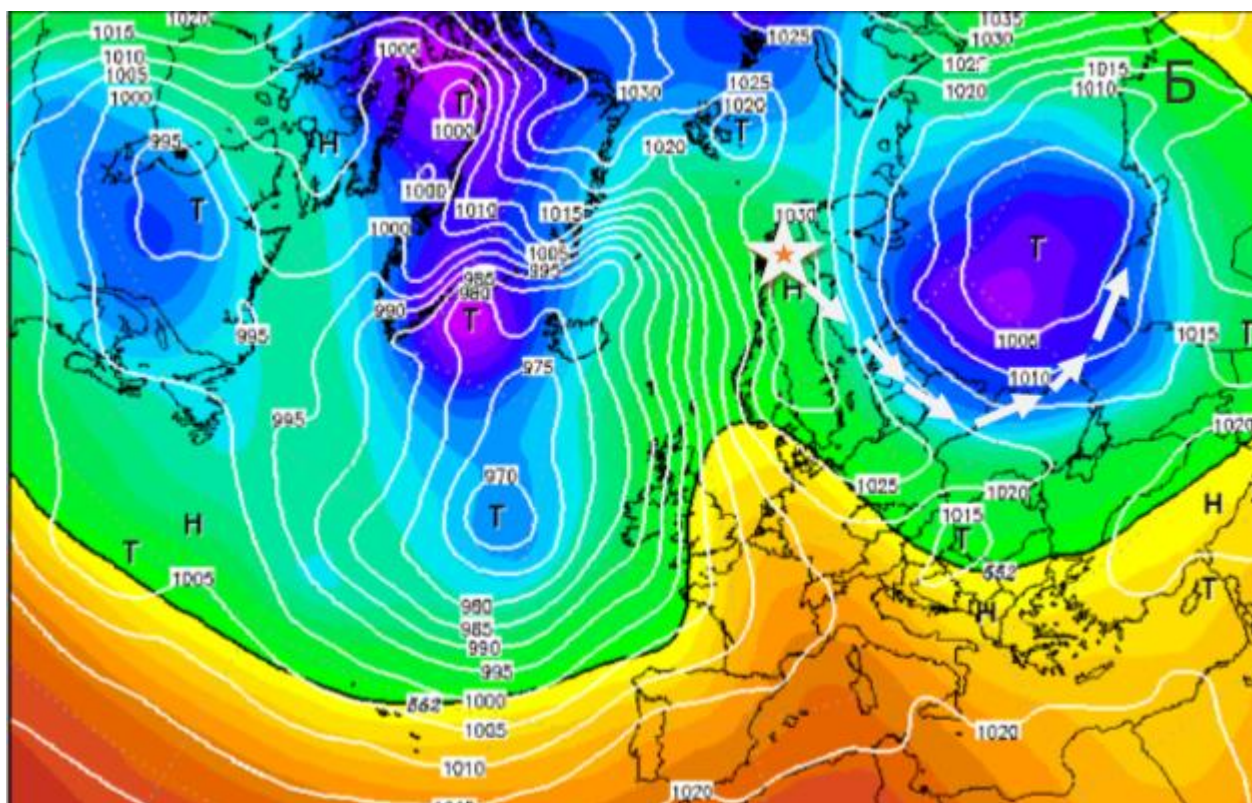
Дата и продолжительность: Циклон начал формироваться 20 декабря 2002 года. Полный жизненный цикл охватывает период с 20 по 23 декабря, то есть 4 суток.

Минимальное давление: На начальной стадии давление в центре составляло 990 гПа. Минимальное значение достигло 985 гПа, зафиксированное 22 декабря, что свидетельствует об углублении барического центра на 5 гПа за два дня.

Траектория движения: Циклон сформировался на фоне высотной ложбины над Северной Атлантикой. Далее он сместился юго-восточным курсом — через Балтийское море, северо-запад Европейской части России, далее в район Центрального Черноземья. Траектория представляет собой классический пример ныряющего движения: быстрое смещение с северо-запада на юго-восток по задней стороне антициклона, находящегося над югом ЕЧР.



3.1.5. - Ныряющий циклон 20.12.2002г. 00 UTC. А – начало траектории.



3.1.6. – ныряющий циклон 23.12.2002г. 12 UTC. Б – окончание траектории.

Погодные последствия: Циклон сопровождался существенными осадками, преимущественно в виде снега, а также усилением северного и северо-западного ветра. В тыловой части фронта наблюдалось резкое понижение температуры, вероятны гололедные явления, снегопады, местами метель. Перепады температуры могли достигать 10–12 °С в течение суток.

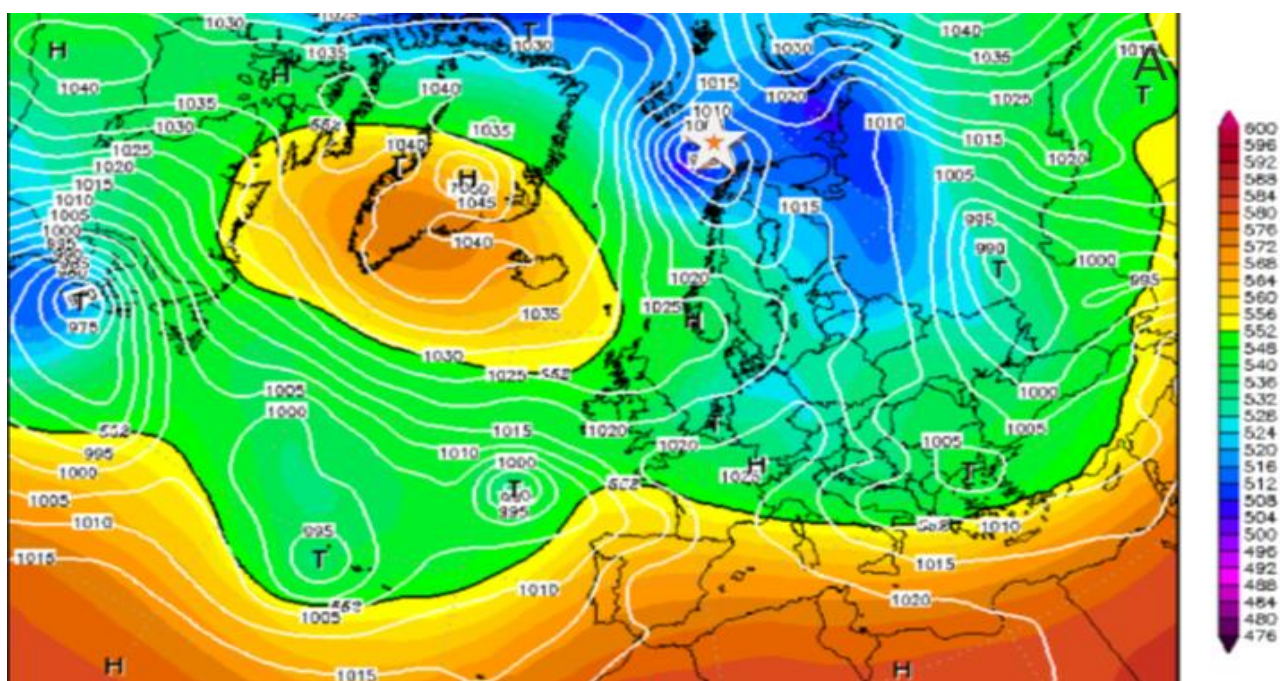
Синоптическая оценка: По характеру барической эволюции — активный циклон умеренной глубины. Имел выраженную фронтальную структуру, включая холодный фронт, за которым продвигалась арктическая воздушная масса. Динамика и направление полностью соответствуют ныряющему типу, характерному для зимнего периода. Скорость перемещения была высокой, вероятно около 30–40 км/ч, что типично для подобных систем.

Ныряющий циклон 3 января 2010 года.

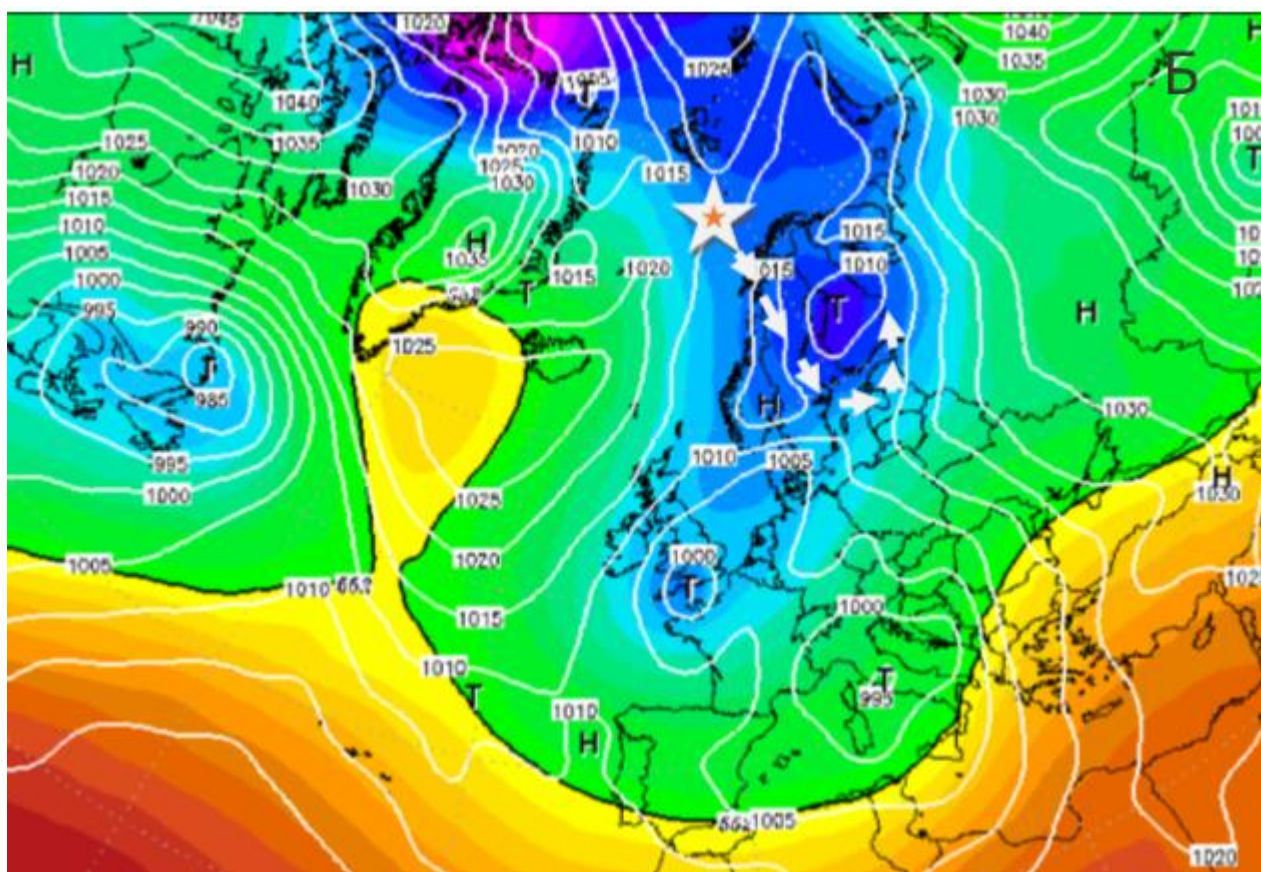
Дата и продолжительность: Циклон наблюдался с 3 по 6 января 2010 года, продолжительность составила 4 суток.

Минимальное давление: По данным из сводной таблицы, тип обозначен как Zn, то есть ныряющий, но конкретное значение давления не указано. Однако для циклонов подобной интенсивности и траектории типичны значения от 980 до 990 гПа. В данном случае можно ориентироваться на диапазон 985–990 гПа.

Траектория движения: Формирование происходило в районе южной Скандинавии. Циклон сместился в юго-восточном направлении через Балтийское море, Ленинградскую область, затем распространился через Центральный федеральный округ, достигнув районов Нижнего Поволжья. Траектория является типичной для зимних ныряющих циклонов: мощное внедрение холодного воздуха из северной Атлантики вглубь Европейской России.



3.1.7. - Ныряющий циклон 03.01.2010г. 00 UTC. А – начало траектории.



3.1.8. – ныряющий циклон 06.01.2010г. 00 UTC. Б – окончание траектории.

Погодные последствия: Прохождение данного циклона сопровождалось сильными осадками — снегопадом, местами метелью, а также резким понижением температуры. Ветер усиливался до 20–25 м/с, особенно в северо-западных и центральных районах.

В зоне фронта возможны переходы осадков из дождя в мокрый снег, затем в сухой снег, что привело к обледенению и ухудшению дорожной обстановки. Также вероятно образование снежного наката и заносов на автотрассах.

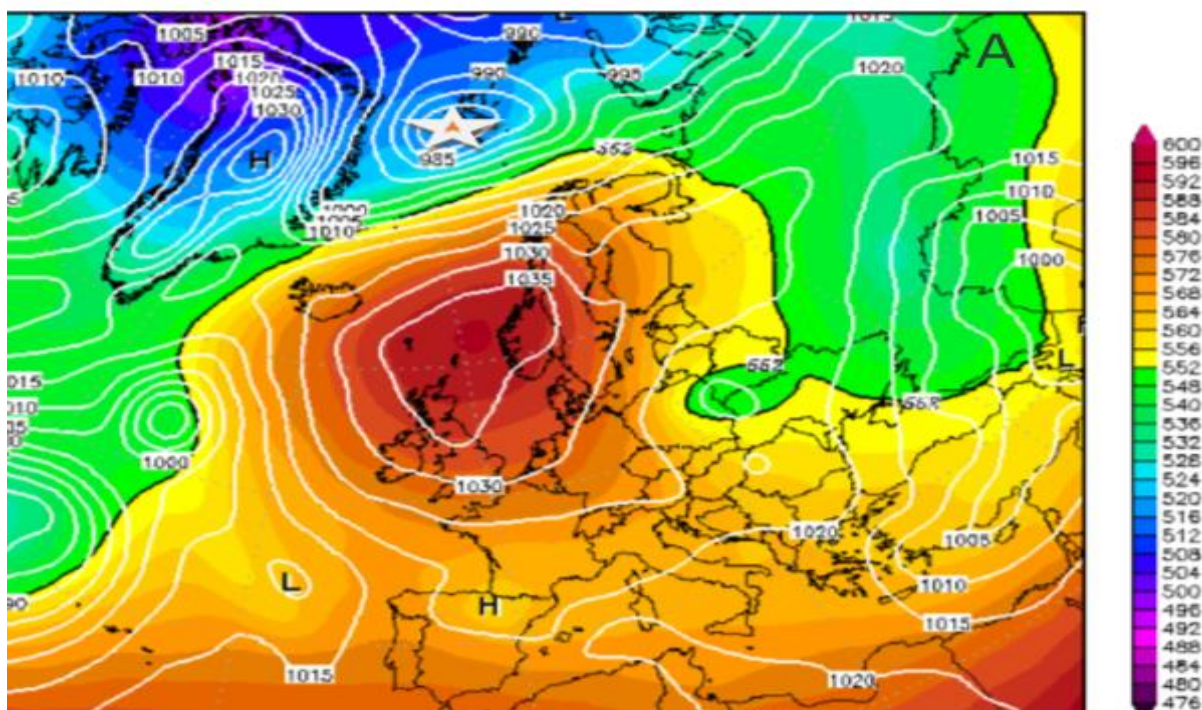
Синоптическая оценка: Циклон характеризовался высоким темпом перемещения и активным фронтальным делением. Очевидно, он находился под поддержкой высотной ложбины на уровне 500 гПа и проходил по задней периферии устойчивого антициклона над Кавказом. Барический градиент был выражен, что обусловило сильный ветер. По совокупности признаков — один из характерных и хорошо развитых ныряющих циклонов зимнего сезона.

Ныряющий циклон 15 марта 2016 года.

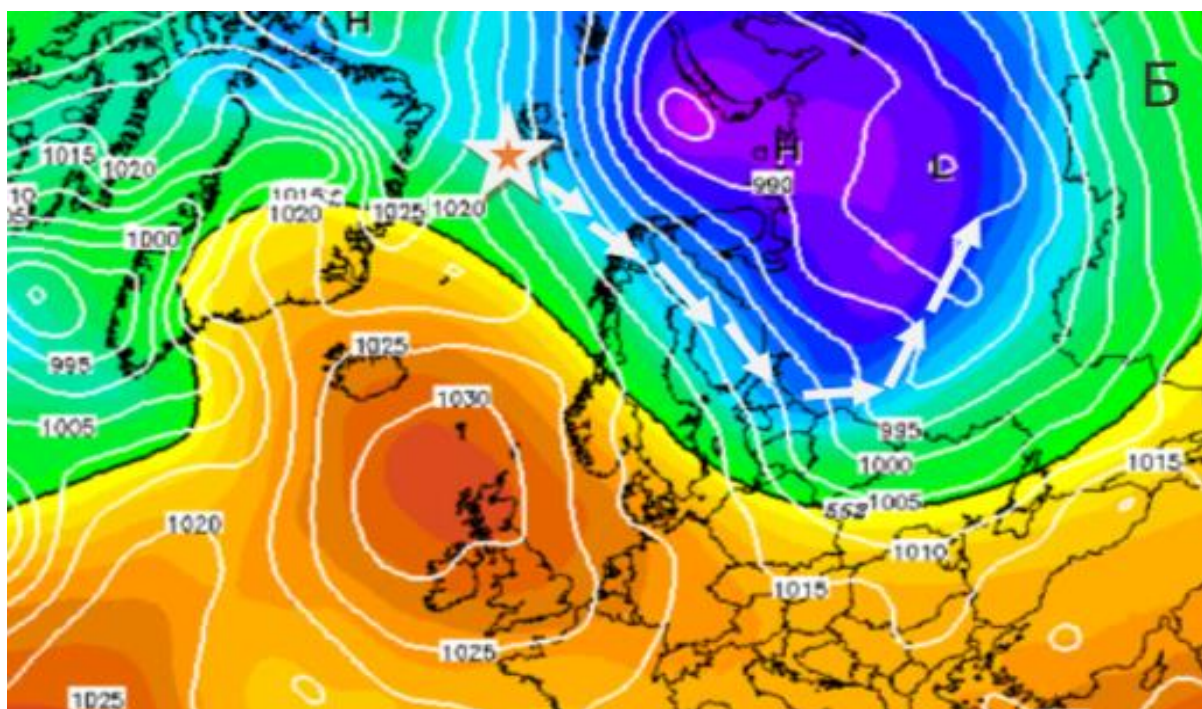
Дата и продолжительность: Циклон развивался в период с 15 по 18 марта 2016 года, общая продолжительность составила 4 суток.

Минимальное давление: Точных данных о минимальном давлении в центре циклона в текстах нет, однако тип обозначен как Zn, а для подобных мартовских ныряющих систем характерны значения в пределах 985–990 гПа. Вероятно, циклон прошёл стадию умеренного углубления в ходе своего продвижения.

Траектория движения: Зарождение циклона происходило в районе Скандинавии или над Северным морем. Далее система быстро сместилась на юго-восток через Прибалтику, Псковскую, Тверскую и Ярославскую области, после чего проникла в Центральное и Южное Поволжье. Движение происходило на фоне мощной высотной ложбины, что обеспечивало траекторию с наклоном к югу — классическая траектория ныряющего циклона.



3.1.9. - Ныряющий циклон 15.03.2016г. 00 UTC. А – начало траектории.



3.1.10. – ныряющий циклон 18.03.2016г. 12 UTC. Б – окончание траектории.

Погодные последствия: Характер прохождения сопровождался быстрым изменением погодных условий. В передней части отмечались осадки,

преимущественно в виде дождя и мокрого снега, а также кратковременное потепление. В тыловой части произошло резкое понижение температуры, осадки сменились сухим снегом, усилился ветер до 18–20 м/с. В ряде регионов возможны снежные заносы, ухудшение видимости, гололедица. Весенняя дата обусловила дополнительную контрастность погодных условий до и после прохождения фронта.

Синоптическая оценка: Циклон имел активную фронтальную структуру, сопровождался развитым холодным фронтом, по которому происходило быстрое вторжение арктической воздушной массы. Высотная поддержка со стороны струйного течения обеспечивала быстрое продвижение и умеренное углубление. По признакам — типичный ныряющий циклон весеннего типа, с выраженным барическим контрастом и характерной фронтальной перестройкой.

