

И. А. Бауман
К. В. Кондратович
А. И. Савичев

ПРАКТИКУМ ПО ДОЛГОСРОЧНЫМ ПРОГНОЗАМ ПОГОДЫ

Под редакцией проф. В. И. ВОРОБЬЕВА

Допущено
Министерством высшего и среднего
специального образования СССР
в качестве учебного пособия
для студентов вузов,
обучающихся по специальности «Метеорология»

Ленинградский
Гидрометеорологический институт
БИБЛИОТЕКА
Л-д 193196, Малоохтенский пр., 98



ЛЕНИНГРАД ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ 1979

Рецензенты:

Г. Г. Громова, В. И. Князева
(Гидрометцентр СССР)

А. П. Кудрянь, А. П. Колесникова
(Одесский гидрометеорологический институт)

Даются основные понятия долгосрочной синоптики и рассматриваются оперативные методы прогноза погоды на средние сроки (3—10 суток).

В качестве исходных карт используются бюллетени карт погоды северного полушария, издаваемые Гидрометцентром СССР и ВНИИГМИ — МЦД.

Предназначен в качестве учебного пособия для студентов очного и заочного отделений гидрометеорологических институтов, университетов, слушателей академий, учащихся курсов и других учебных заведений, а также оперативных работников службы погоды.

The main concepts of long-range weather prediction and operational methods for medium-range weather forecasts (3—10 days) are presented.

The bulletins of weather maps for the Northern Hemisphere issued by the Hydrometeorological Centre of the USSR and the All-Union Hydrometeorological Research Institute — World Data Centre are used as the initial material.

The manual is ment for students of hydrometeorological institutes, universities, academies as well as for weather forecasters.

*Игорь Александрович Бауман
Казимир Вячеславович Кондратович
Алексей Иванович Савичев*

**ПРАКТИКУМ
ПО ДОЛГОСРОЧНЫМ
ПРОГНОЗАМ
ПОГОДЫ**

Редактор В. И. Кузьменко. Худ. редактор Б. А. Денисовский. Художник Б. А. Быков. Техн. редактор Г. В. Ивкова. Корректор Е. И. Бородина. ИБ № 125. Сдано в набор 21.06.79. Подписано в печать 17.09.79. М-31356. Формат 60×90¹/₁₆. бум. тип. № 1. Лит. гарн. Печать высокая. Печ. л. 6,5. Уч.-изд. л. 6,95. Тираж 4000 экз. Индекс МЛ-260. Заказ № 259. Цена 30 коп. Гидрометеониздат. 199053, Ленинград, 2-я линия, 23.

Ленинградская типография № 8 ЛПО «Техническая книга» Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.
190000, Ленинград, Прачечный пер., 6.

Б 20867-155 — 1-79 1903040000
069(02)-79

© Гидрометеониздат, 1979 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В данном пособии рассматриваются вопросы проведения лабораторных занятий по курсу «Долгосрочные прогнозы погоды», который читается в гидрометеорологических вузах, университетах и других учебных заведениях, где ведется подготовка метеорологов и океанологов. В соответствии с действующими учебными планами и программами проведение лабораторных занятий осуществляется главным образом по тем разделам лекционного курса, которые относятся к отечественным методам прогноза погоды на 3—10 суток, широко используемым в оперативной работе прогностических подразделений Госкомгидромета. Практическое ознакомление с методами прогноза на месяц и сезон отсутствует в силу сложности и трудоемкости указанных методов, освоение которых требует значительного объема времени. К тому же оно не является необходимым для большинства студентов, поскольку лишь специалисты службы долгосрочных прогнозов большой заблаговременности в нескольких прогностических центрах практически применяют эти методы.

Известно, что внедрение в службу прогнозов гидродинамических методов позволило повысить эффективность краткосрочных и среднесрочных прогнозов некоторых метеорологических величин. Однако при разработке прогнозов всего комплекса метеорологических величин чаще применяются синоптические методы.

В лабораторном практикуме приведены задания по отечественным синоптическим методам анализа и прогноза погоды на средние сроки. Для проведения занятий необходимы соответствующие аэросиноптические материалы. В течение многих лет в качестве исходных материалов по нескольким темам (выделение естественных синоптических периодов и элементарных синоптических процессов, расчет индексов атмосферной циркуляции и т. д.) использовались карты погоды и карты барической топографии, опубликованные в учебных синоптических атласах Л. И. Блюминой (1950) и под редакцией Х. П. Погосяна (1962).

В ходе проведения лабораторных занятий использовался архив синоптических карт северного полушария, издание которого начато в 1949 г. ЦИП (Гидрометцентр СССР) и в настоящее время продолжается ВНИИГМИ—МЦД. В настоящее время ведется подготовка к изданию нового учебного синоптического атласа, в который будет включен ряд карт погоды северного полушария, в том числе последовательность карт, рассмотренная в данном практикуме.

