

### **3. Основные характеристики полярных мезоциклонов**

#### **3.1 Исходные материалы**

Анализ характеристик полярных мезоциклонов, включая климатический режим, проводился по имеющимся эмпирическим данным ежесуточных спутниковых наблюдений за облачностью, полученных с пунктов приема на дрейфующих станциях “Северный полюс” и в ААНИИ за период 1981-2002 гг. [5,24,27,28]. Зона обзора со спутника включала моря Баренцева и Карское, а также часть акватории Норвежского и Гренландского морей. Исходная информация представлена фототелевизионными изображениями облачности в инфракрасном и в видимом диапазоне, полученными со спутниковых систем “NOAA” и “Метеор”.

Для расчета режимных характеристик использовались материалы за период 1981-1995 гг. как наиболее репрезентативные. В результате обработки данных спутниковых наблюдений был создан каталог, содержащий 491 случай образования облачных мезовихрей (см. Приложение).

В целях получения возможно большего набора случаев мезомасштабного циклогенеза для статистической обработки учитывались мезовихри холодного воздуха с высокой яркостью изображения на спутниковых снимках, начиная с размера 50 км.

В работе над пособием широко использовались результаты зарубежных исследований. В частности, это касалось таких характеристик ПМЦ, как направление и скорость перемещения, срок жизни и погодные условия, которые не всегда можно было определить по вышеуказанным данным с суточной дискретностью наблюдений

При анализе процессов мезомасштабного циклогенеза, кроме спутниковых данных об облачности, использовались четырехсрочные карты погоды, карты барической топографии из архива ААНИИ и данные реанализа NCEP/NCAR [22] и ECMWF (ERA-40).

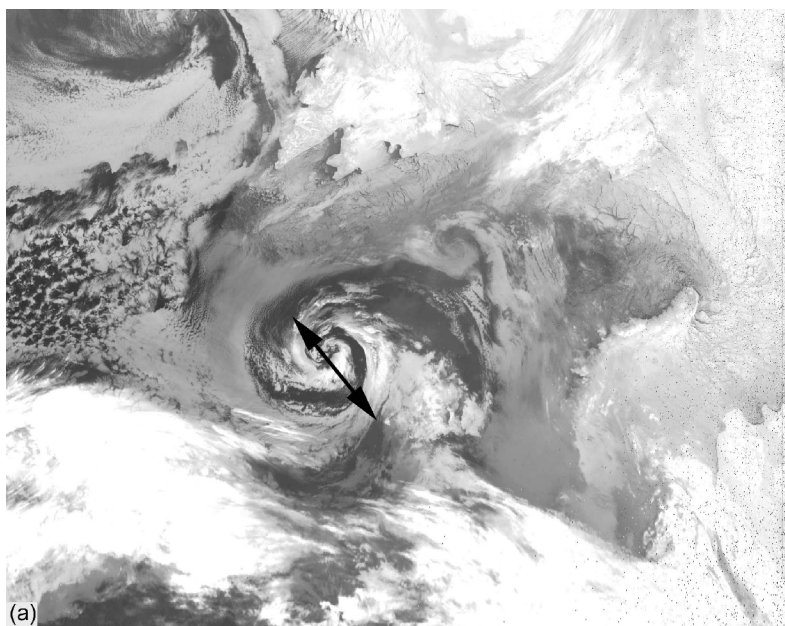
#### **3.2 Линейные размеры**

Понятие пространственного масштаба ПМЦ обычно связано с линейным размером (диаметром) его облачного вихря. Диаметр соответствующей локальной области пониженного давления на уровне моря, ограниченной

условной замкнутой изолинией, не всегда можно определить из-за недостатка данных метеонаблюдений в высокоширотных акваториях. Горизонтальные размеры спиралевидных облачных мезовихрей обычно определяются по диаметру внешней облачной спирали (рис. 3.2.1 а), а размеры мезоциклона в форме запятой – по горизонтальной протяженности облачного массива в головной части вихря (рис. 3.2.1 б). Следует отметить, что размер облачного вихря не всегда является строго определяемым параметром из-за недостаточно хорошо выраженной формы и нечеткости очертаний на спутниковых снимках.

По имеющимся данным наблюдений число мезовихрей в форме запятой составляет около 70 % от их общего числа. Мезовихри в форме запятой являются меньшими по масштабу циклонами по сравнению со спиралевидными.