Среднемесячное давление: в Белом море 1007-1010гПа (на 2-4гПа меньше нормы), на ЮВ Баренцева моря 1007гПа (на 3-6гПа меньше нормы), в Карском море (включая юго-запад) 1007-1016гПа (на 1-6гПа меньше нормы на севере моря на 2гПа больше нормы).

Среднемесячная температура: в Белом море –70С, –100С (на 3-40С ниже нормы); на ЮВ Баренцева моря – 100С, –150С (на 4-50С ниже нормы); в Карском море – 230С, – 270С, на юго-западе -16,-210С (на 1-50С ниже нормы).

Циклоны со Скандинавии, Балтики и Балкан перемещались на север Западной Сибири, в первой и последней пятидневке месяца опускались с Карского моря на Полярный Урал и полуостров Ямал, «ныряли» с районов Гренландского моря на северо-восток Коми республики и Вологодскую область.

Антициклоны в первой декаде ядра периодически формировались над Скандинавией и Северо-Западом России, во второй декаде располагались в приполюсных районах и над Норвежским морем.

В Белом море в первой декаде преобладали ветры западной четверти 5-10 м/с, временами на Севере с порывами 15-20 м/с; во второй декаде – восточной

четверти 9-14 м/с, с порывами 15-20 м/с, на Севере 18 марта порывы достигали 20-25 м/с; в третьей декаде – западной четверти 5-12 м/с, на Севере и в Горле в отдельные дни отмечались порывы 15 м/с.

На ЮВ Баренцева моря в начале первой декады преобладали ветры западной четверти, в дальнейшем – восточной, 5-10 м/с, с порывами до 12-14 м/с, 6-7 марта до 17-21 м/с; во второй и третьей декадах – ветры южной четверти 5-10 м/с, с порывами 12-15 м/с, 27 марта до 15-22 м/с.

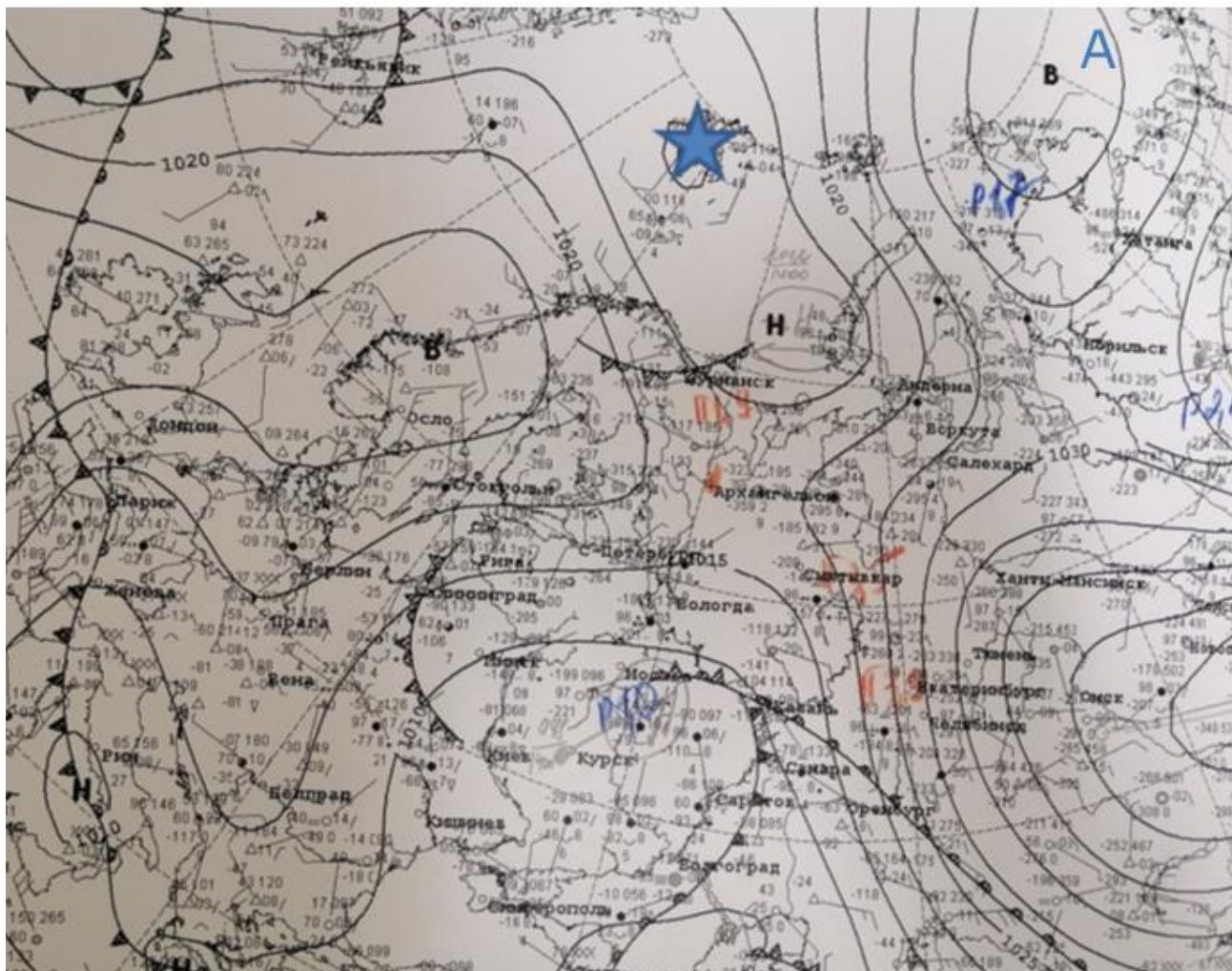
В Карском море по протяжении месяца преобладали ветры восточной четверти 5-10 м/с, в отдельные периоды с порывами 12-17 м/с, 20-22 марта усиливался до 10-15 м/с, а порывах 17-25 м/с.

Ныряющий циклон 15–21 января 2021 года.

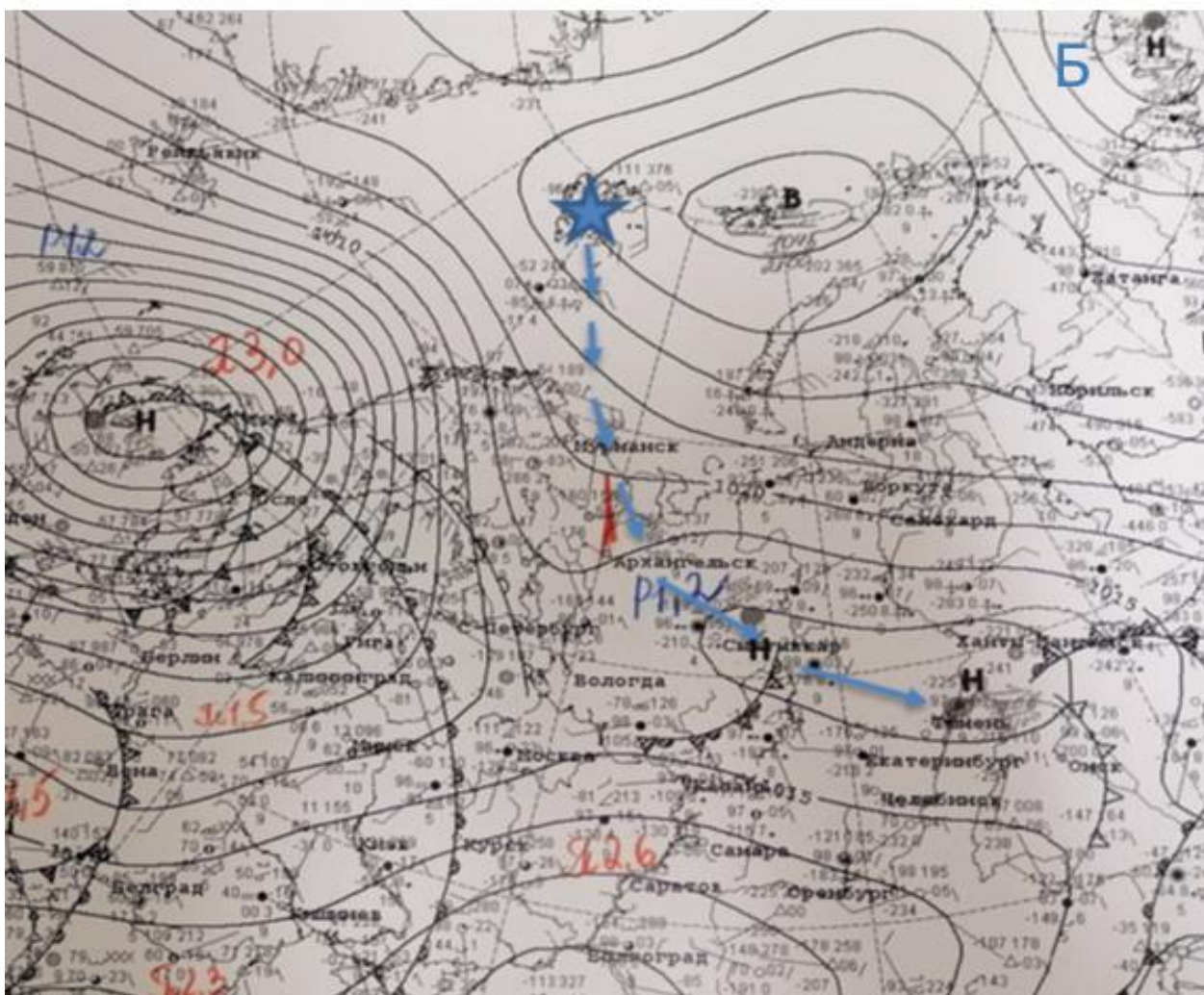
Дата и продолжительность: Циклон существовал в течение 7 суток — с 15 по 21 января 2021 года, что делает его самым продолжительным из всех представленных ныряющих случаев.

Минимальное давление: В исходной таблице указано, что тип — Zn, однако конкретных данных о минимальном давлении нет. Учитывая продолжительность, можно предположить наличие фазы устойчивого циклонического минимума в диапазоне 980–990 гПа, возможно, с несколькими центрами или вторичными ядрами.

Траектория движения: Формирование началось в районе Скандинавии, возможно в зоне повышенного градиента температур. Затем циклон переместился на юго-восток — через Прибалтику, северо-запад России, Центральный округ, далее — в Нижнее и Южное Поволжье. Отдельные фазы смещения могли быть зигзагообразными, что характерно для длительно существующих барических систем. Возможно, наблюдалась реорганизация центра или регенерация по фронту, что и объясняет длительность.



3.1.11. - Ныряющий циклон 15.01.2021г. 00 UTC. А – начало траектории.



3.1.12. – ныряющий циклон 21.01.2021г. 12 UTC. Б – окончание траектории.

Погодные последствия: Циклон сопровождался длительным ухудшением погодных условий. На протяжении почти недели на территории ЕЧР отмечались неоднократные волны осадков, смена воздушных масс, метели, резкие колебания температуры. В передней части фронтальной зоны могло наблюдаться кратковременное потепление, за которым следовало быстрое понижение температуры на 10–15 °С. Отмечались снежные заносы, усиление ветра до 20–25 м/с, образование гололеда и ухудшение условий дорожного движения.

Синоптическая оценка: Продолжительность жизни и масштаб воздействия позволяют отнести этот циклон к числу особо значимых ныряющих циклонов за последние десятилетия. Вероятно, имелась высотная поддержка в виде глубокого

циклонического вихря на уровне 500 гПа. Возможна также регенерация — переформирование циклона по фронту на более южной широте, что характерно для сложных зимних синоптических ситуаций.

Среднемесячное давление: в Белом море 1015-1020гПа (на 4-11гПа больше нормы), на ЮВ Баренцева моря 1020-1026гПа (на 12-16гПа больше нормы), в Карском море 1026-1028гПа (на 15-16гПа больше нормы).

Среднемесячная температура: в Белом море –100С, –140С (в пределах климатической нормы); на ЮВ Баренцева моря – 140С, –190С (на 10С ниже нормы); в Карском море – 150С, – 220С (на 1-70С выше нормы).

В первой декаде циклоны с Гренландского и Норвежского морей перемещались к востоку и северо-востоку, неглубокий «южный» циклон с Ленинградской области выходил на Архангельскую область. Во второй декаде образование частых циклонов происходило над морем Лаптевых и севером Новой Земли (они смещались на Таймырский Долгано-Ненецкий автономный округ, Красноярский край), а также над районами Шпицбергена («ныряли» либо на центральные районы Баренцева моря, либо на Архангельскую область и Республику Коми). В третьей циклоническая деятельность развивалась над Норвежским морем, в последней пятидневке месяца осуществлялся выход циклонов с Балкан на Балтийское море, Северо-Запад ЕТР.

Антициклоны смещались с Карского моря на северо-западные районы Республики Коми, с моря Лаптевых на ЗФИ (р.с. в первые дни месяца на погоду в Баренцевом и Карском морях оказывал влияние обширный антициклон, которым была занята вся Сибирь, в Белом море большую часть декады преобладал повышенный фон атмосферного давления).

В Карском море в первой половине месяца преобладали ветры южных, во второй – восточных направлений 7-12м/с, временами с порывами 15-20м/с.

В Белом море в первой и во второй декадах преобладал юго-восточный ветер 5-10 м/с, с кратковременными усилениями до 12-16м/с, 18-19 января на МГ-

2 Канин Нос 15-20м/с, в порывах 20-25м/с; в третьей декаде – восточной четверти 8-13м/с, временами с порывами 15-22м/с.

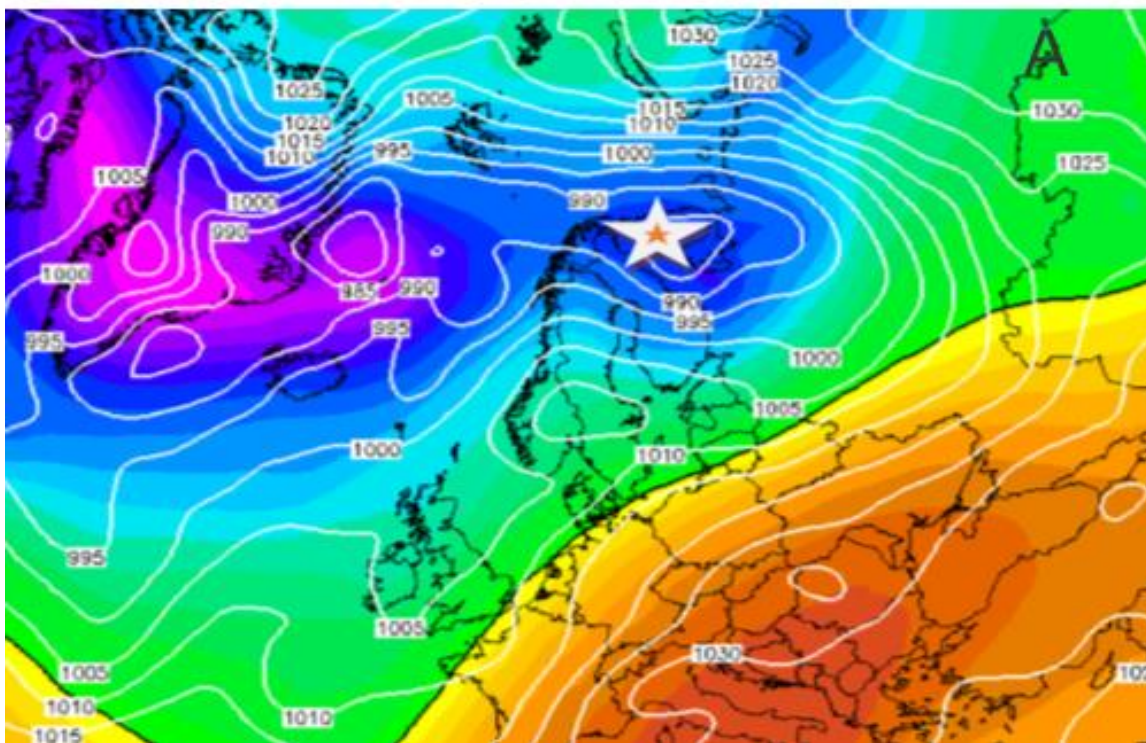
На ЮВ Баренцева моря преобладали ветры восточной четверти 7-12м/с, в отдельные дни с порывами до 15-20м/с.

Ныряющий циклон 1–3 января 2023 года

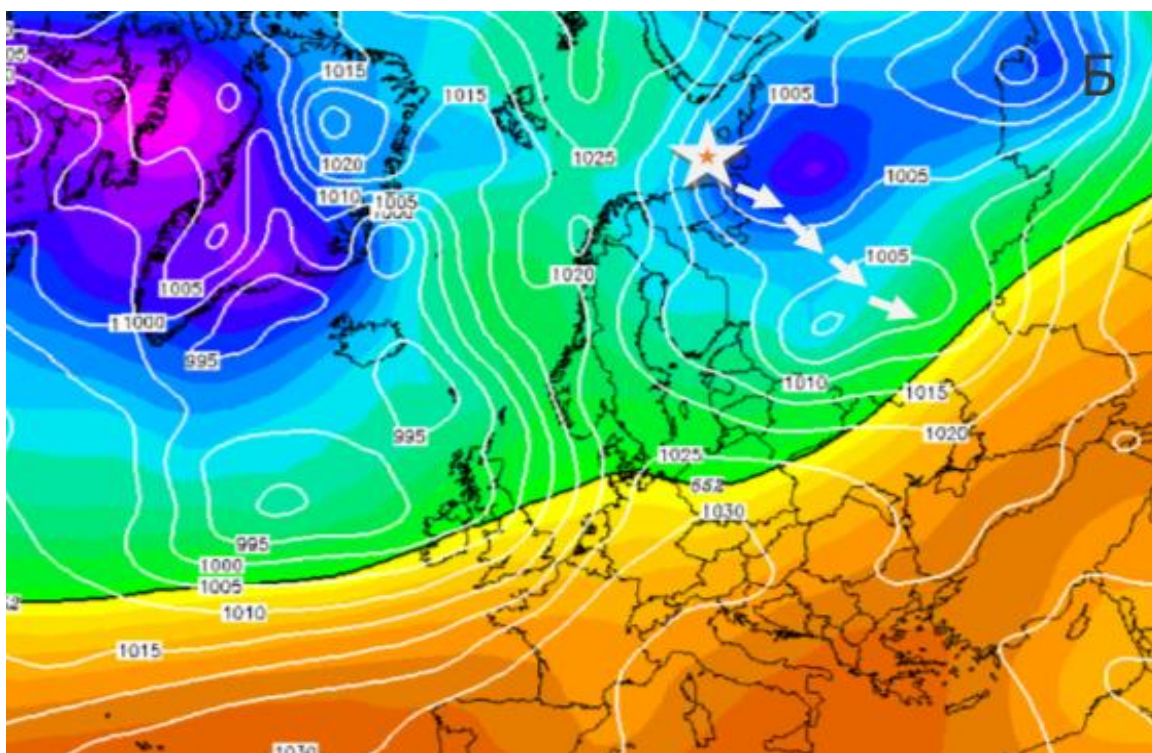
Дата и продолжительность: Циклон наблюдался в период с 1 по 3 января 2023 года, продолжительность составила 3 суток.

Минимальное давление: Конкретное значение минимального давления в таблице не указано. Однако для зимнего ныряющего циклона с такой продолжительностью характерно давление в пределах 985–990 гПа, с возможным углублением в фазе активного продвижения.

Траектория движения: Формирование произошло над акваторией Северной Атлантики или вблизи Скандинавии. Циклон быстро переместился через северные районы Европейской части России на юго-восток, охватывая такие регионы, как Архангельская область, Вологда, Ярославль, затем продвигаясь в сторону Нижегородской и Ульяновской областей. Характер траектории соответствует каноническому сценарию ныряющего циклона с быстрым движением по задней периферии антициклона, находящегося южнее.



3.1.13. - Ныряющий циклон 01.01.2023г. 12 UTC. А – начало траектории.



3.1.14. – ныряющий циклон 03.01.2023г. 18 UTC. Б – окончание траектории.