Практикум состоит из шести разделов и приложений. Разделы 1 и 4 написаны И. А. Бауманом, разделы 2, 3 и 5 — К. В. Кондратовичем, раздел 6 — А. И. Савичевым.

1. СПОСОБЫ СХЕМАТИЗАЦИИ И ИЗУЧЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ МАКРОПРОЦЕССОВ

Лабораторная работа 1

Отработка практических приемов схематизации и количественной оценки атмосферных макропроцессов

Для составления долгосрочных прогнозов на 3—10 суток необходимо изучать особенности развития макросиноптических процессов (макропроцессов). Обычно под макропроцессами понимают синоптические процессы, имеющие определенные элементы устойчивости во времени (не менее двух суток) и протекающие над географическими пространствами, соизмеримыми с океанами и материками. Типичными примерами макропроцессов являются элементарный синоптический процесс (ЭСП) и естественный синоптический (е. с.) период.

Для выявления наиболее характерных особенностей макропроцессов прибегают к их схематизации. С этой целью используют ежедневные приземные синоптические карты и карты барической топографии за 03 часа московского времени.

По данным приземных карт погоды составляют: 1) сборно-кинематические карты для периодов однородной циркуляции (е. с. периода или ЭСП); 2) карты-схемы синоптических процессов; 3) карты средних значений метеорологических величин и их аномалий; 4) карты изменений метеорологических величин во времени.

По данным карт абсолютной топографии поверхности 500 мбар (AT_{500}) строят: 1) карты среднего геопотенциала изобарической поверхности 500 мбар для различных интервалов времени; 2) карты изаллогипс; 3) карты лапласианов и их изменений; 4) карты температуры на поверхности 500 мбар и ее суточных изменений (карты изаллотерм).

По данным карт относительной топографии 500/1000 (OT_{1000}^{500}) составляют: 1) карты средних значений за различные промежутки времени; 2) карты изаллотерм (изаллогипс OT_{1000}^{500}); 3) карты изаномал OT_{1000}^{500} .

Задание 1.1. Построение сборно-кинематических карт

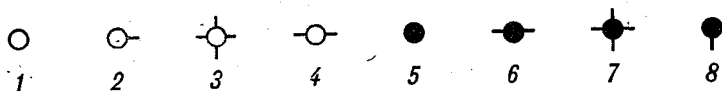
Построение сборно-кинематических карт осуществляется в целях расчленения макропроцессов на периоды однородной цирку-

ляции (ЭСП или е. с. период) и получения прогностических указаний при составлении долгосрочных прогнозов на 3—7 суток.

Сборно-кинематические карты составляются по данным приземных карт погоды за 03 часа московского времени для е. с. периода или ЭСП. Построение сборно-кинематических карт является удобным приемом схематизации атмосферных процессов, так как дает возможность представить на одном бланке эволюцию и траектории смещения приземных барических образований за длительные промежутки времени с выделением районов преобладания циклонической и антициклонической деятельности.

Составление сборно-кинематической карты начинается в первый день е. с. периода (ЭСП). При этом на бланк географической карты условными знаками наносятся положения центров барических образований и особые точки барического рельефа. Около них проставляются даты, а для более детального анализа эволюции барических образований — и значения давления (отбрасывая сотни и тысячи миллибар).

Для построения сборно-кинематических карт используются следующие условные обозначения:



Чтобы сборно-кинематическая карта отражала реальные синоптические процессы, необходимо при использовании условных обозначений руководствоваться следующими признаками:

1 — антициклон, который усиливается или сохраняет свою интенсивность. Этот знак ставится в районе наибольшего давления в центре расходимости ветров. При отсутствии данных о ветре знак ставится в центре антициклона.

2 — гребень, сформированный в свежей холодной воздушной массе (обычно этот гребень отделен от основного антициклона фронтом). Знак наносится на оси гребня в холодной воздушной массе в той точке, где лучше всего выражены антициклонические свойства погоды (расходимость ветров и затишье, прояснение); штрих кружка направлен вдоль оси гребня в сторону, противоположную центру основного антициклона (рис. 1.1 а).

3 — гребень (ядро), оформляющий воздушную массу, однородную с массой основного антициклона, или разрушающийся антициклон. Этот знак наносится по тому же принципу, что и знак 2 (рис. 1.1 б), если обозначается гребень в однородной с основным антициклоном воздушной массе. В тех случаях, когда обозначают разрушающийся антициклон, знак 3 ставят по тому же принципу, что и знак 1. Когда происходит формирование нового антициклона в холодном гребне и одновременное разрушение старого, основного антициклона, в последнем

ставится знак 1, а в гребне — знак 2 до тех пор, пока интенсивность нового антициклона не превысит интенсивность старого. После этого старый антициклон обозначается знаком 3, а новый — знаком 1.