Средний размер ПМЦ в форме запятой оценен равным 176 км в диаметре, а в форме спирали – 283 км. [6]. Максимальный размер облачного вихря ПМЦ по наблюдениям 1981-2002 гг. составил 700 км.



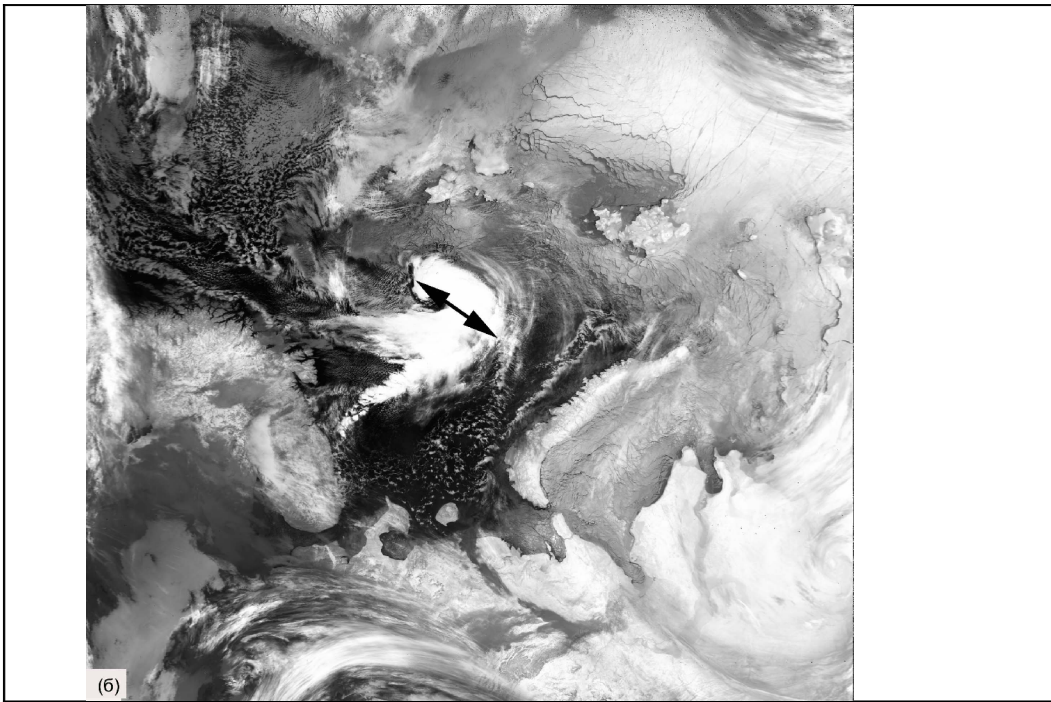


Рис. 3.2.1. Спутниковые изображения облачных вихрей полярных мезоциклонов спиралевидной формы 20 марта 2002 г. (а) и в форме запятой 20 января 2002 г. (б) в районе Баренцева моря. Стрелками указан характерный размер ПМЦ.

На рис. 3.2.2 представлено среднегодовое распределение числа циклоно-дней по размерам для облачных мезовихрей над акваториями Северо-Европейского бассейна для периода 1981-1995 гг. в целом, а также для разных типов ПМЦ.