Погодные последствия: Циклон пришёл на начало календарного года, что обусловило повышенное внимание к резкому изменению погодных условий. На фоне относительно мягкой предновогодней погоды в начале января произошло резкое похолодание, сопровождаемое обильными осадками в виде снега, местами метелью и усилением ветра. В зоне прохождения фронта наблюдались переходы осадков из мокрого снега в сухой и сильный ветер до 20 м/с. В тыловой части отмечалось формирование снежного покрова и возможные снежные заносы.

Синоптическая оценка: Циклон характеризовался высокой скоростью перемещения и активной фронтальной системой. Весьма вероятна поддержка со стороны струйного течения в средней тропосфере. Его жизненный цикл укладывается в классическую схему ныряющего циклона с прохождением активного холодного фронта и дальнейшим затуханием при выходе за Урал. Интенсивность — умеренная, но динамика — ярко выраженная.

Среднемесячное давление: в Белом море 1005-1010гПа (около и выше нормы на 1-2гПа), на юго-востоке Баренцева моря 1005-1010гПа (около нормы), в Карском море 1015-1025гПа (на 5-10гПа выше нормы), ЮЗ Карского моря 1009-1015гПа (на 1-5гПа выше нормы).

Среднемесячная температура: в Белом море -40С, -70С (на 4-50С выше нормы); на юго-востоке Баренцева моря -50С, -100С (на 4-50С выше нормы); в Карском море -15,-270С (около нормы и на 1-40С ниже нормы), ЮЗ Карского моря -9,-180С (около нормы и на 1-40С выше нормы).

Циклоны в первой декаде месяца перемещались с Финляндии в юго-восточном направлении через Белое море и далее на ЕТР, с моря Лаптевых в юго-западном направлении на Карское море, с Северной Земли через восток Таймырского полуострова и далее на Якутию; во второй декаде циклоны с Атлантики перемещались в северо-восточном и восточном направлениях на Баренцево море, с Северного моря в северо-восточном и восточном направлениях

на ЗФИ или Карское море; в третьей декаде с Исландии через Баренцево море, юго-восток Карского моря и далее на Урал, с Атлантики через Скандинавию и Ботнический залив и далее на Карелию, с Гренландии в юго-восточном направлении на Баренцево море.

Антициклоны смещались с юго-запада Карского моря на Республику Коми, с Баренцева и Норвежского моря в южном направлении на ЕТР.

В Белом море преобладал ветер южной четверти 5-10 м/с, временами порывами 12-17 м/с, в отдельные дни на Севере, Горле и Бассейне порывы ветра достигали 19-22 м/с.

На юго-востоке Баренцева моря преобладал юго-западный и западный ветер, в начале первой и конце третьей декады наблюдался ветер восточной четверти 5-10 м/с, временами с порывами 12-17 м/с, в отдельные дни порывы ветра достигали 20-22 м/с.

В Карском море в первой декаде преобладал ветер восточной, временами происходил переход на западную четверть 5-10 м/с, временами порывами 12-15 м/с, 2 и 3 января на ОГМС Амдерма ветер усилился до 20 м/с.

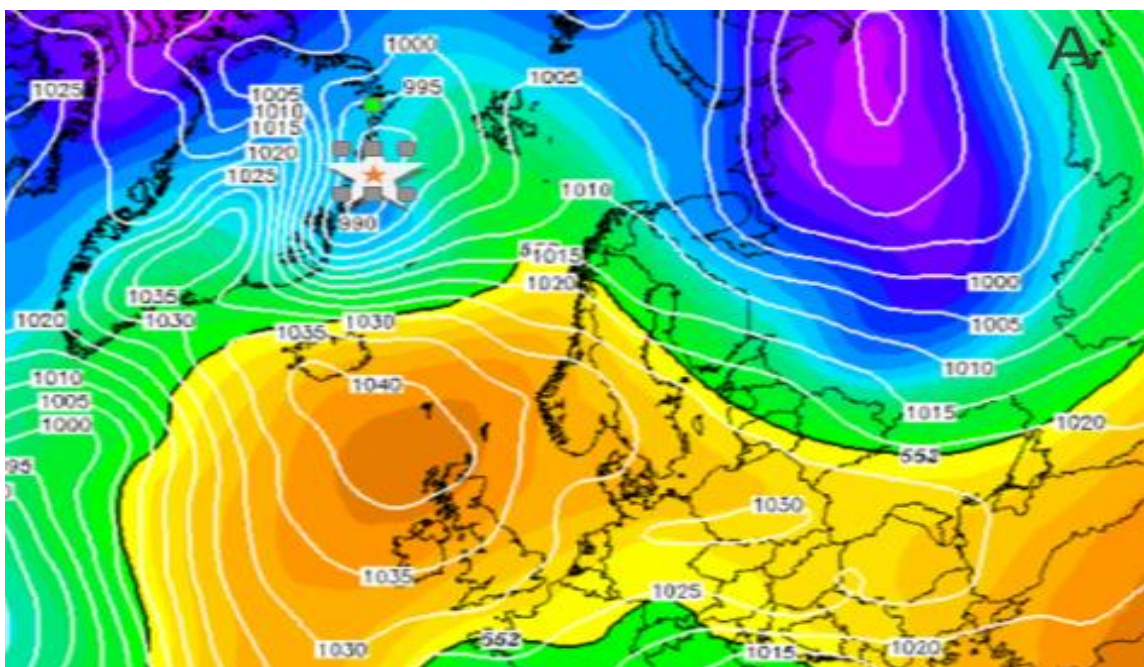
Ныряющий циклон 1–8 марта 2023 года.

Дата и продолжительность: Циклон наблюдался с 1 по 8 марта 2023 года, продолжительность составила 8 суток, что делает его самым продолжительным ныряющим циклоном за весь анализируемый период.

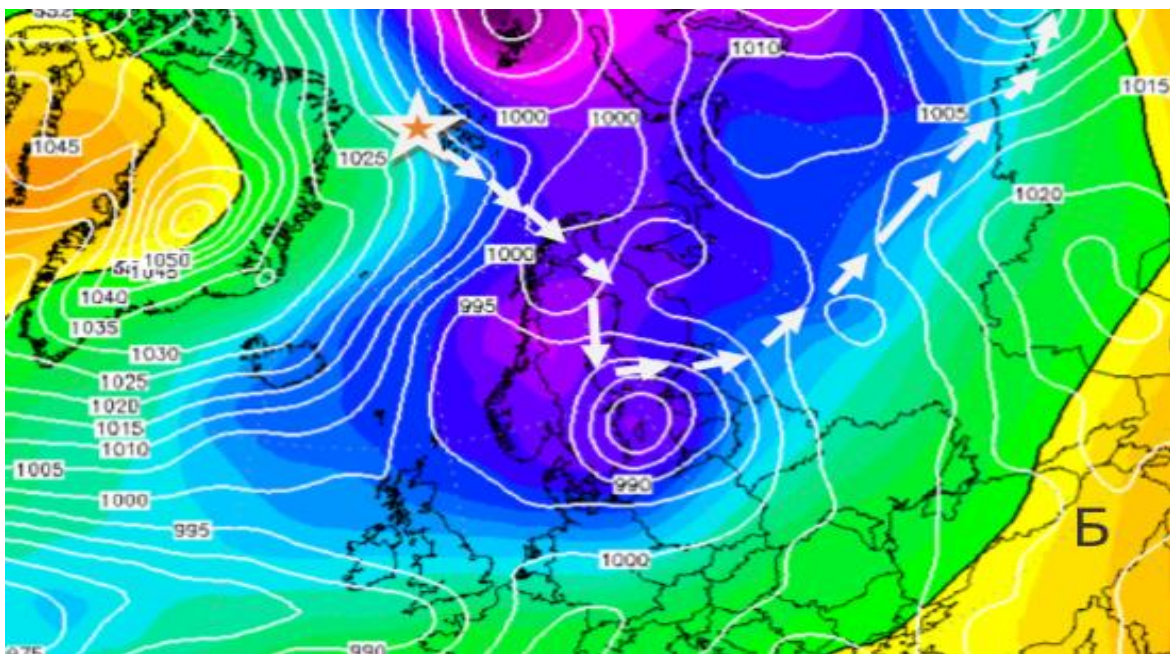
Минимальное давление: в таблице не указано точное значение, но учитывая длительность существования и наличие признаков ныряющего типа (Zn), можно предположить углубление до 985–990 гПа с последующей в пределах ± 5 гПа в процессе смещения.

Траектория движения: Формирование циклона, вероятно, произошло в районе юго-западной части Баренцева моря или северной Скандинавии. Далее он начал последовательное движение по юго-восточной траектории: через Архангельскую и Вологодскую области в Центральную Россию, затем в районы

Среднего и Нижнего Поволжья, затронув даже территорию Южного федерального округа. Возможна стадия регенерации или разделения на несколько барических минимумов, учитывая продолжительность жизни и протяжённость пути.



3.1.15. - Ныряющий циклон 01.03.2023г. 06 UTC. А – начало траектории.



3.1.16. – ныряющий циклон 08.03.2023г. 00 UTC. Б – окончание траектории.

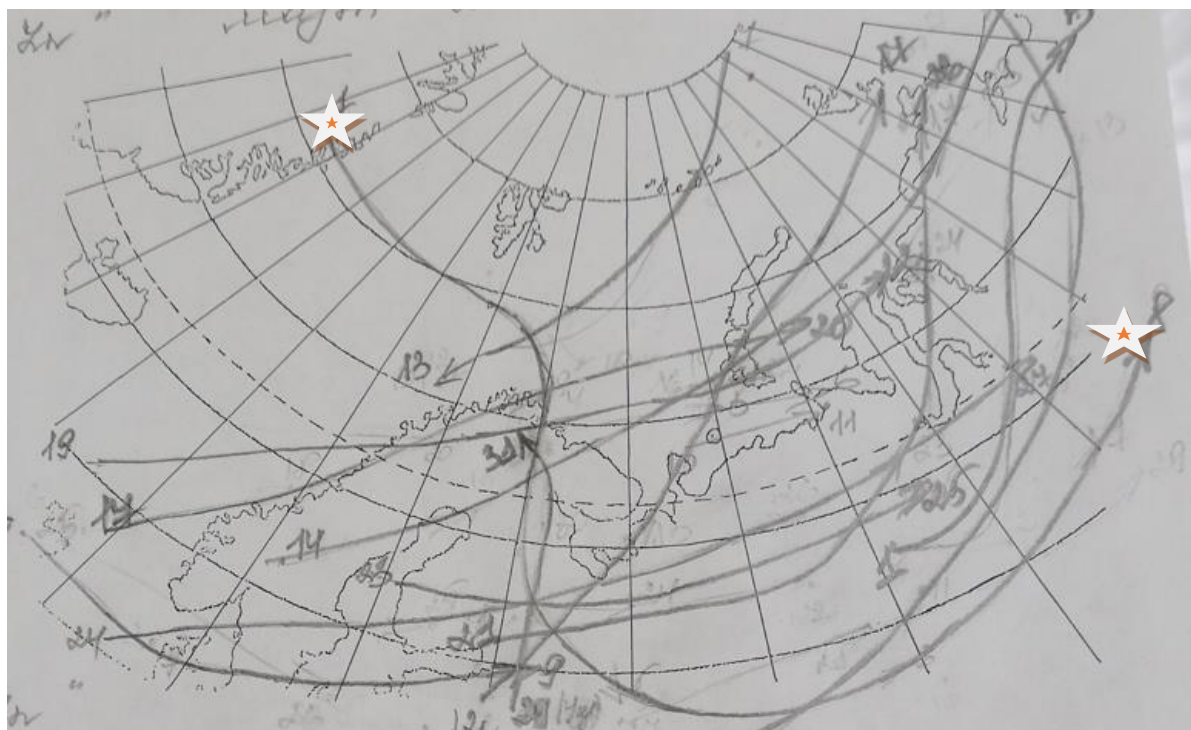


Рис.3.1.17. - Траектория «ныряющего» циклона 01.03.2023–08.03.2023г.

Погодные последствия: За неделю прохождения цикла над ЕЧР были зарегистрированы следующие метеорологические явления: длительные осадки в различных фазах: снег, мокрый снег, дождь, многократные вторжения холодных воздушных масс, значительные колебания температуры: от оттепелей до краткосрочных возвратов сильных морозов, порывы ветра до 20–22 м/с, снежные заносы, обледенение, ухудшение дорожной обстановки, местами возможны отключения электроэнергии из-за налипания снега и ветра.

Синоптическая оценка: Циклон имеет признаки сложной, многокомпонентной системы, возможно, с несколькими центрами. Продолжительность в 8 суток свидетельствует либо о стационарной фазе над определённым регионом, либо о последовательной регенерации барических минимумов на фоне устойчивой высотной ложбины. Это типичный поздnezимний/ранневесенний ныряющий циклон, обладающий высокой прогностической значимостью из-за своей многодневной активности и разнообразия погодных эффектов.

Среднемесячное давление: в Белом море 1000-1003гПа (на 7-9гПа меньше нормы), на юго-востоке Баренцева моря 998-1001гПа (на 8-9гПа меньше нормы), в Карском море 1000-1004гПа (на 9-12гПа меньше нормы).

Среднемесячная температура: в Белом море 30С, -60С (в пределах нормы); на юго-востоке Баренцева моря -50С, -90С (в пределах нормы); в Карском море -15,-250С (в пределах нормы), ЮЗ Карского моря -9,-150С (в пределах нормы).

Циклоны с Атлантики через Северное и Балтийское море перемещались на Ленинградскую область, с Гренландии на Урал, с Коми на Якутию, со Скандинавии и Московской области на море Лаптевых, в третьей декаде наблюдался выход Южного циклона на Скандинавию.

Во второй и третьей декадах ядра формировались над Атлантикой и Гренландией и перемещались на Норвежское и Белое моря, над Норвежским морем и Финским заливом перемещались на Урал, в конце первой и начале второй декады с Норвегии на Московскую область.

В Белом море в первой декаде преобладал ветер южных направлений 7-12м/с, временами порывами до 15-20 /с, во второй декаде в отдельные дни на Севере, Мезенском заливе порывы ветра достигали 23-26м/с.

На юго-востоке Баренцева моря преобладал ветер южных направлений 7-12м/с, временами порывами до 15-20 м/с; во второй декаде в отдельные дни ветер усиливался до 22-27м/с.

В Карском море преобладал ветер южной четверти 7-12 м/с, временами с порывами 22-27 м/с, во второй декаде в отдельные дни порывами до 27 м/с.

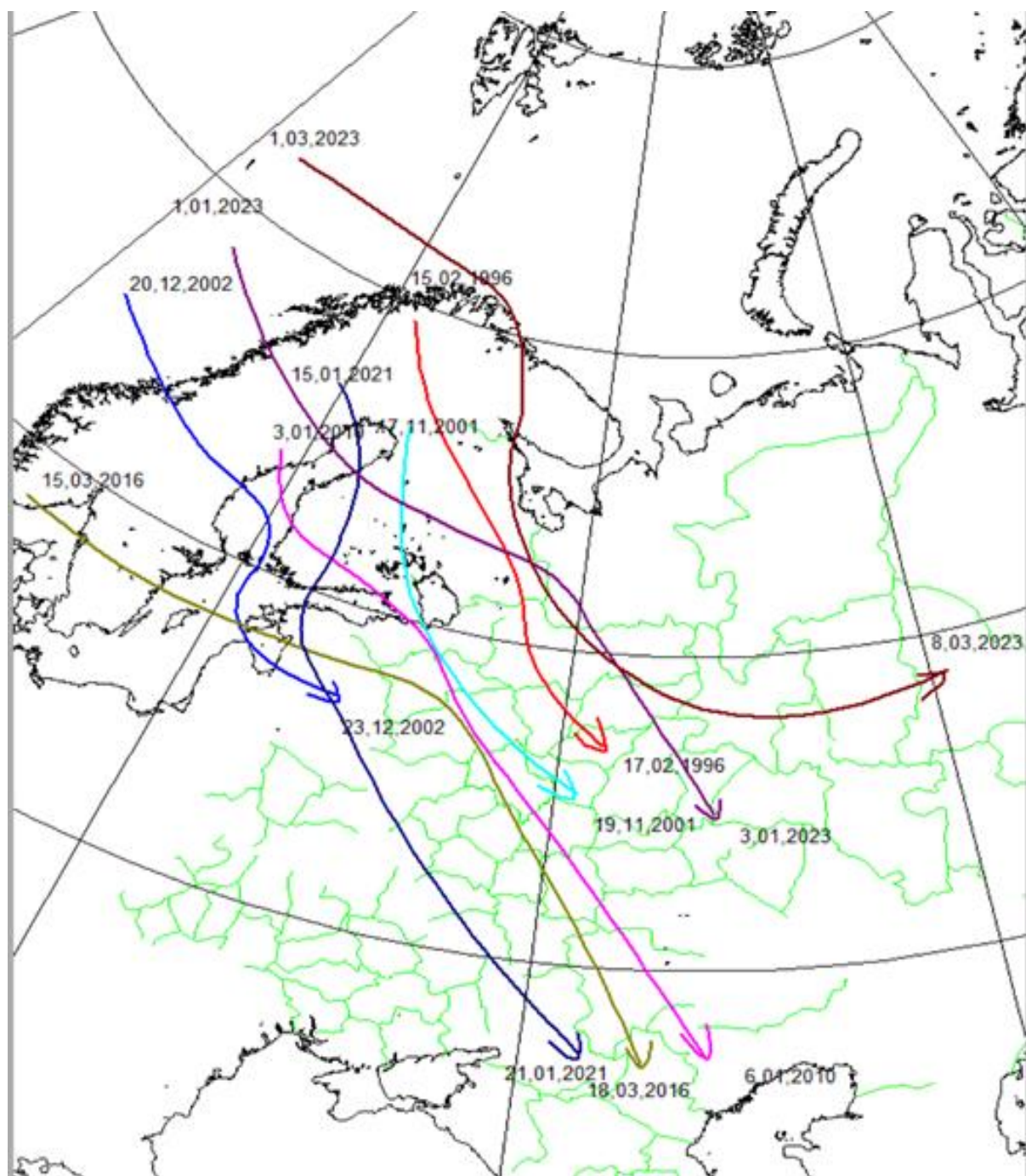


Рис.3.1.18. - Общие траектории «ныряющих» циклонов в периоде 1996-2023г.

Проанализировав общие траектории, мы можем сделать вывод о том, что схожих траекторий у «ныряющих» циклонов нет.

3.2. Архив данных случаев «ныряющих» циклонов.

В работе были выявлены 16 случаев «ныряющих» циклонов, фрагмент архива представлен в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1. Архив данных «ныряющих» циклонов за период с 1996г. по 2023г.

№	Дата	Длительность (суток)	Мин. давление (гПа)	Траектория	Особенности влияния
1	15– 17.02.1996	3	980	Скандинавия → Центр ЕЧР	Снегопад, метель, похолодание, ветер ≥ 15 м/с
2	17– 19.11.2001	3	~985–990	Скандинавия → Север ЕЧР	Обострение фронтальных осадков холодного фронта, резкое похолодание, ветер ≥ 15 м/с
3	20– 23.12.2002	4	985	Балтика → Центр → Юг ЕЧР	Метель, ветер, фронтальная перестройка, ветер ≥ 15 м/с
4	03– 06.01.2010	4	~985–990	Скандинавия → Поволжье	Снег, ветер, значительные колебания температуры, ветер ≥ 20 м/с
5	15– 18.03.2016	4	~985–990	Скандинавия → Центральная Россия	Значительные колебания температуры, срыв потепления, ветер ≥ 18 м/с
6	15– 21.01.2021	7	~980–990	Север ЕЧР → Центр → Поволжье	Продолжительные осадки (более 12 часов),
7	01– 03.01.2023	3	~985–990	Север → Центральный ФО	Смена фаз осадков, ветер
8	01– 08.03.2023	8	~985–990	Баренцево → Центр → Юг	Продолжительный снег, осадки, регенерация циклона

На рис. 3.2.1 отображена продолжительность жизни «ныряющих» циклонов в период с 1996 года по 2023 год.

В среднем продолжительность жизни «ныряющих» циклонов составляет 3-4 дня. Минимальная продолжительность жизни у «ныряющего» циклона – 3 дня. Максимальная продолжительность жизни составляет 8 дней.