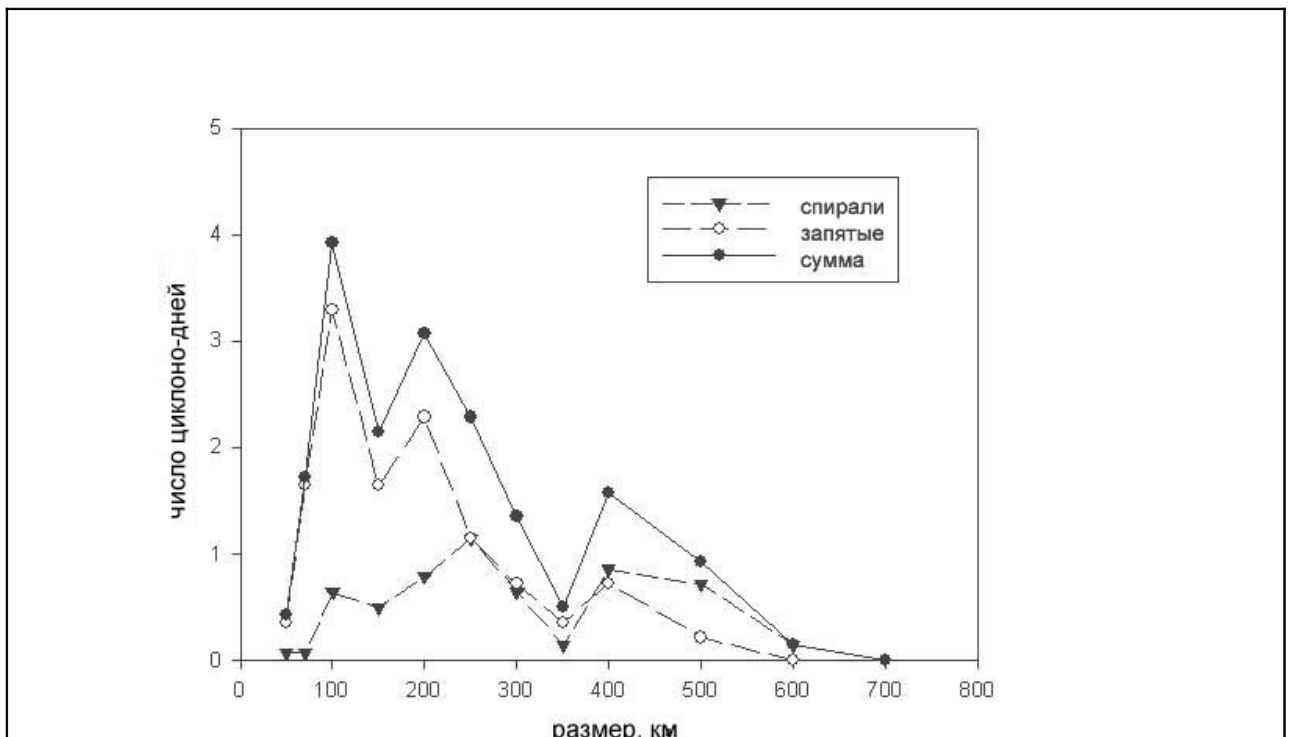


Рис. 3.2.2. Среднегодовое распределение повторяемости (количества циклоно-дней) в зависимости от размеров облачных мезовихрей над Северо-Европейским бассейном для периода 1981-1995 гг. (в целом, а также разных типов полярных мезоциклонов).

### **3.3 Продолжительность существования**

Характерной чертой ПМЦ является короткий срок существования по сравнению с крупномасштабными циклонами. По данным [36] средняя продолжительность существования ПМЦ составляет 15 часов. В [19] приводятся сведения по 61 случаю образования ПМЦ. Из них 32 мезовихря жили менее 12 часов, 17 ПМЦ – от 12 до 24 часов, 9 ПМЦ – от 24 до 36 часов, 2 ПМЦ - от 36 до 48 часов и только один просуществовал более 48 часов (рис.3.3.1).

Быстрое ослабление ПМЦ наступает при его смещении над ледяной поверхностью или при приближении к суше, так как при этом отсекается основной источник энергии, но если облачный мезовихрь малоподвижен и остается над водой, он может сохраняться относительно долго (см. пример 20).

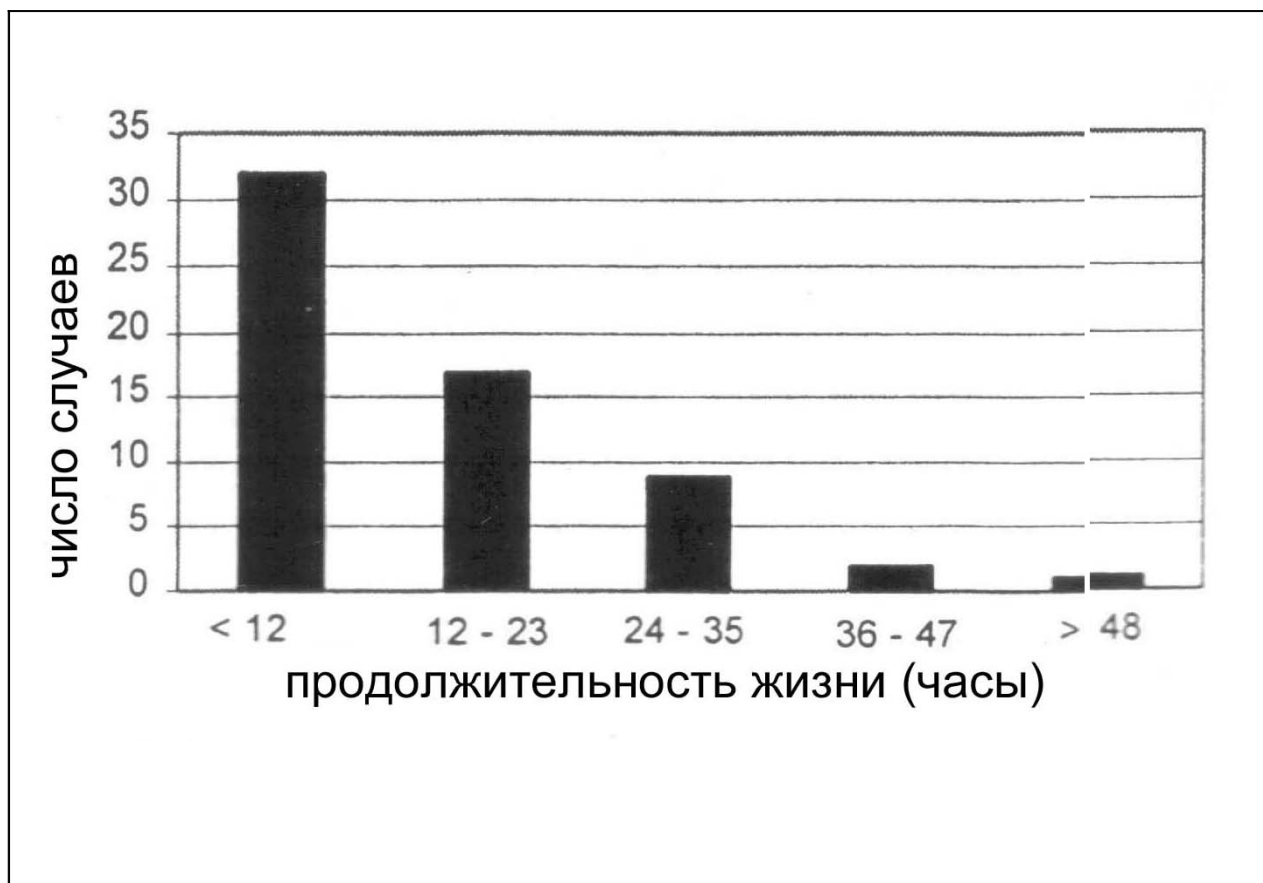


Рис. 3.3.1. Оценка срока жизни полярных мезоциклонов в канадском атлантическом регионе (по данным [35])

### 3.4 Направление и скорость перемещения

Полярные мезовихри над Баренцевым морем обычно образуются в холодном северном потоке, и если это случается в районе Шпицбергена, то чаще всего они смещаются к побережью Норвегии - поэтому участок побережья между меридианами  $18-22^{\circ}$  в.д. наиболее подвержен воздействию ПМЦ. Из-за незначительного вертикального развития мезовихрей ведущий их поток часто может располагаться на уровне 850-700 гПа – ниже основного формирующегося переноса [11]. В большинстве случаев ПМЦ перемещаются на юг к побережью Скандинавии или в юго-восточном и реже в восточном направлении, достигая иногда акватории Карского моря. Зарегистрированная максимальная протяженность траектории ПМЦ составила 2800 км. [36]. Скорость перемещения ПМЦ определяется сложившейся синоптической ситуацией, обычными являются значения 10-30 км/час. Ниже показан процесс формирования и перемещения интенсивного полярного мезоциклона, который образовался к юго-востоку от

Шпицбергена вблизи границы дрейфующих льдов. В начальной стадии развития облачного мезовихря в нижнем слое атмосферы преобладали северные воздушные потоки, а над акваторией Баренцева моря отмечались облачные поля открытых конвективных ячеек (рис. 3.4.1а), что свидетельствовало об упорядоченных восходящих потоках, ограниченных слоем инверсии.