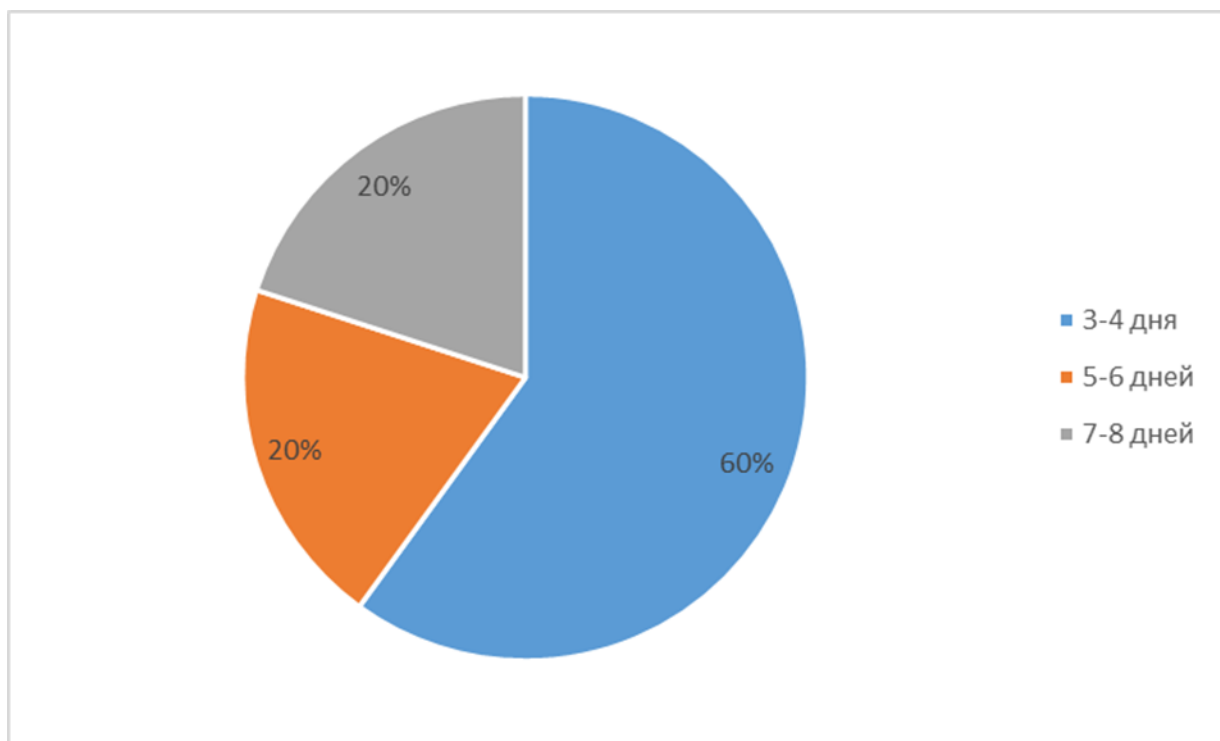


Рис.3.2.1 – Продолжительность жизни «ныряющих» циклонов.

Рассмотрим повторяемость «ныряющих» циклонов по месяцам за период с 1996 года по 2023 год (рис. 3.2.1).

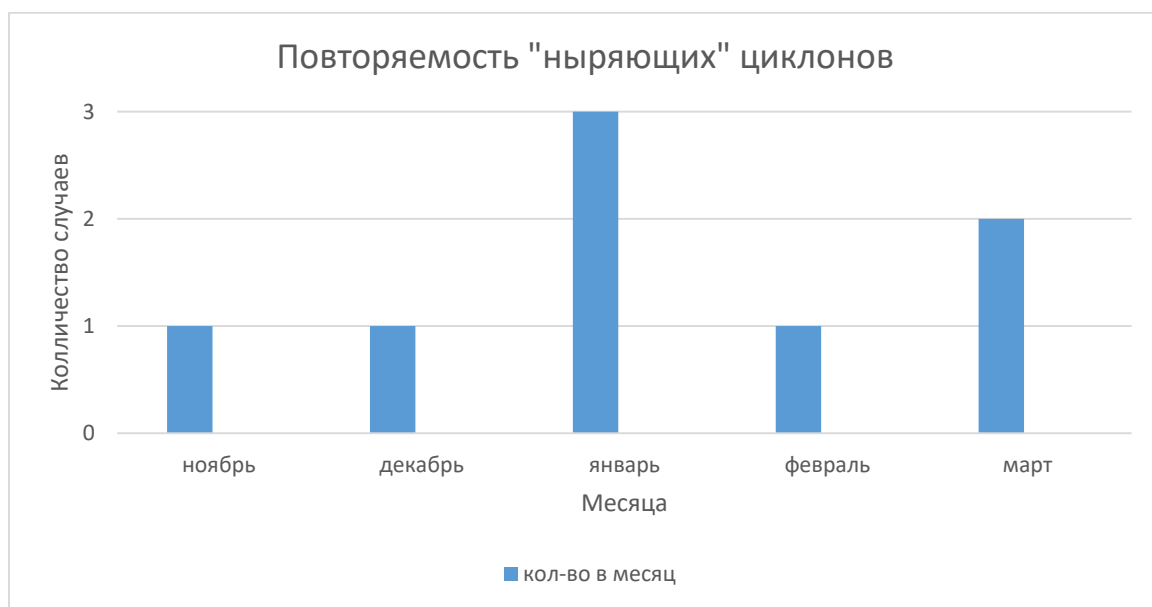


Рис. 3.2.2. - Повторяемость «ныряющих» циклонов в каждом месяце в период с 1996 года по 2023 год.

При анализе графика, изображенного на рис. 3.2.2., можно сделать вывод о том, что большинство «ныряющих» циклонов наблюдались в январе.

Минимальное количество за период наблюдений было в ноябре, декабре и феврале.

В результате анализа базы данных «ныряющих» циклонов можно сделать вывод о том, что продолжительность их жизни варьируется от 3 дней до 8 дней.

Формируются «ныряющие» циклоны чаще всего в январе, реже в ноябре, декабре и феврале.

3.3. Выводы по ключевым параметрам.

1. Длительность:

Средняя продолжительность — 3,4 суток. Минимум — 3 дня (1996, 2001, 2023), максимум — 8 дней (март 2023).

Особо долгоживущие — январь 2021 и март 2023 — могут указывать на случаи регенерации циклона или «перехода» между барическими системами.

2. Минимальное давление: Подтверждённые значения варьируются от 980 до 985гПа, что соответствует умеренной или сильной интенсивности. У всех «ныряющих» давление в пределах нормального для холодного периода циклогенеза.

3. Траектории:

Все случаи соответствуют ныряющему типу: движение с северо-запада на юго-восток, часто по задней периферии стационарного антициклона. Выделяются две основные траектории: Атлантическая (через Балтику → Центр → Поволжье) и Арктическая (через Баренцево → Коми → Среднее Поволжье).

4. Погодные эффекты: Во всех случаях — резкие перемены погоды. Наиболее характерные явления: переход осадков от дождя/мокрого снега к

сухому снегу, метель и снежные заносы, скачкообразные падения температуры (до $-10...-15^{\circ}\text{C}$ за сутки), усиление ветра до 20–25 м/с.

Общие закономерности

1. Сезонность: все случаи приходятся на холодный период года (декабрь–март), что подтверждает типичную для ныряющих циклонов сезонную активность.

2. Тип синоптической обстановки: во всех случаях — наличие высотной ложбины, благоприятствующей формированию циклона, и антициклона южнее, направляющего движение.

3. Климатическое значение: ныряющие циклоны играют ключевую роль в прерывании оттепелей, формировании снежного покрова и создании опасных погодных условий.

Заключение.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра поставленная цель была выполнена, задачи решены.

За период с 1996 по 2024 год было выявлено 16 случаев «ныряющих» циклонов с акватории Баренцева моря и близлежащих морей.

70% циклонов демонстрировали высокую скорость перемещения (50–60 км/ч). Минимальное давление в центре большинства из них составляло 980–990 гПа. Продолжительность существования варьировалась от 3 до 8 суток, причём более длительные случаи сопровождались повторными фазами циклогенеза. 60 % случаев заполнялись через 3–4 дня. Прохождение ныряющих циклонов сопровождалось резкими изменениями погодных условий: осадками различной интенсивности, метелями, значительными колебаниями температуры (от 10°C), усилением ветра выше 16 м/с (100% случаев).

Были построены и проанализированы траектории «ныряющих» циклонов.

Все рассмотренные циклоны имели характерное направление перемещения — с северо-запада на юго-восток. Такое направление определяется общей циркуляцией в холодное время года, наличием ложбин в поле высотного давления и антициклоническим блокированием. Циклоны смещаются по ведущему потоку который ориентирован по восточной периферии высотного барического гребня.

Было выявлено 8 основных траекторий движения циклонов. Наиболее частой является траектория циклона сформировавшегося над побережьем северной Скандинавии и продвигающегося через Ботнический залив в направлении восток, юго-восток.

Таким образом, ныряющие циклоны представляют собой важный тип синоптических объектов с высокой прогностической значимостью. Их анализ позволяет не только уточнять краткосрочные прогнозы, но и оценивать

климатическую повторяемость опасных погодных явлений в пределах Европейской части России.

Список использованных источников.

1. Воробьев В. И. Синоптическая метеорология [Текст] / Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 604 с.
2. Хандожко Л. А. Региональные синоптические процессы. Учебное пособие. [Текст] / Л.: изд. ЛГМИ, 1988 - 103 с
3. Руководство по использованию спутниковых данных в анализе и прогнозе погоды / Под ред. И. П. Ветлова, Н. Ф. Вельтищева [Текст] / Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 299 с.
4. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том I. Баренцево море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия. [Текст] / Л.: Гидрометеиздат, 1990 - 280 с
5. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том II. Белое море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия [Текст] / Л.: Гидрометеиздат, 1991 - 240 с.
6. Зверев А.С. Синоптическая метеорология, 1977г.
7. Wetterzentrale.de [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php>, свободный.

Приложение 1.

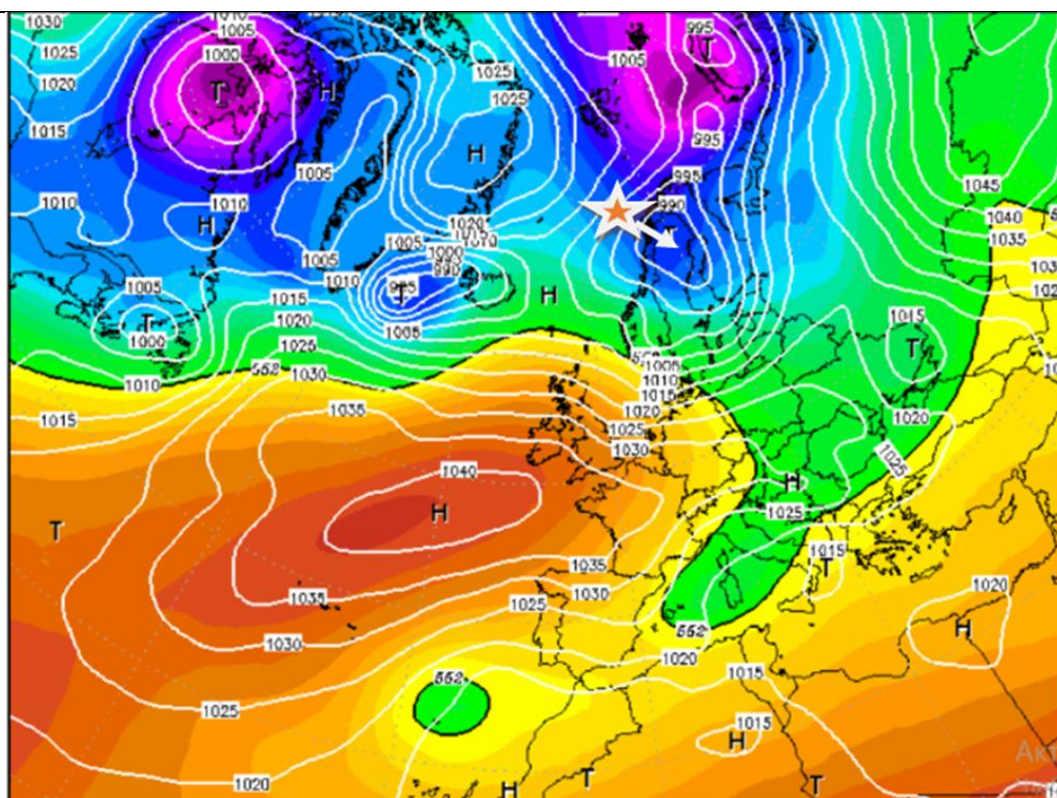
Траектории «ныряющих» циклонов

15-17.02.1996г.

15.02.199

6г.

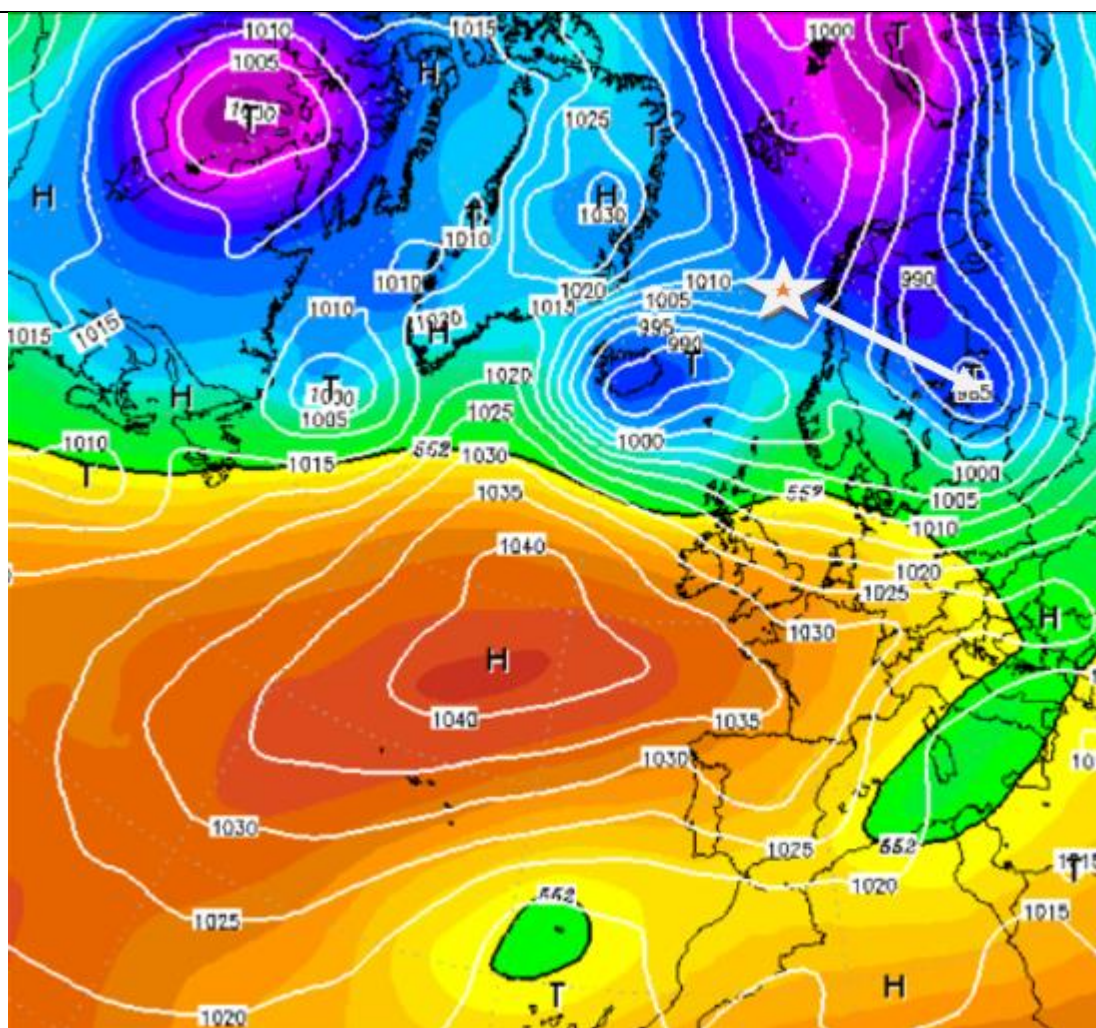
18UTC



16.02.199

6r.

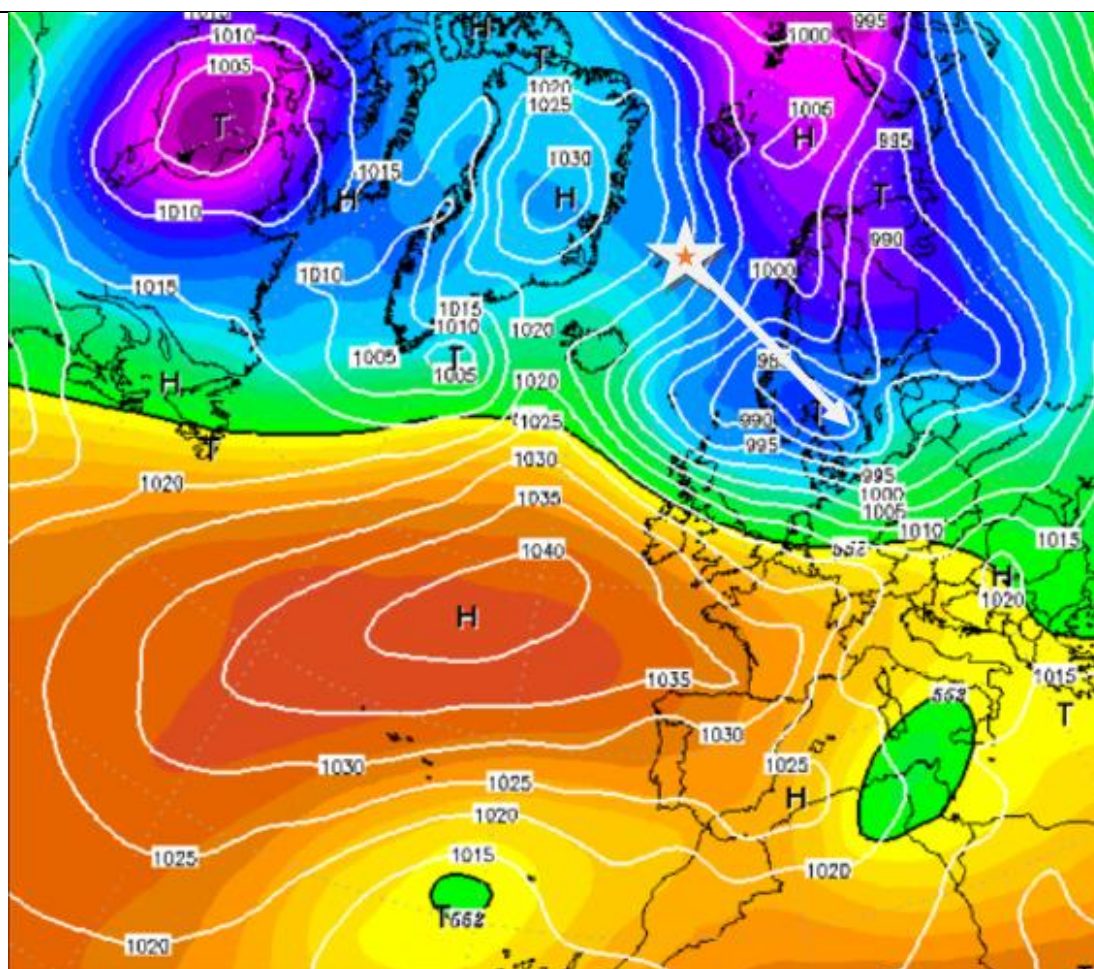
06 UTC



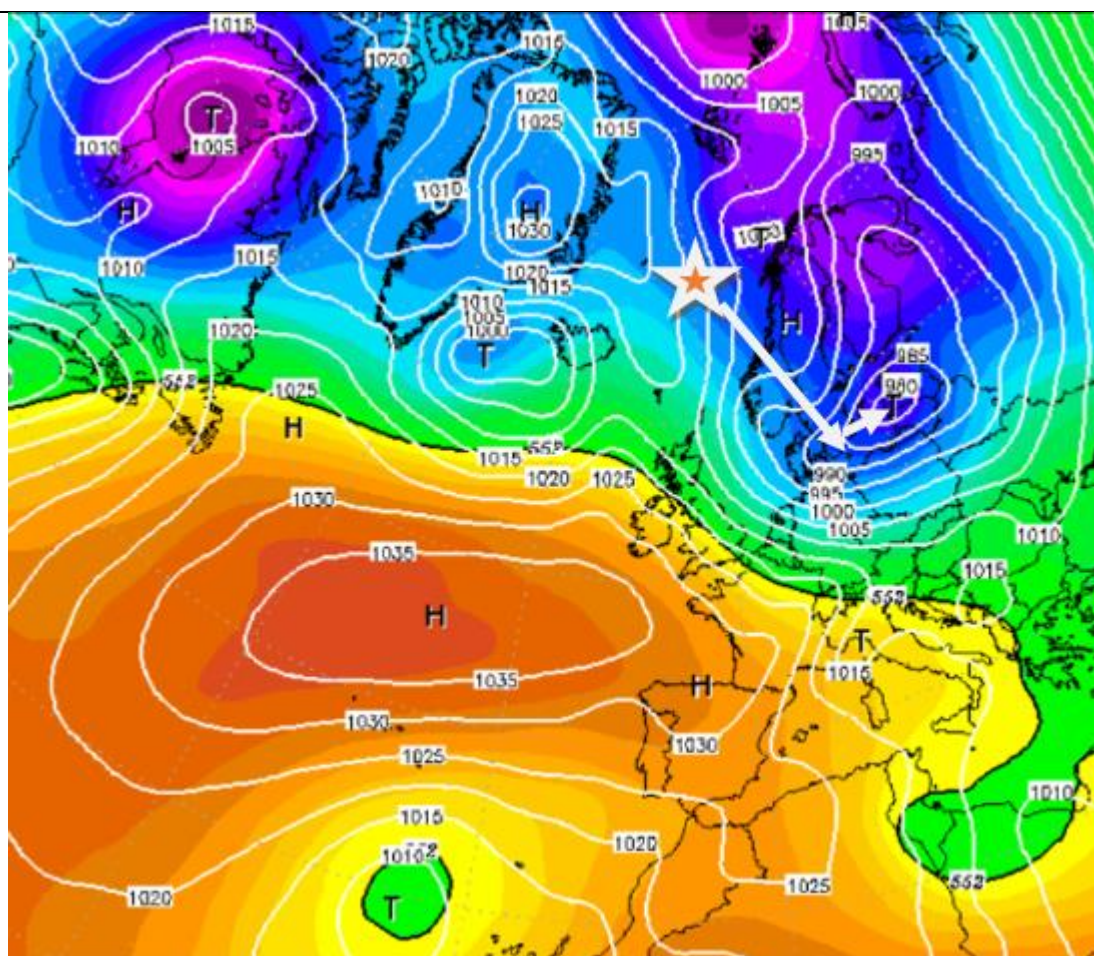
16.02.199

6г.

18 UTC



06 UTC

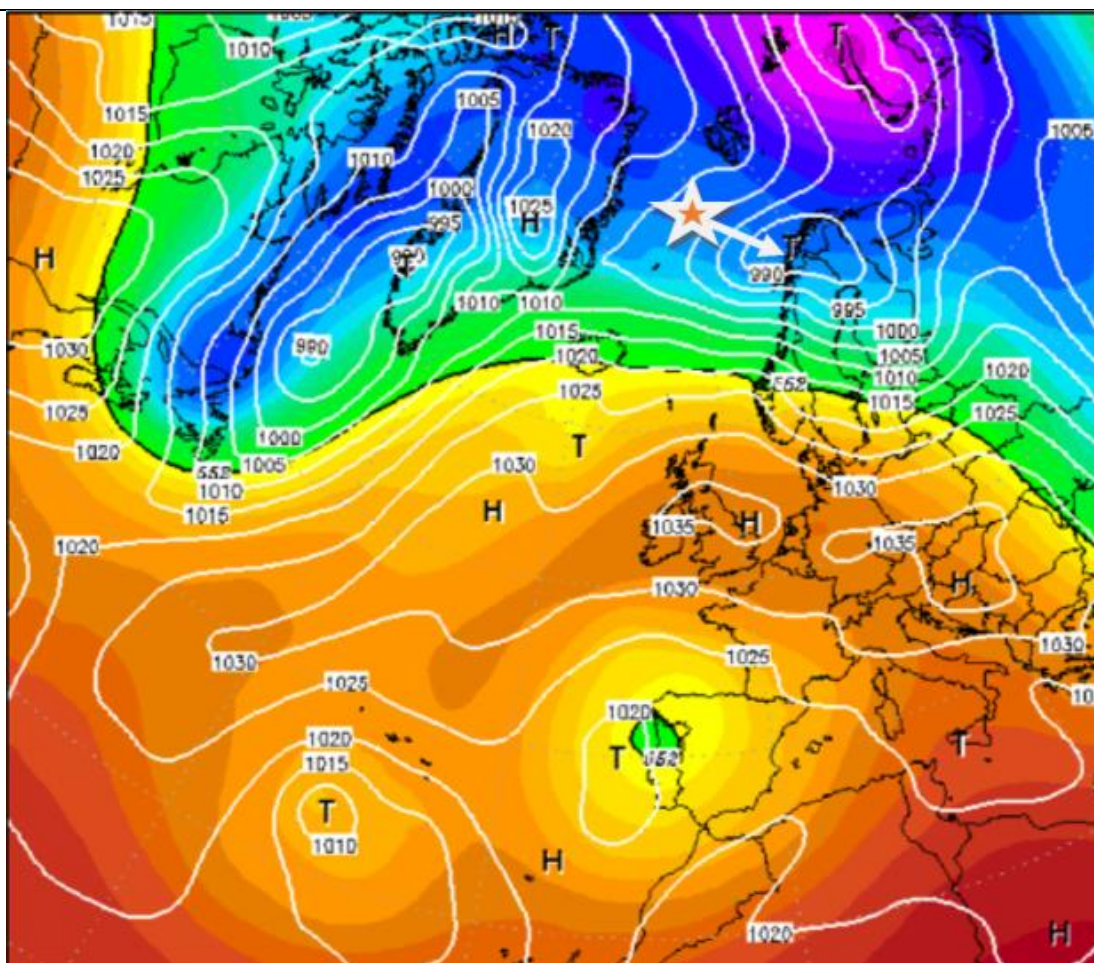


17-19.11.2001г.

17.11.200

1 г.

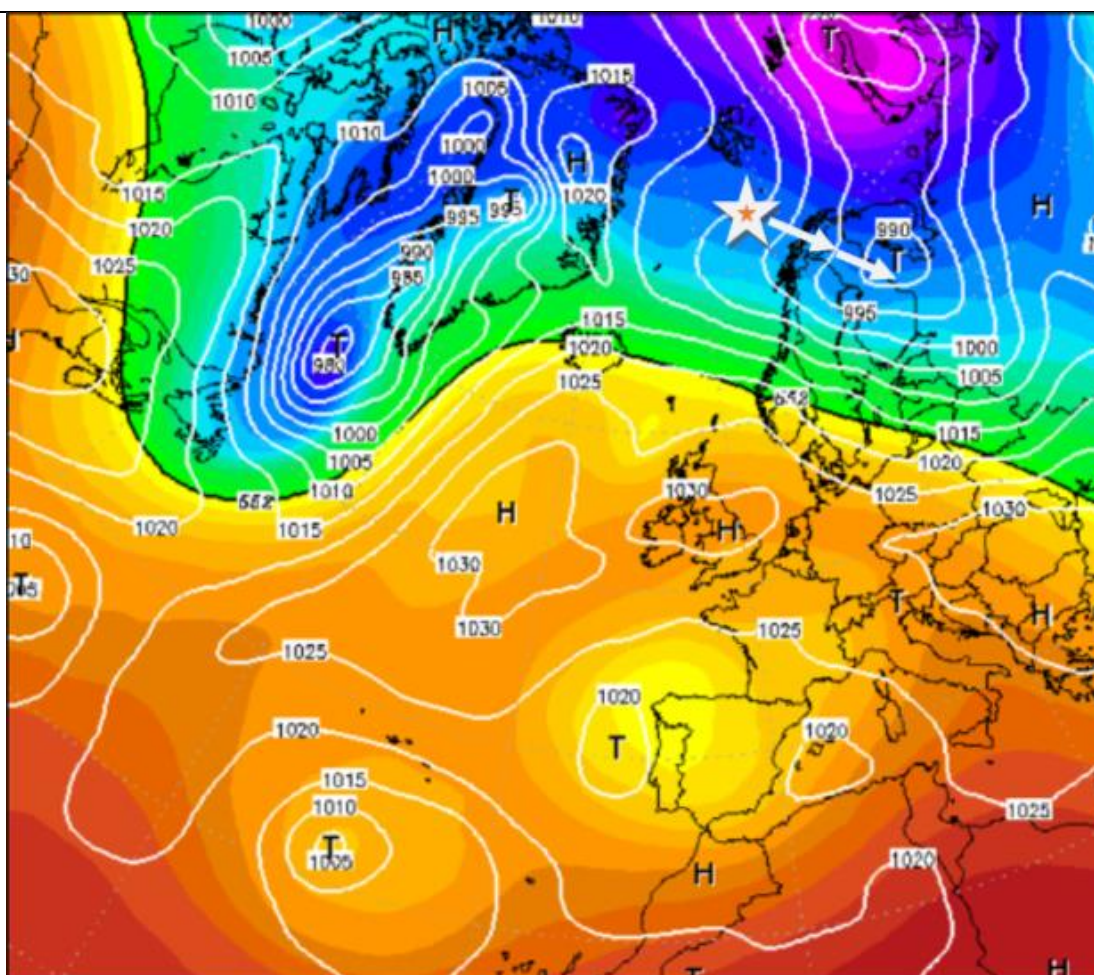
12 UTC



18.11.200

1 г.

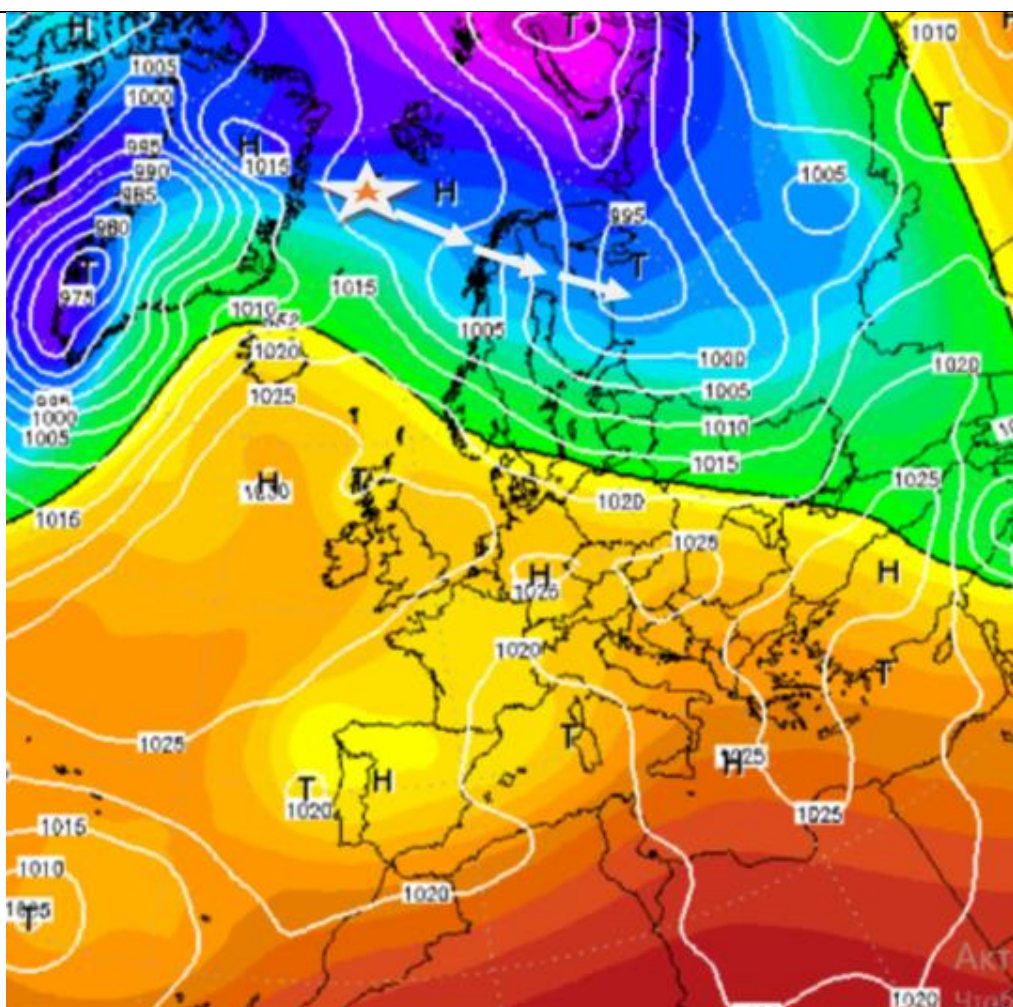
00 UTC



18.11.200

1 г.

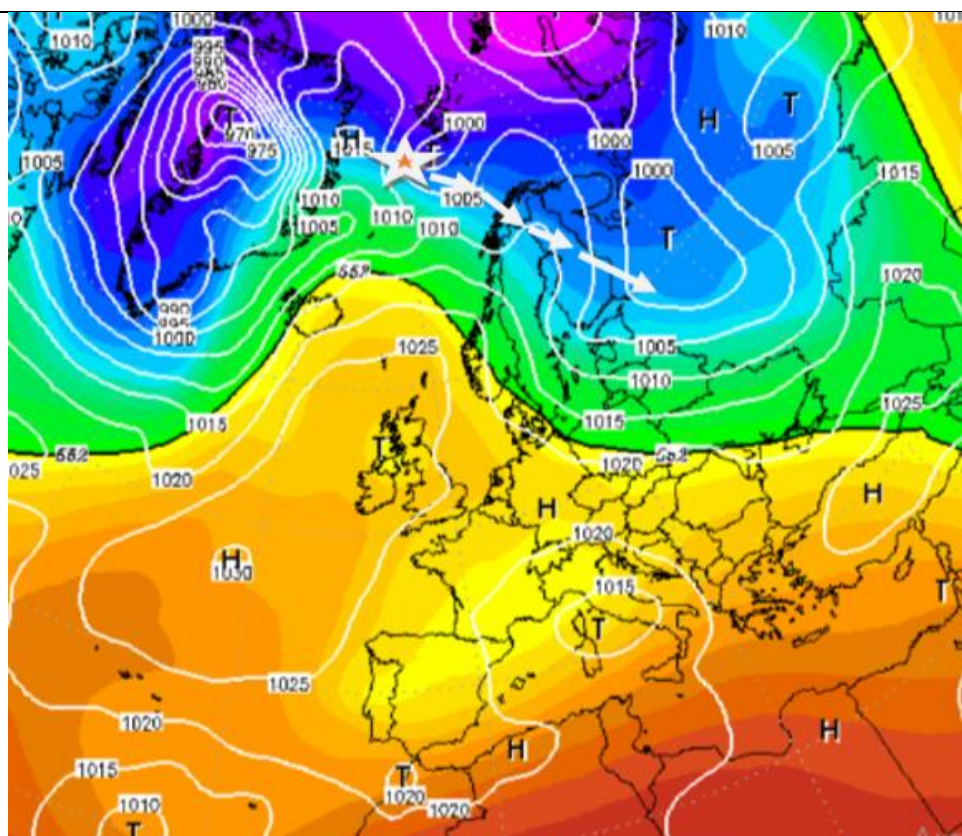
12 UTC



19.11.200

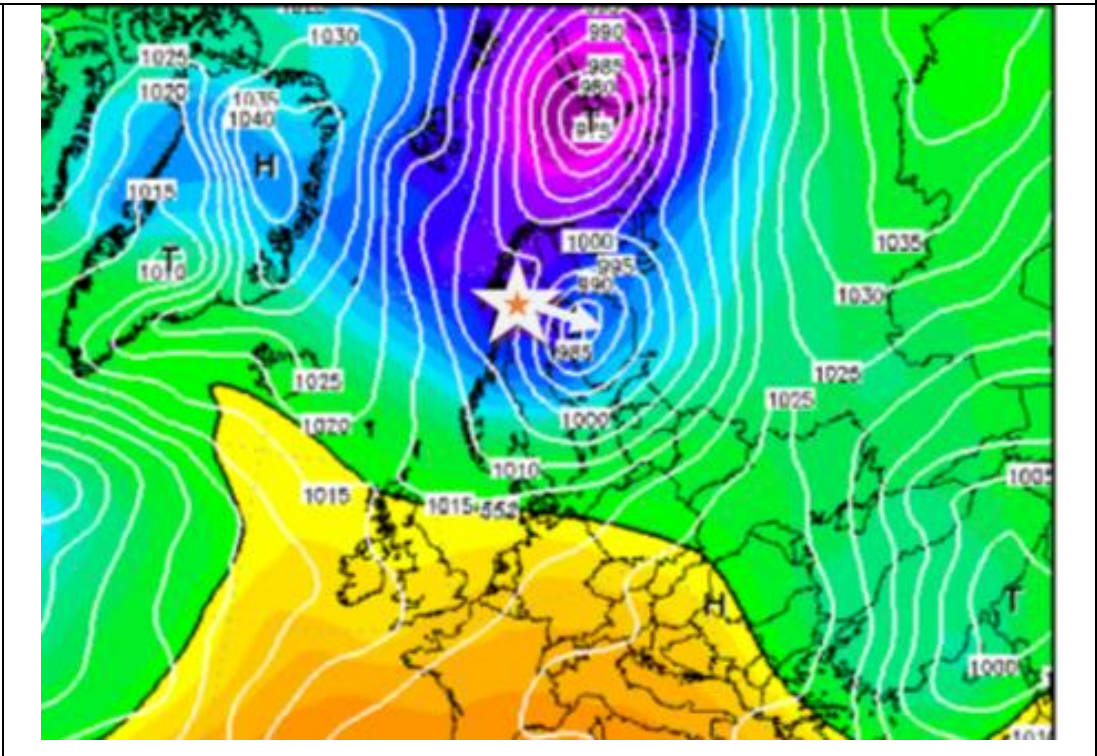
1 г.

00 UTC

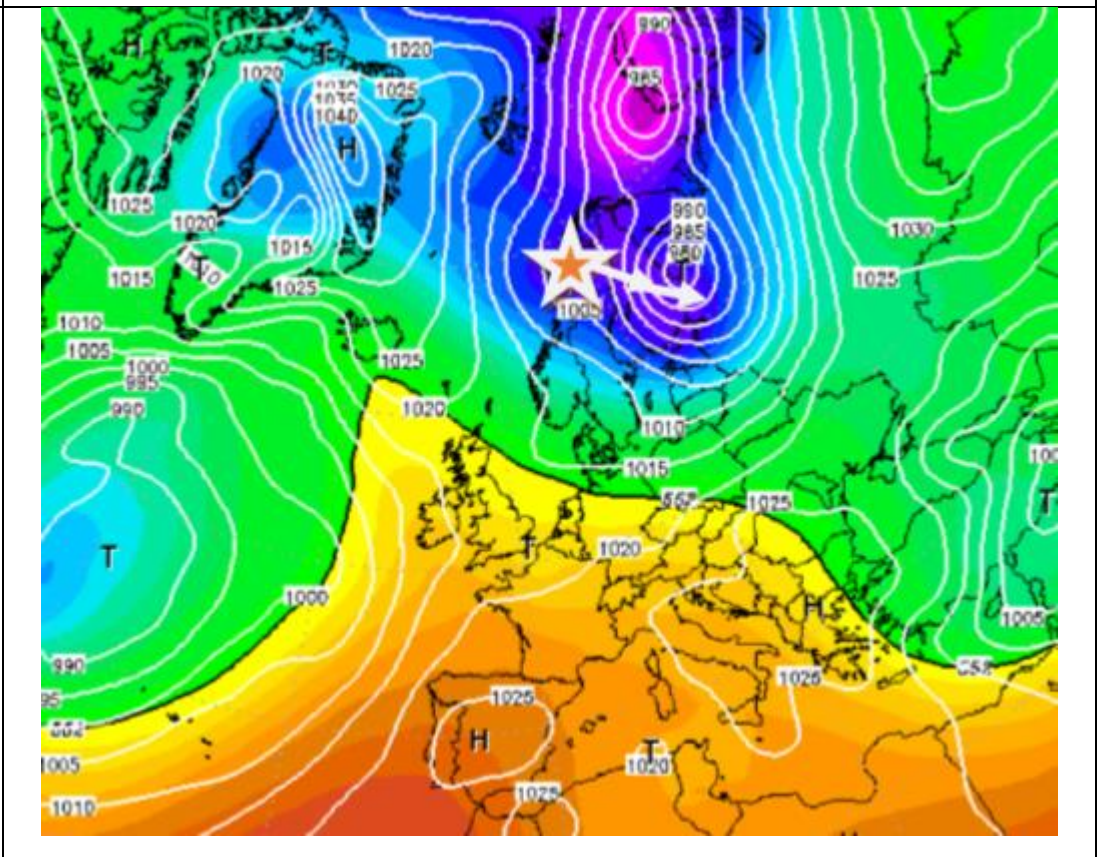


20-23.12.2002г.