Сформировавшийся мезовихрь с хорошо развитой плотной облачной структурой спиралевидной формы (рис. 3.4.1 б) смещался в восточном направлении в течение двух суток в соответствии с направлением интенсивного воздушного переноса в нижней половине тропосферы (рис. 3.4.2 а) и, достигнув акватории Карского моря, разрушился над западным побережьем полуострова Таймыр.

Протяженность траектории перемещения ПМЦ составила около 2400 км при средней скорости около 40 км/час (рис.3.4.2 б). Процесс его развития сопровождался штормовой погодой, ветер усиливался до 20 м/с, зарегистрированное минимальное значение давления составило около 1005 гПа, срок жизни - более двух суток. На карте синоптического анализа в районе Баренцева моря этот ПМЦ не был обозначен.

Облачные мезовихри небольших размеров обычно малоподвижны, малоподвижными могут быть и интенсивные ПМЦ (см. ниже пример 20).

### **3.5 Давление на уровне моря**

Определение давления на уровне моря в центре мезомасштабных циклонов зачастую является невыполнимой задачей из-за отсутствия данных метеонаблюдений, поэтому отсутствуют достоверные статистические характеристики этого параметра. Минимальные значения атмосферного давления в интенсивных ПМЦ, как правило, значительно ниже, чем в развитых внетропических синоптических вихрях. Характерная величина барической тенденции в ПМЦ составляет 2-5 гПа за три часа, при этом зафиксирован случай, когда ПМЦ вызвал падение давления 13 гПа за три часа и такой же рост после его прохождения [15].

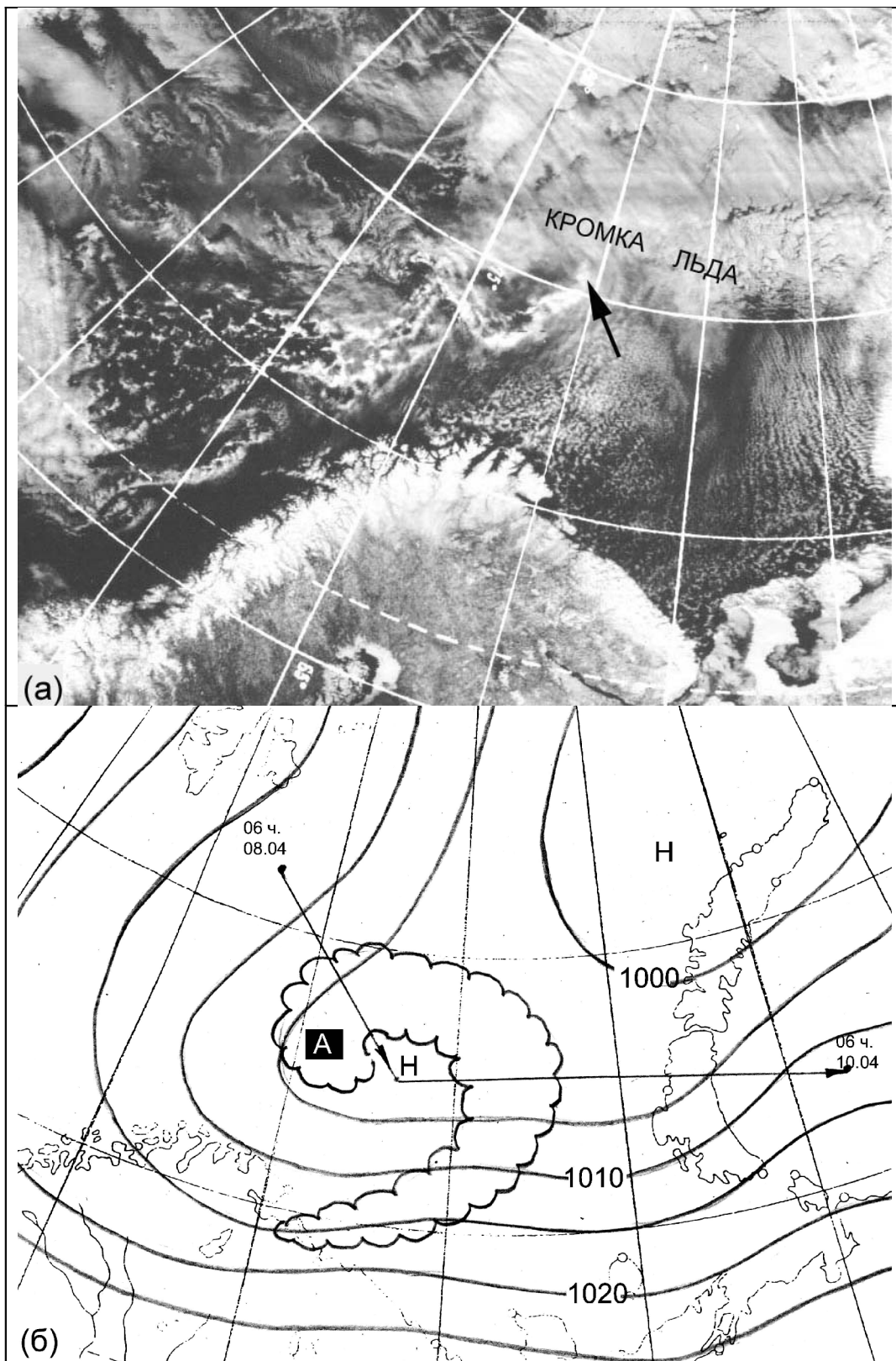
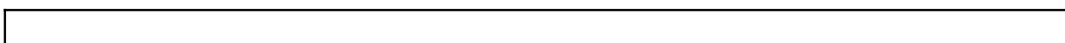