20.12.200
2г. 12
UTC

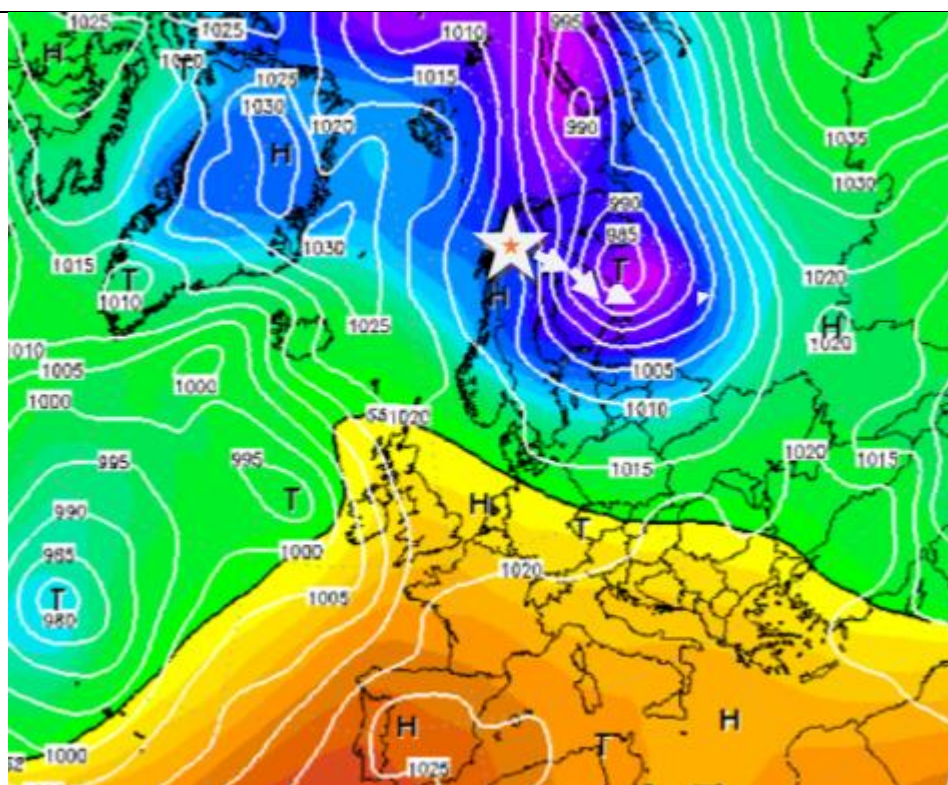


21.12.2002 г. 00 UTC



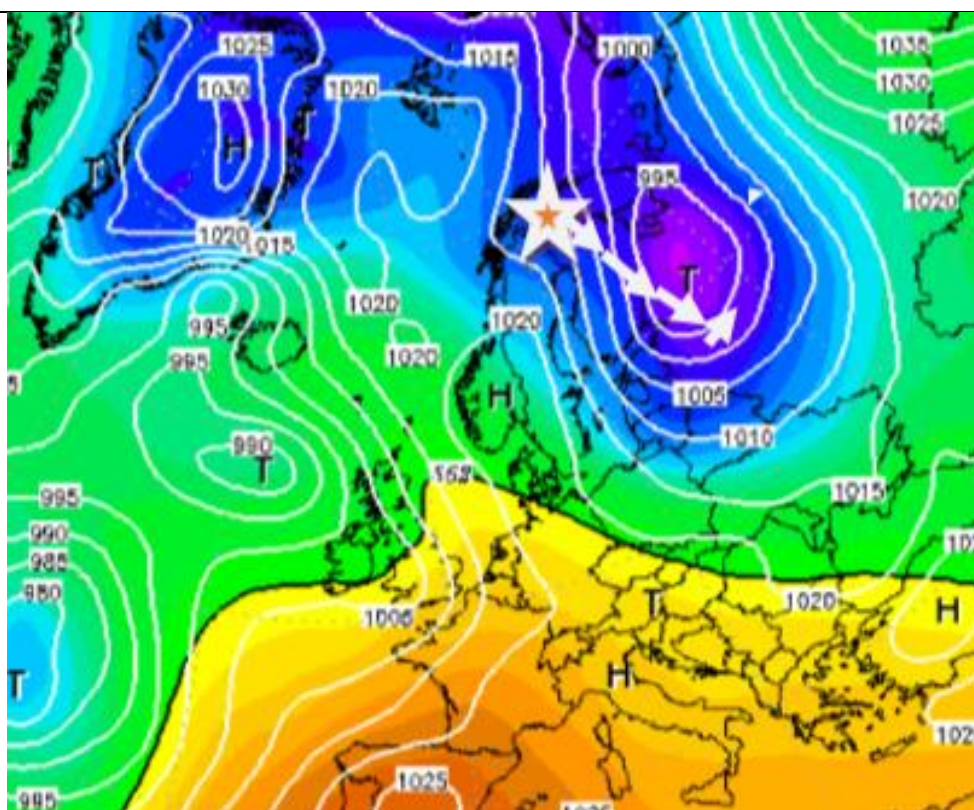
21.12.2002

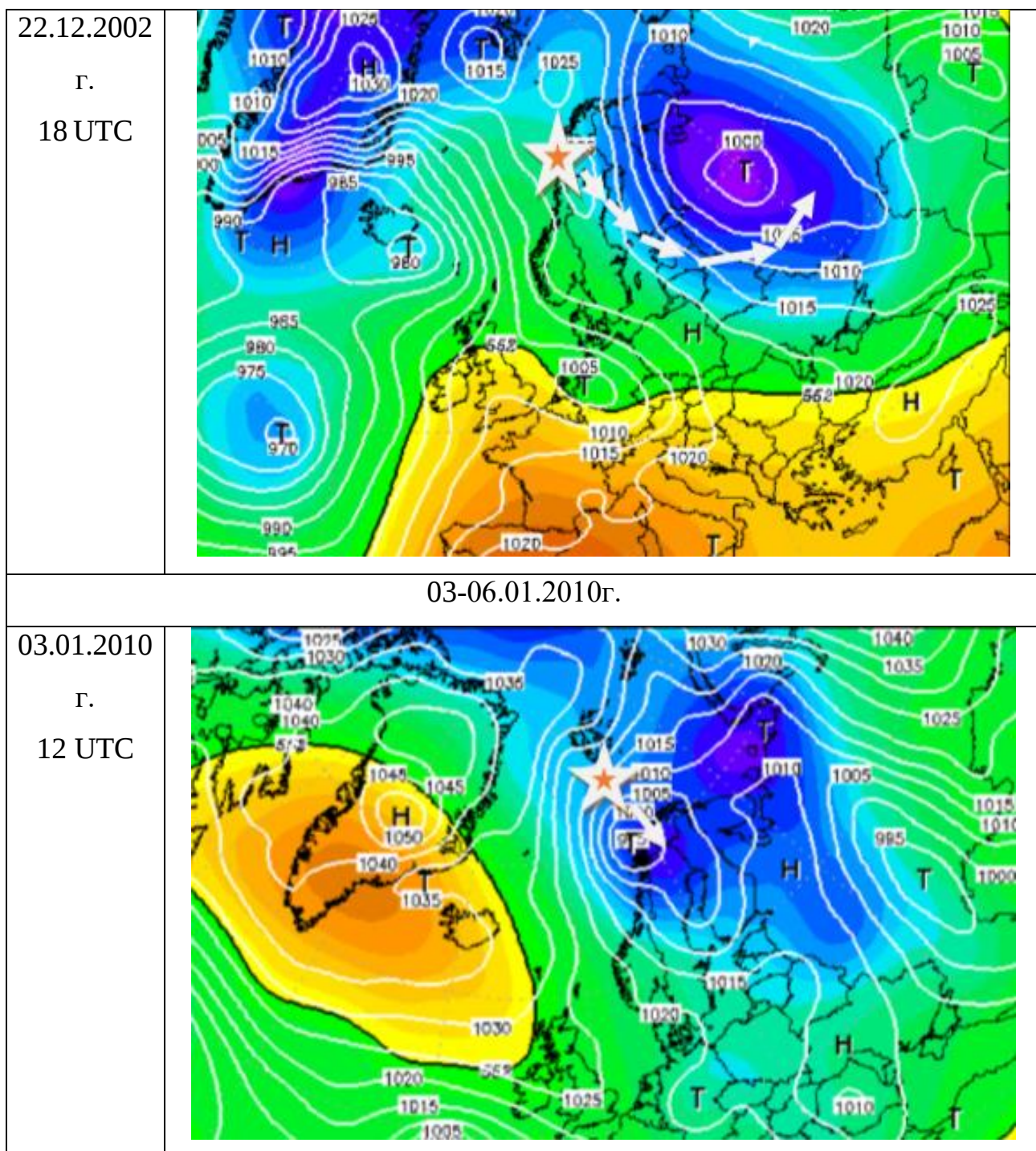
г. 12 UTC

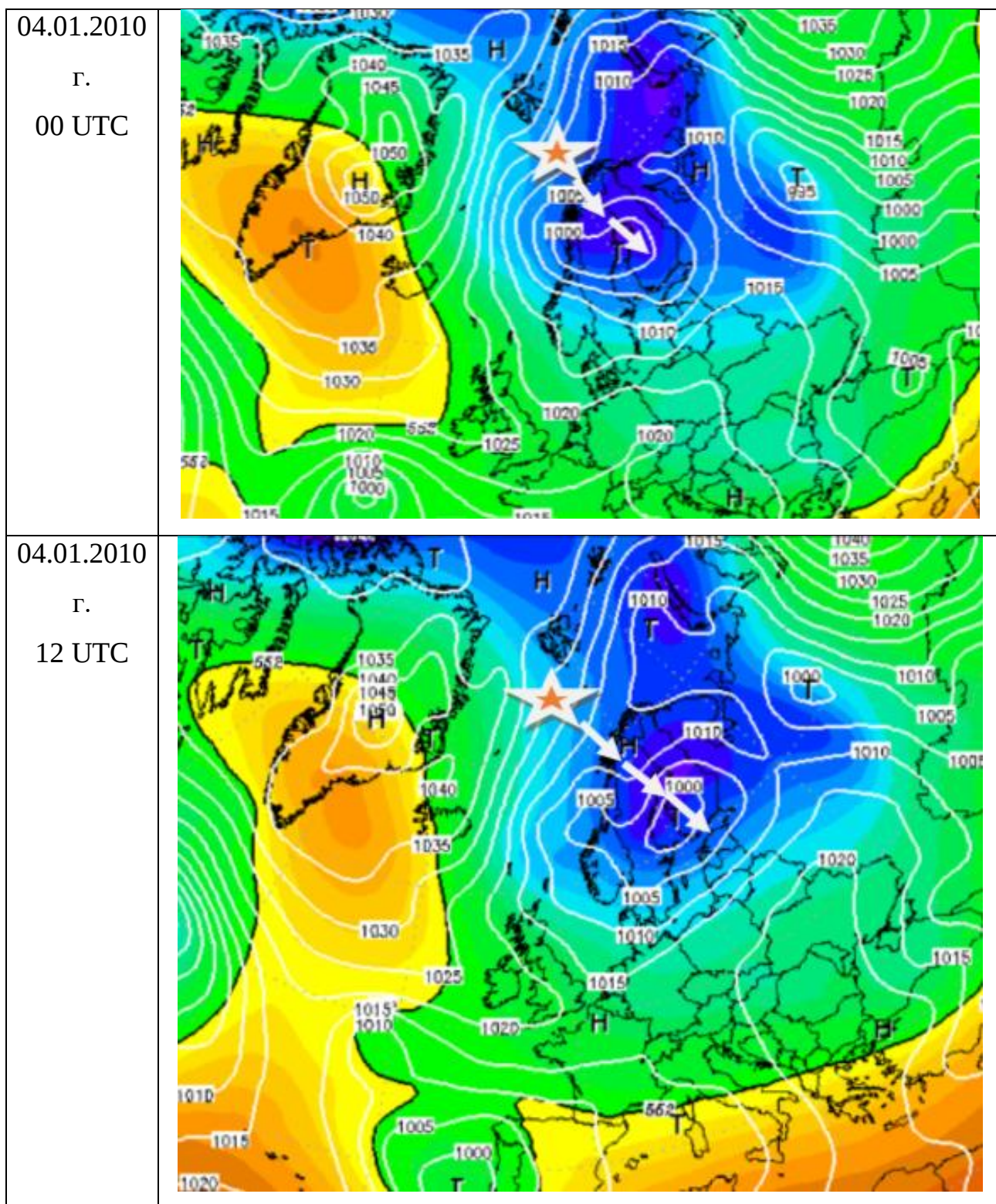


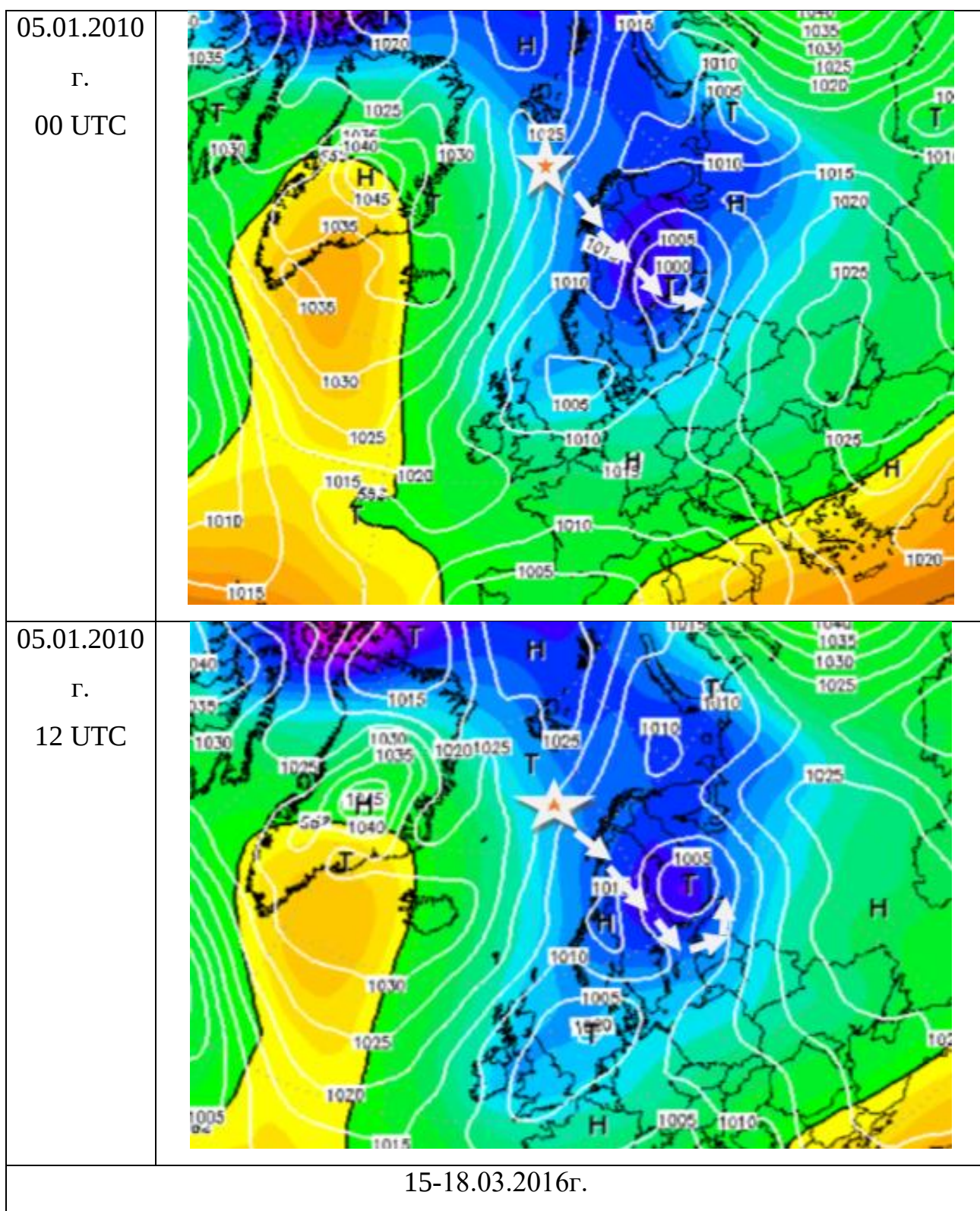
22.12.2002

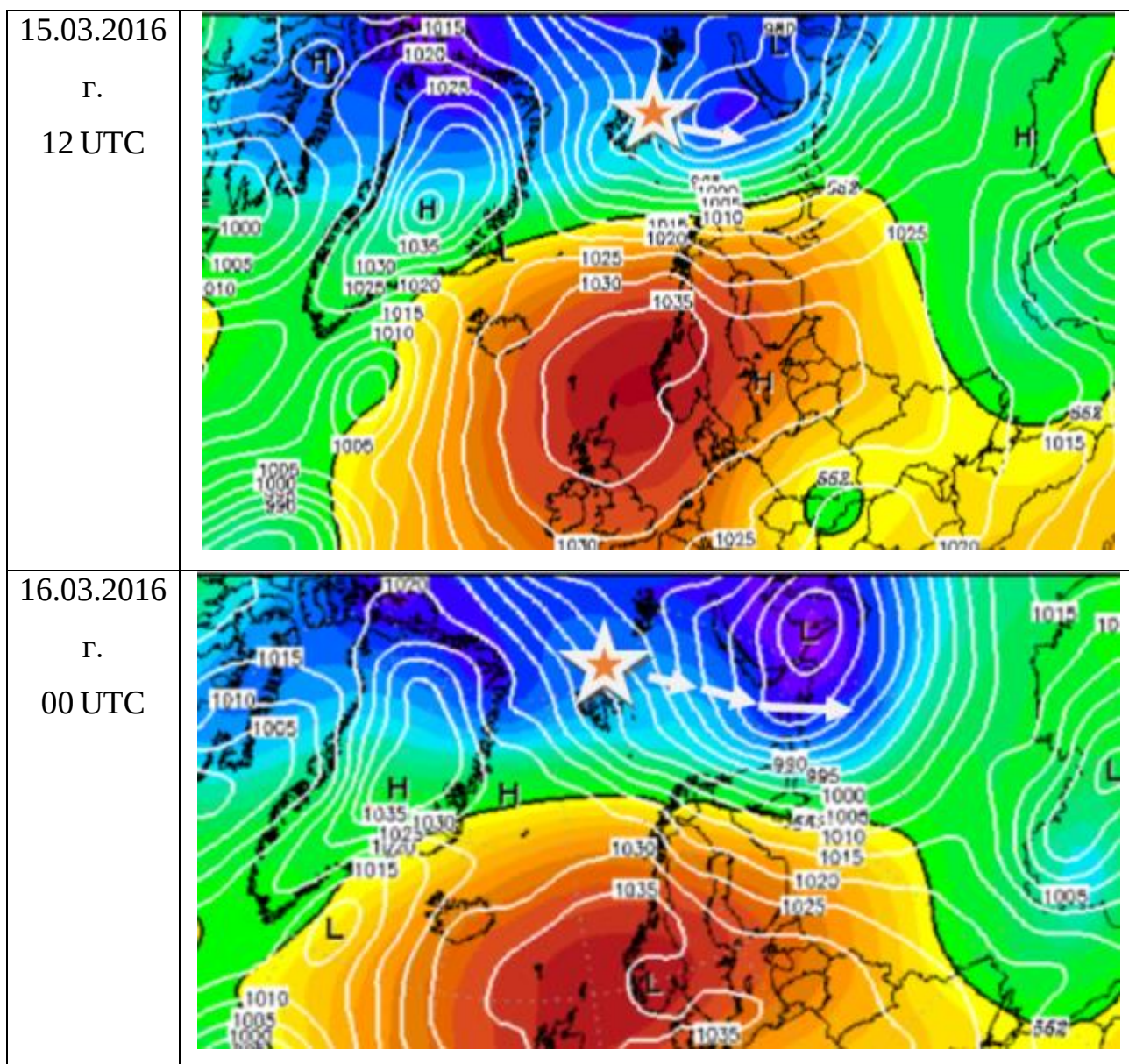
г. 00 UTC

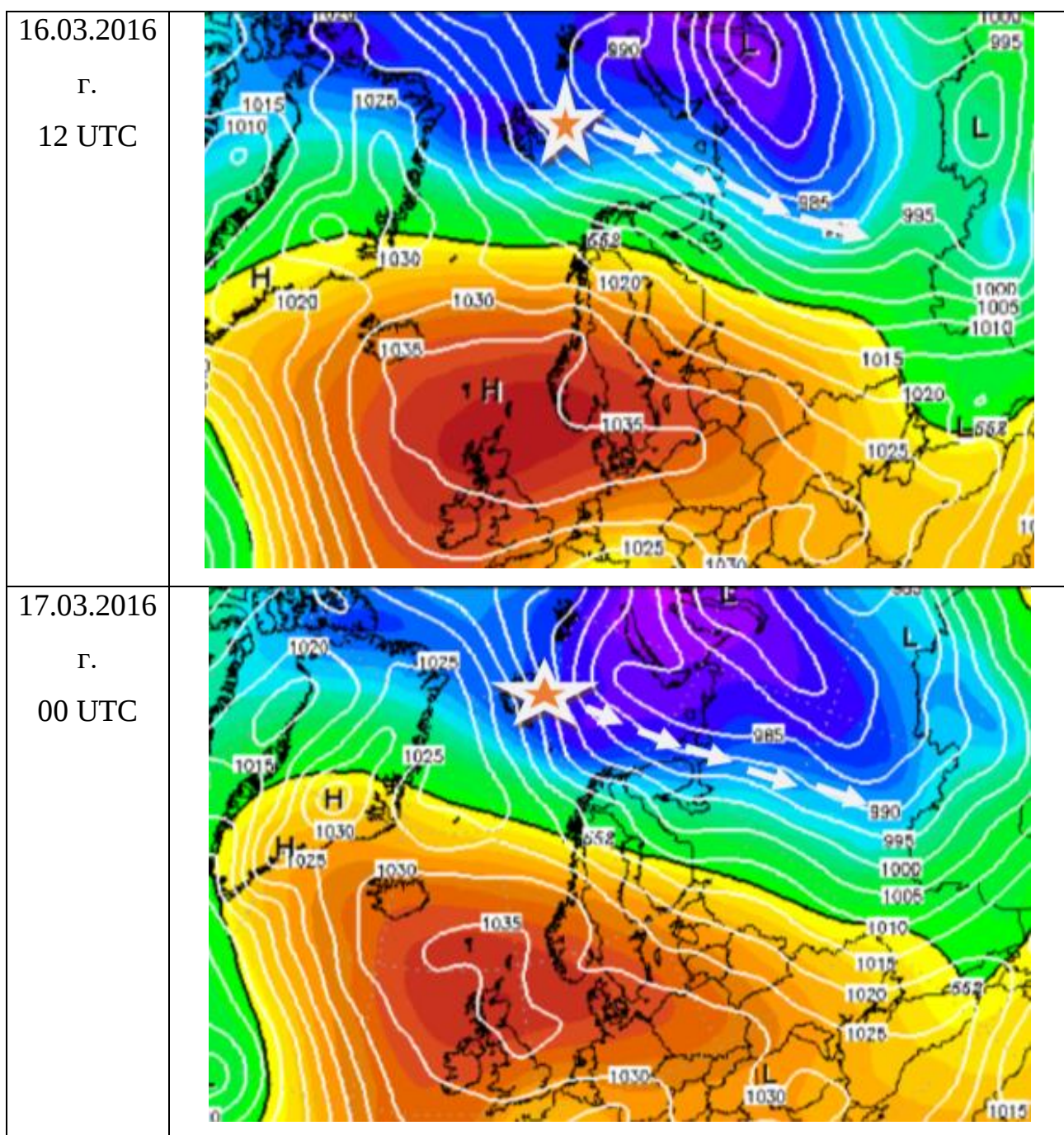