Рис. 3.4.1. Облачные вихри полярного мезоциклона в начальной стадии развития 8 апреля 1993 г. 10 ч. 02 мин (а) и интенсивного полярного мезоциклона 9 апреля 10 ч. 12 мин. 1993 г (б) в районе Баренцева моря (показаны стрелкой) на снимках ИСЗ Метеор-3



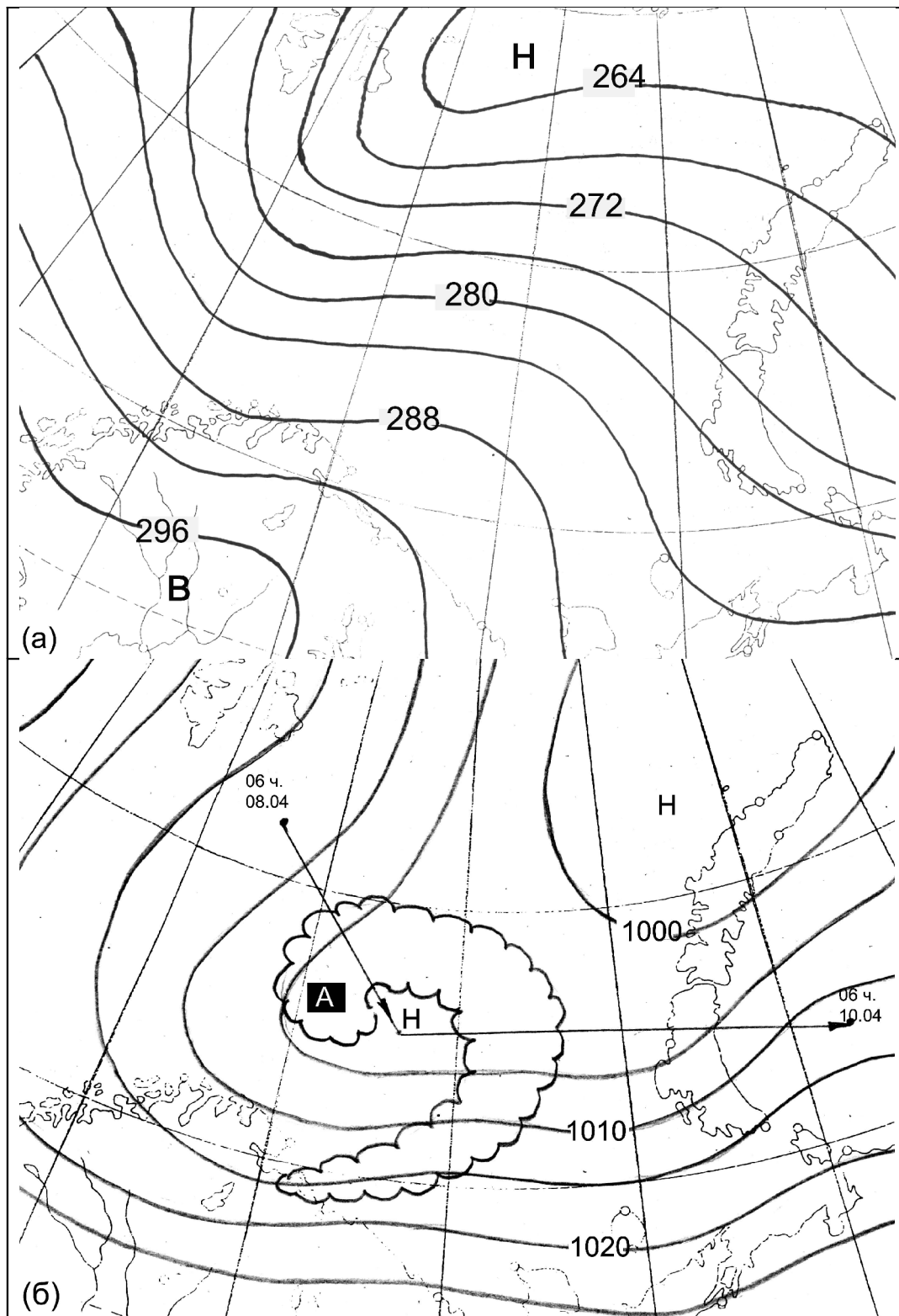


Рис. 3.4.2. Барическая топография поверхности 700 гПа за 00 ч. 9 апреля 1993 г. (а), положение облачного вихря ПМЦ (а) в поле давления на уровне моря за 06 ч. 9 апреля 1993 г. и траектория его перемещения 8-10 апреля 1993 г. (б)

Облачные мезовихри небольших размеров (до 100 км в диаметре) зачастую не отображаются в поле давления. В некоторых случаях это свойственно и



интенсивным ПМЦ. В работе [2] описан случай спутникового наблюдения облачного вихря интенсивного полярного мезоциклона в Баренцевом море, который не прослеживался в структуре приземного термобарического поля. При этом максимальная скорость приводного ветра в этом ПМЦ, рассчитанная по данным РЛСБО с ИСЗ “Океан”, составила 30-35 м/с.

Подобные ситуации, когда хорошо развитые облачные вихри полярных мезоциклонов не отображены в поле давления на уровне моря в виде замкнутого циклонического центра, характерны для слабо освещенных метеорологическими наблюдениями арктических акваторий (см. рис. 3.4.2). Зарегистрированы также случаи, когда хорошо развитые облачные мезовихри формировались на фоне высоких значений давления на уровне моря - более 1020 гПа (см. рис. 5.2, 7.2).