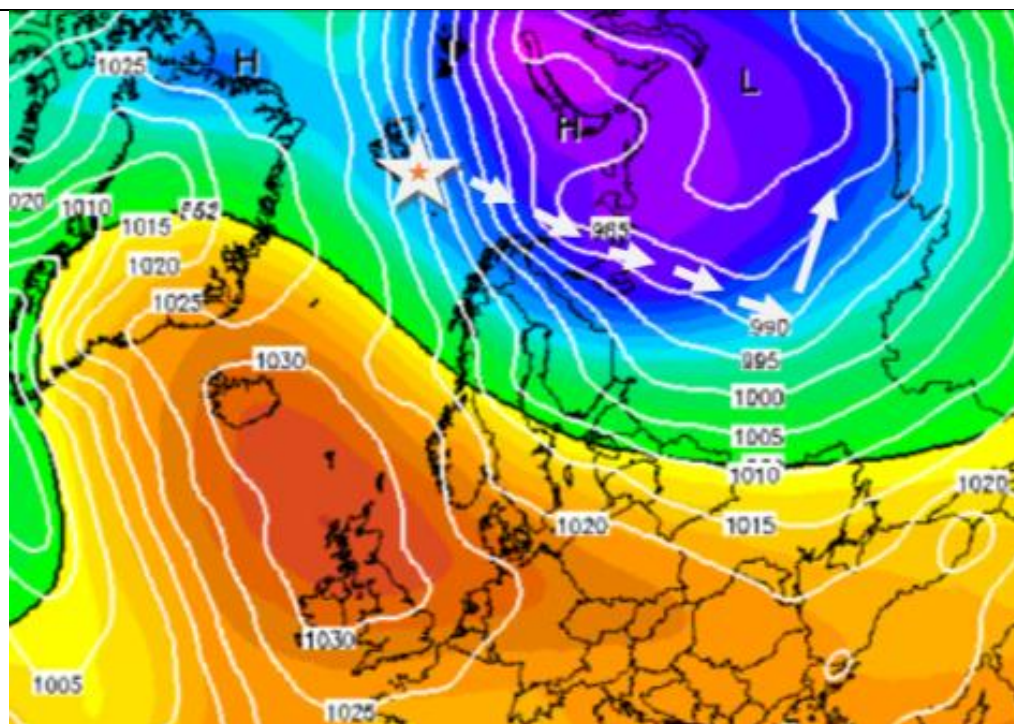






17.03.2016

г.
12 UTC



15-21.01.2021г.

15.01.2021

г.
12 UTC



16.01.2021

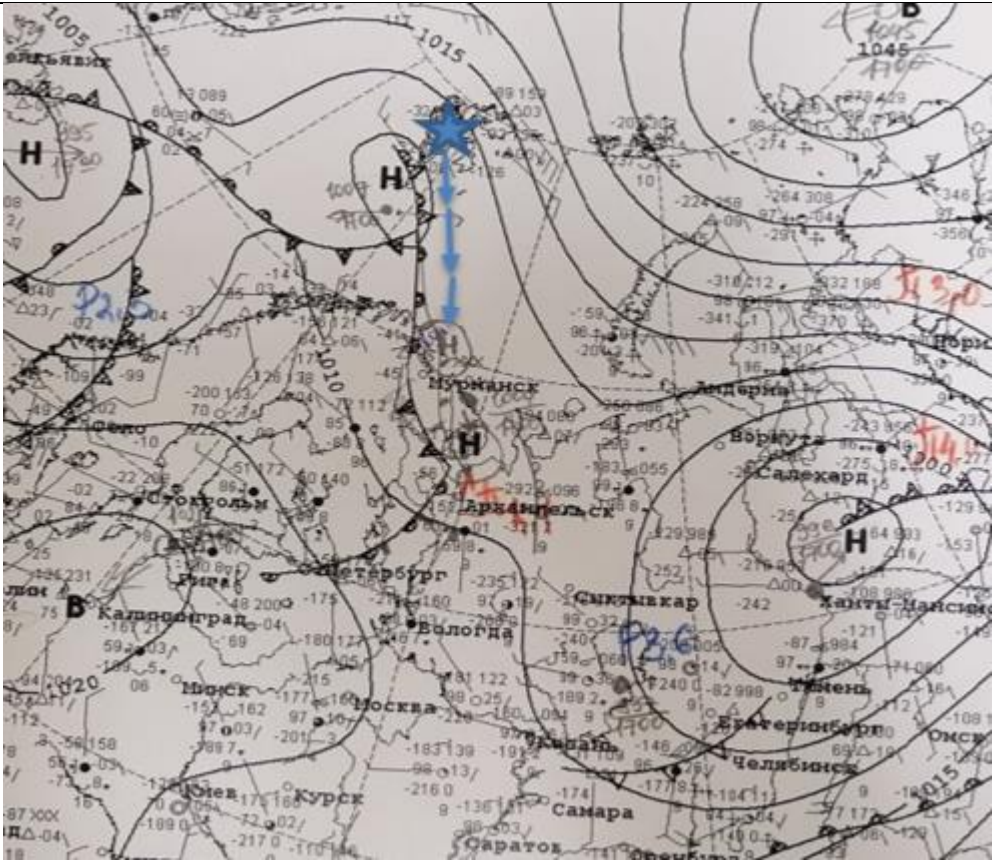
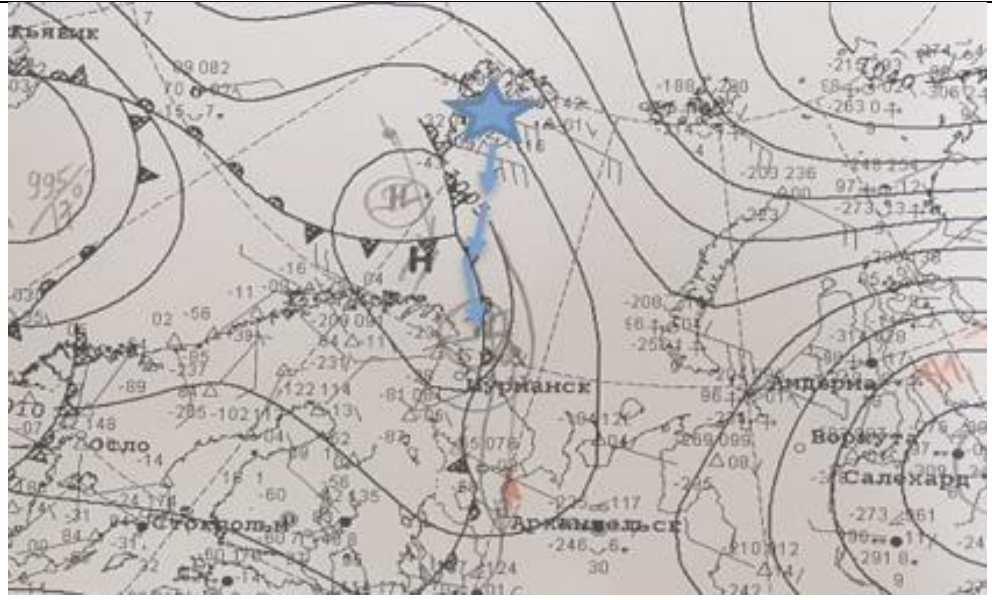
г. 00 UTC

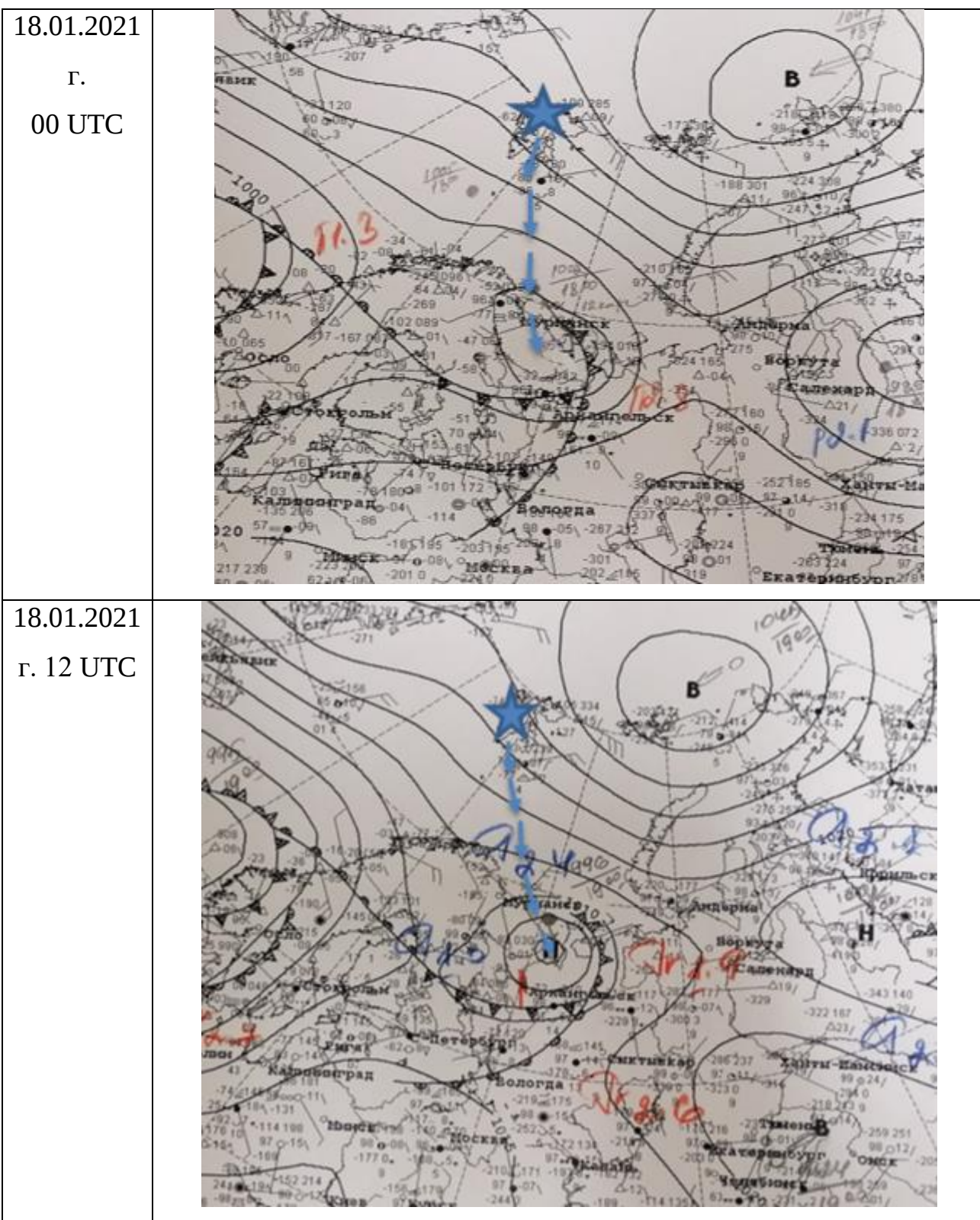


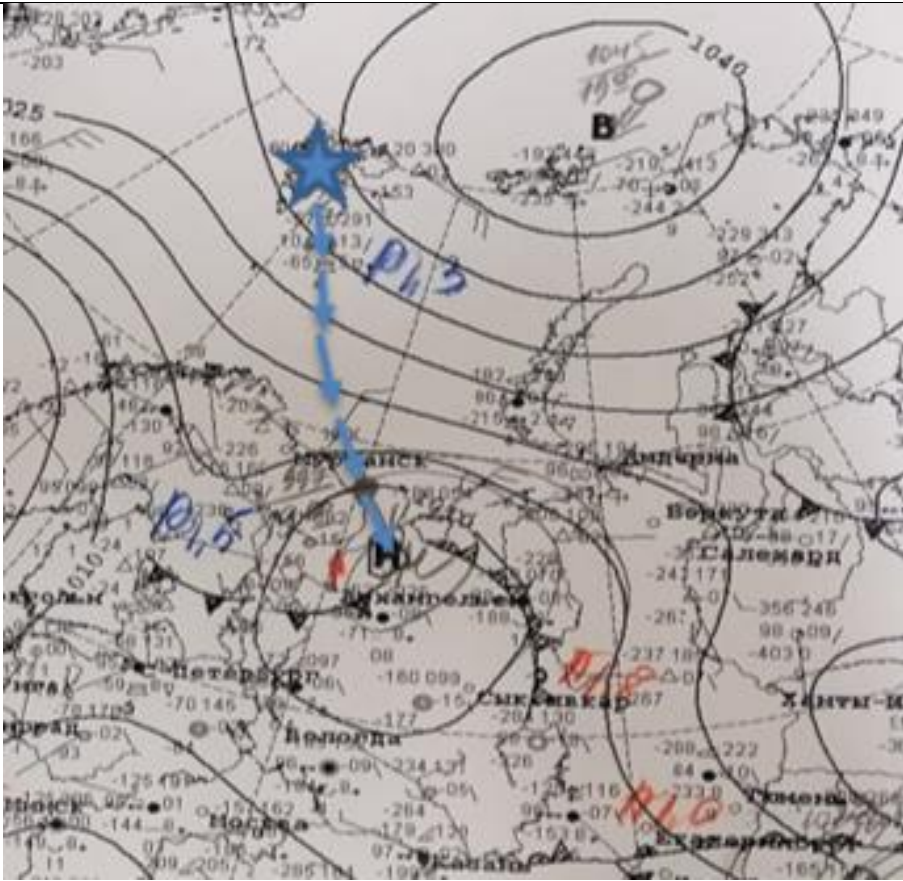
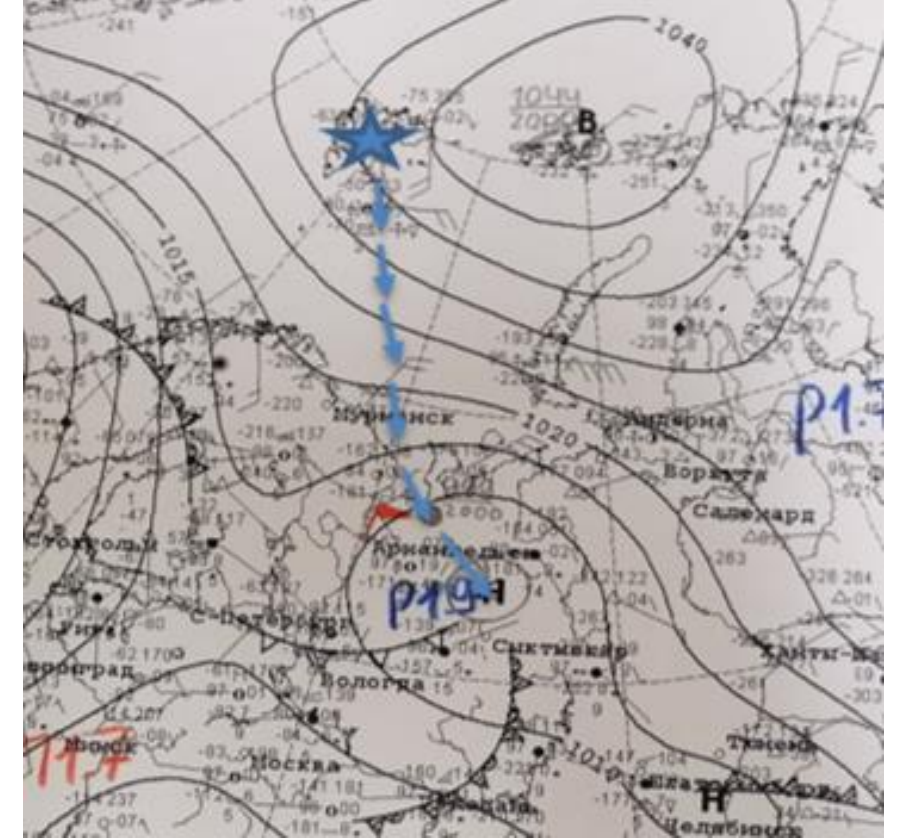
16.01.2021

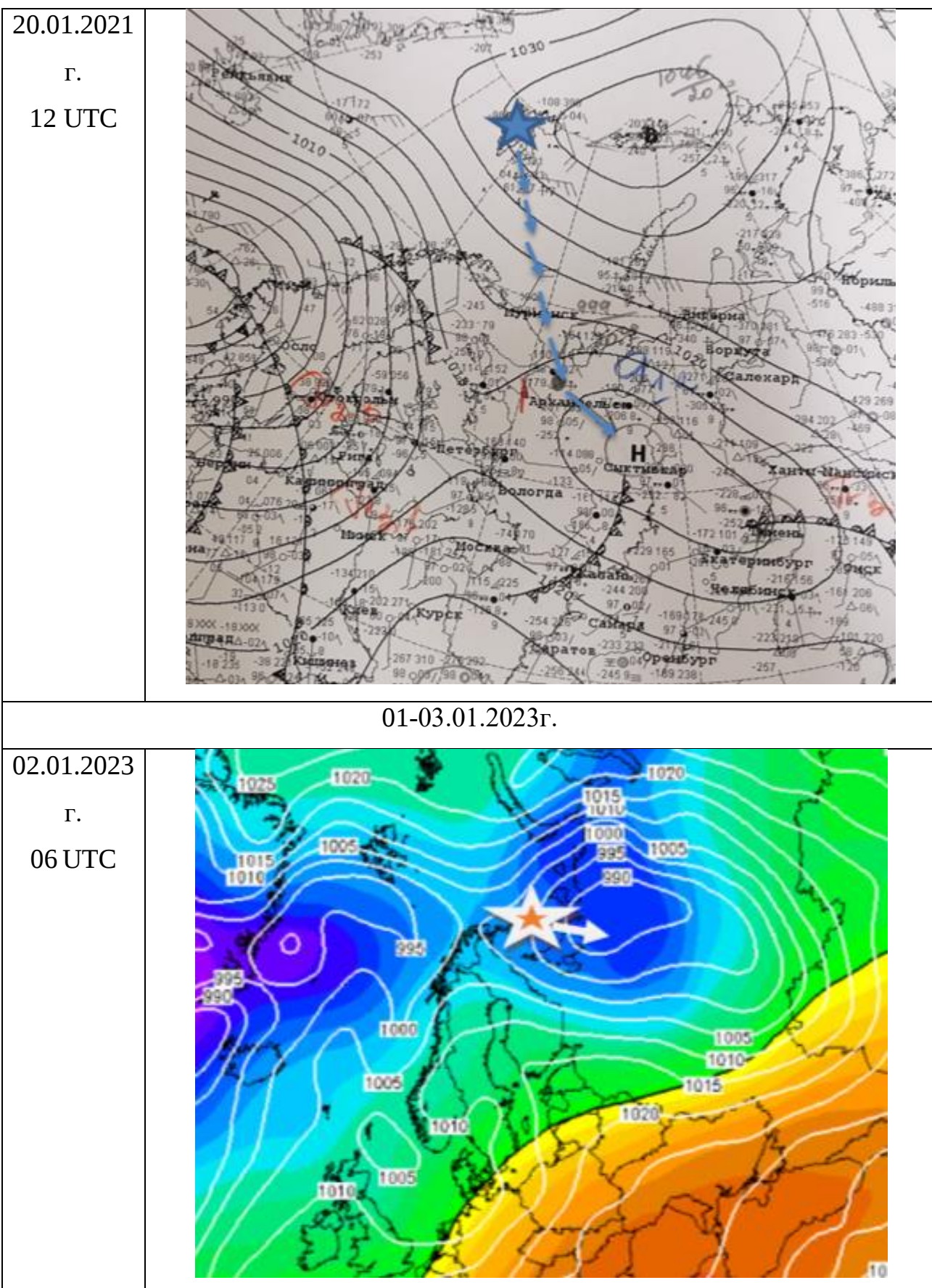
г.
12 UTC

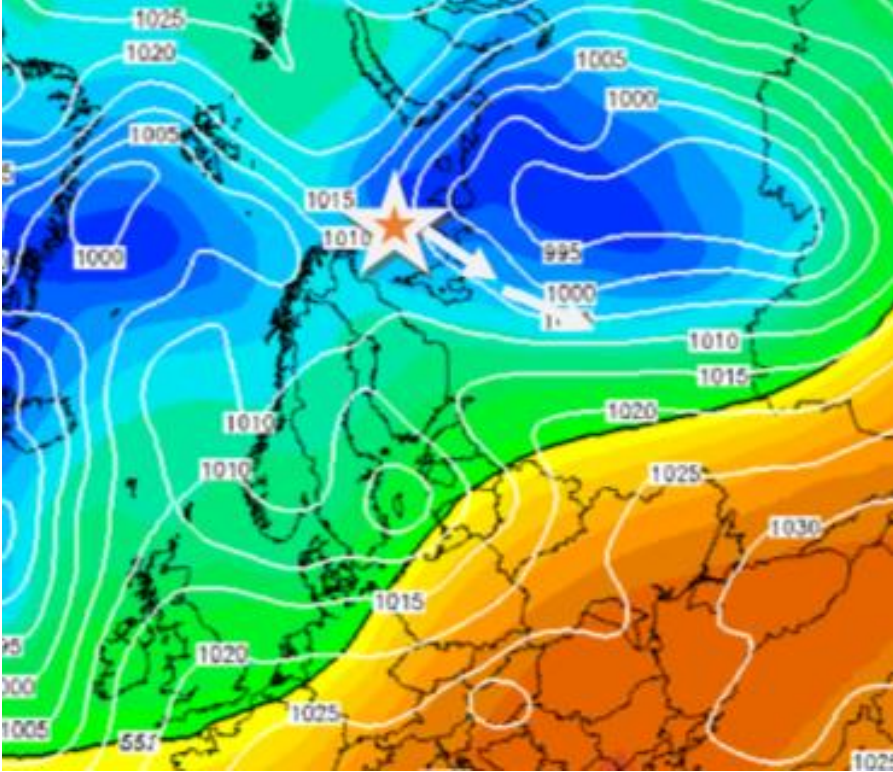
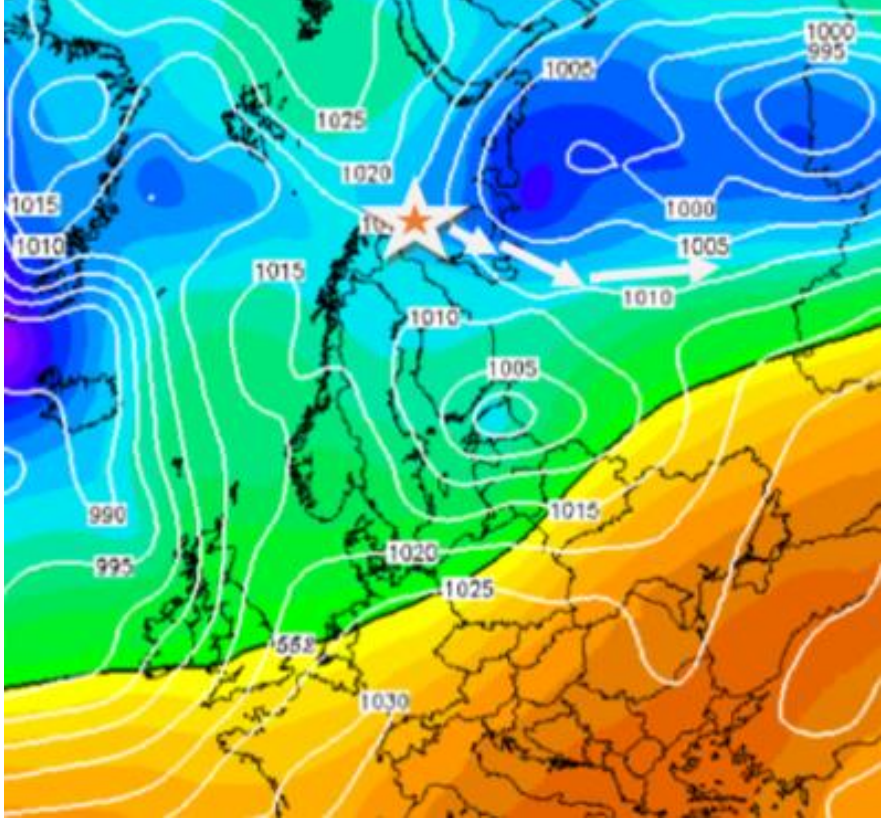


17.01.2021 г. 00 UTC	
17.01.2021 г. 12 UTC	



19.01.2021 г. 00 UTC	
20.01.2021 г. 00 UTC	

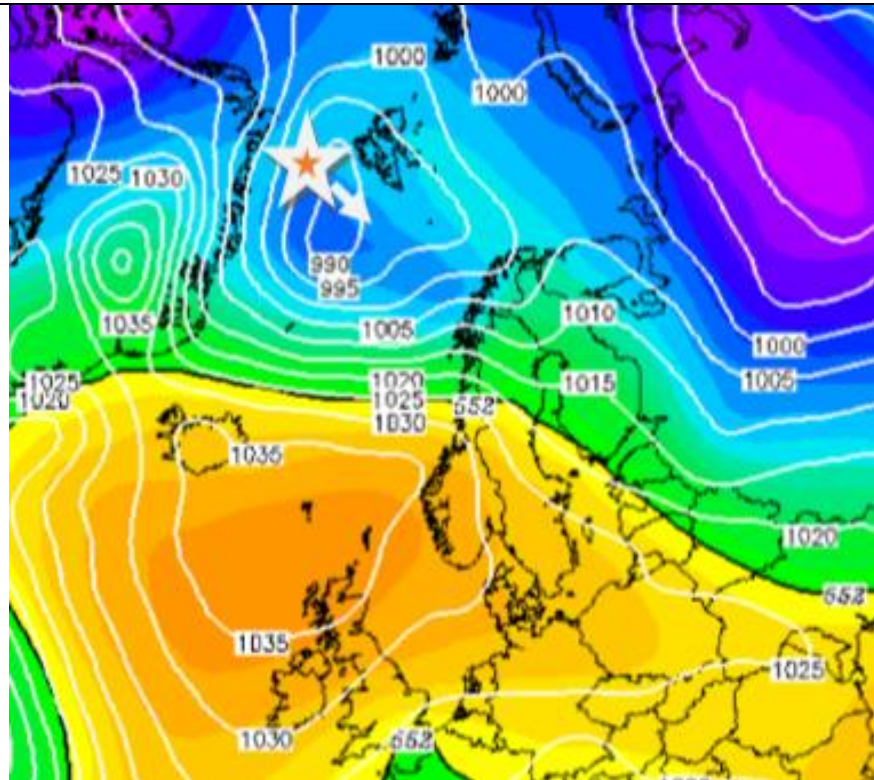


02.01.2023 г. 18 UTC	
03.01.2021 г. 06 UTC	

01-08.03.2023г.

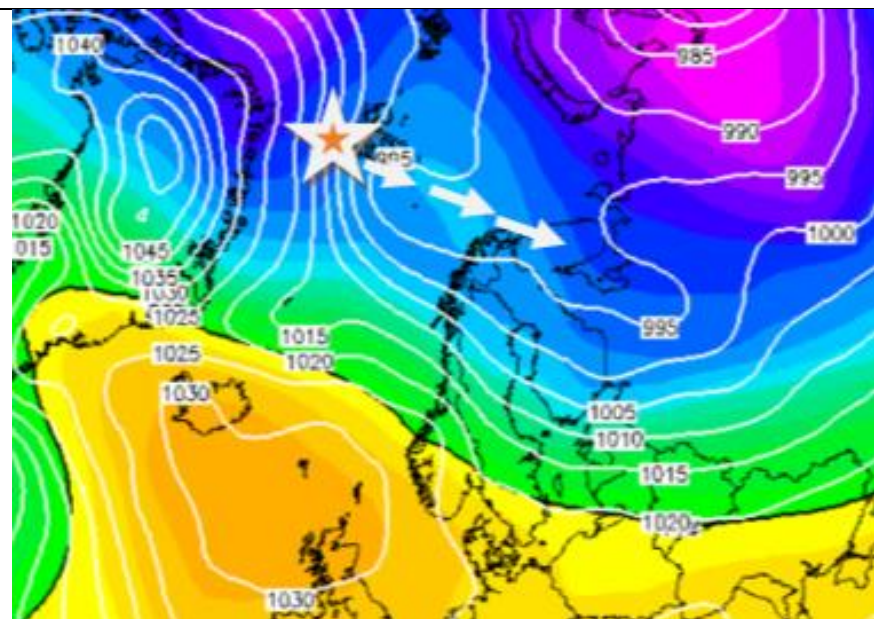
01.03.2023

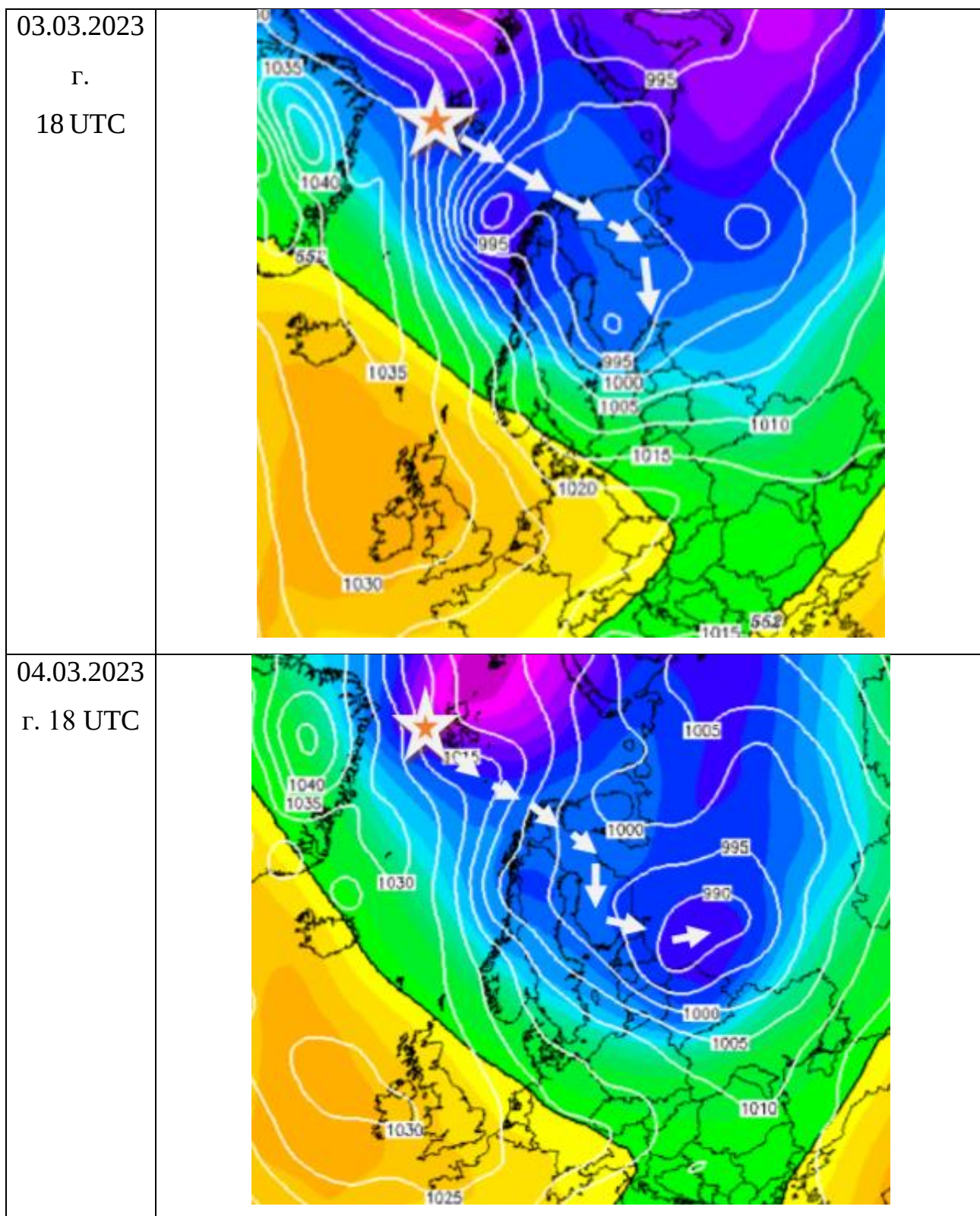
г.
18 UTC

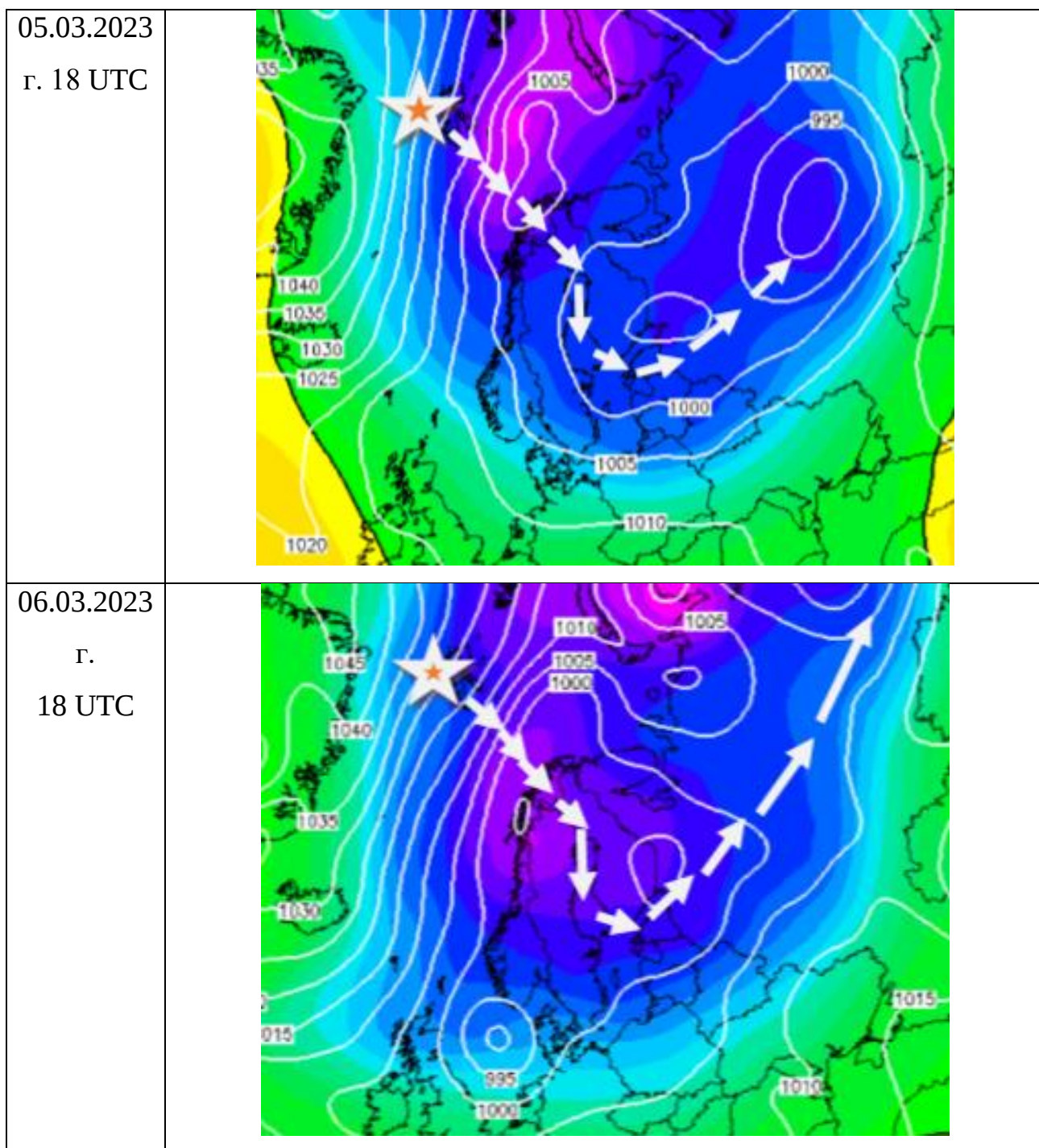


02.03.2023

г.
18 UTC







07.03.2023

г. 06 UTC