### **3.6 Погодные условия**

Известны случаи вхождения судов в зону действия штормовых полярных мезоциклонов. Обычно это неспрогнозированное внезапное и резкое ухудшение погоды. В такую ситуацию в западной части Баренцева моря у ледовой кромки попало ледокольное судно [10]. При ясной и холодной погоде произошло быстрое натекание плотной облачности, ветер вначале слабый северный перешел к юго-западному и усилился до 32 м/с при волнении высотой 9 м. При сильном снегопаде ухудшилась видимость, палуба судна покрылась толстым слоем льда.

Подобное состояние погоды возможно при очень интенсивных ПМЦ, можно полагать, что продолжительность шторма в соответствии с масштабами мезоциклона обычно ограничивается несколькими часами. По данным [2] максимальная скорость ветра (25-35 м/с) наблюдалась в сравнительно небольшой по размерам (примерно 50 x 100 км) части ПМЦ. Осадки и облачные системы ПМЦ могут простираются на расстояние 100-150 миль и по вертикали до 3 км [34].

В работе [36] приводятся характеристики погоды по материалам 203 случаев образования интенсивных мезоциклонов. Характерный диапазон скорости ветра по этим наблюдениям составил 18-25 м/с. Зарегистрированное максимальное значение – 35 м/с. По расчету ветер более 33 м/с под влиянием ПМЦ над морской акваторией в районе Норвегии может случаться один раз за 10 лет.

Для ПМЦ характерны также интенсивные снегопады с экстремальным ухудшением видимости.

Как показали наблюдения в районе нахождения судна погоды АМІ (71.5° с.ш., 19.5° в.д.), где температура воды относительно высокая, обледенение судов под воздействием интенсивных ПМЦ незначительно [36]. Очевидно, случаи сильного обледенения возможны в более высоких широтах, где температура поверхностной воды ниже.

В известных исследованиях не приводятся сведения о длительности штормов в полярных мезоциклонах, но можно полагать, что она значительно ниже, чем в полярнофронтальных циклонах из-за небольших размеров и сравнительно короткого срока жизни.

### 3.7 Ветровое волнение

Незначительные размеры и короткий срок жизни ПМЦ лимитируют возможность генерации экстремальных высот волн. Упрощенная схема развития волнения под влиянием ПМЦ [36] демонстрирует, что значительное волнение может развиваться при совпадении направления ветра с направлением перемещения интенсивного мезовихря (рис. 3.7.1).

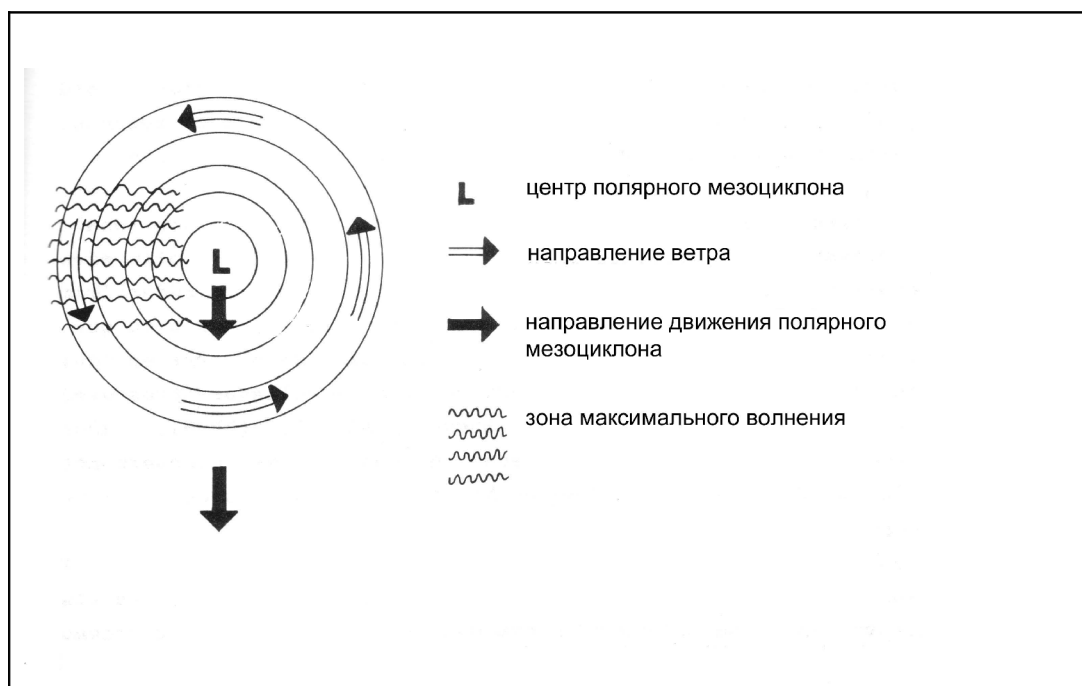


Рис. 3.7.1. Упрощенная схема развития волнения в области полярного мезоциклона (по данным [36])

В таких случаях ПМЦ сопровождается локализованной областью волнения с острым фронтом и регистрируется быстрое увеличение высоты волн. Волнение также быстро спадает при замедлении движения или деградации мезоциклона. При малоподвижном ПМЦ даже в случае экстремальных значений скорости ветра волнение не достигает предельных значений. Зафиксирован случай, когда при скорости ветра 35 м/с в малоподвижном полярном мезоциклоне высота волнения составила всего 5,5 м [13].

По данным 134 наблюдений волнения с судна погоды АМІ (71.5° с.ш., 19.5° в.д.) [37] в 65 % случаев высоты волн составили 2-5 м., в 25 % - более 5 м. Волна высотой 11 м. наблюдалась при скорости ветра 26 м/с. По другим данным [36] при наблюдении 50 случаев ПМЦ средняя высота волн составила 4-8 м, в трех случаях более 10 м, максимальная – 10,5 м.

Из приведенных данных о погодных условиях следует, что интенсивные ПМЦ являются существенным препятствием в хозяйственной деятельности, но нет оснований преувеличивать исходящую от них штормовую угрозу. Экстремальные погодные условия в полярно-фронтовых циклонах бывают более жесткими и продолжительными.