4 — перемычка высокого давления (седловина, имеющая характер полосы высокого давления). Этот знак используется сравнительно редко и наносится в геометрическом центре перемычки высокого давления (рис. 1.1 в).

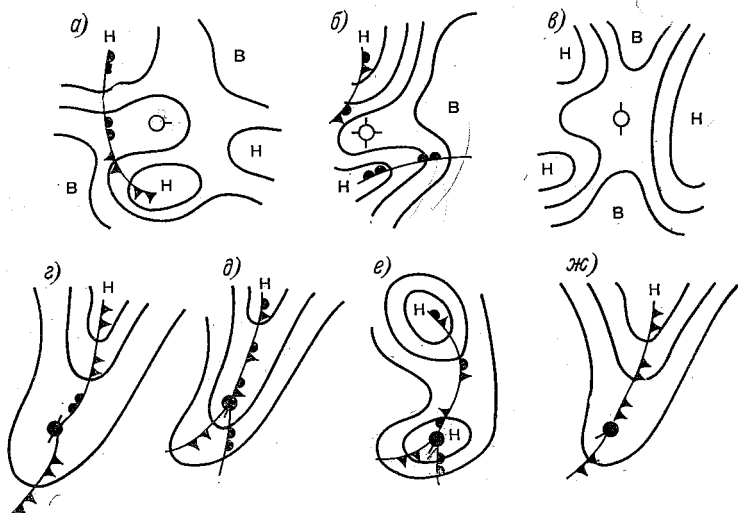


Рис. 1.1. Примеры использования условных обозначений для схематизации барического поля.

5 — хорошо развитый циклон. Знак ставится в районе самого низкого давления в центре сходимости ветра. Если отсутствуют сведения о ветре, знак 5 наносится в геометрическом центре циклона.

6 — волна на фронте. Знак наносится в районе вершины волны, причем штрихи направляются вдоль фронта (рис. 1.1 г).

7 — частный, или заполняющийся, циклон. Этот знак наносится по тому же принципу, что и знак 5, если нужно обозначить заполняющийся, или частный, циклон.

8 — ложбина. Знак наносится на оси ложбины, где лучше всего выражены признаки циклонической циркуляции (сходимость ветра, завихренность при увеличении облачности и зоны осадков). Если в ложбине имеется точка окклюзии, этот знак ставится на месте смыкания фронтов. Черта направляется вдоль оси ложбины от центра циклона (рис. 1.1 д, е, ж).

Рекомендуется при наличии на карте многоцентральной депрессии знаком 5 обозначать наиболее молодой из ее циклонов, а все остальные — знаком 7. При этом надо обращать особое внима-

ние на анализ распределения температуры в отдельных циклонах депрессии. Для циклонов, где наблюдается равномерное распределение температуры и имеются другие указания на заполнение циклона, используется знак 7. Там, где обнаруживаются большие контрасты температур и наблюдается углубление циклона, наносится знак 5. Положение частных циклонов, ложбин и гребней целесообразно указывать в тех случаях, если это способствует выявлению характера эволюции основных циклонов и антициклонов или более объективному проведению демаркационных линий.

На сборно-кинематических картах условные символы одних и тех же барических образований от одного дня к другому соединяют траекториями. Реальность отображенных траекторий контролируют с помощью карт барической топографии и правил перемещения циклонов и антициклонов. Целесообразно для более точного установления траекторий смещения циклонов и антициклонов пользоваться синоптическими картами за промежуточные сроки. Принято траектории антициклонов (1) и хорошо развитых циклонов (5) проводить сплошными линиями, а траектории остальных барических образований — пунктирными линиями.

На сборно-кинематических картах область с преобладанием циклонической деятельности отделяют демаркационной линией от районов с антициклоническим режимом. Для однородных процессов демаркационная линия отражает среднее положение наиболее интенсивного переноса воздуха в нижней тропосфере. Поэтому, разделяя демаркационной линией барические образования противоположного знака, ее проводят по периферии основных циклонов и антициклонов. Целесообразно проводить демаркационную линию за каждый день легким нажимом карандаша и лишь после этого проводить в окончательном виде осредненную демаркационную линию. Для периода однородной циркуляции среднее положение демаркационной линии удовлетворительно совпадает с промежуточной изобарой¹ среднего дня этого периода.

При построении сборно-кинематических карт е. с. периода часто наблюдается смена знака барического поля над небольшими участками синоптических карт, потому что вслед за прохождением циклонов устанавливаются перемены высокого давления за счет тыловых затоков холодных масс или вслед за антициклоном, сместившимся к югу; на севере происходит перемещение фронтальных волн или частных циклонов. В таких случаях указывают положение демаркационной линии до смены и после смены знака барического поля. Причем преобладающее положение демаркационной линии отражают сплошной линией, а кратковременное ее положение — пунктирной (рис. 1.2).

¹ Под промежуточной изобарой понимается средняя по значению давления изобара между циклоном и антициклоном.

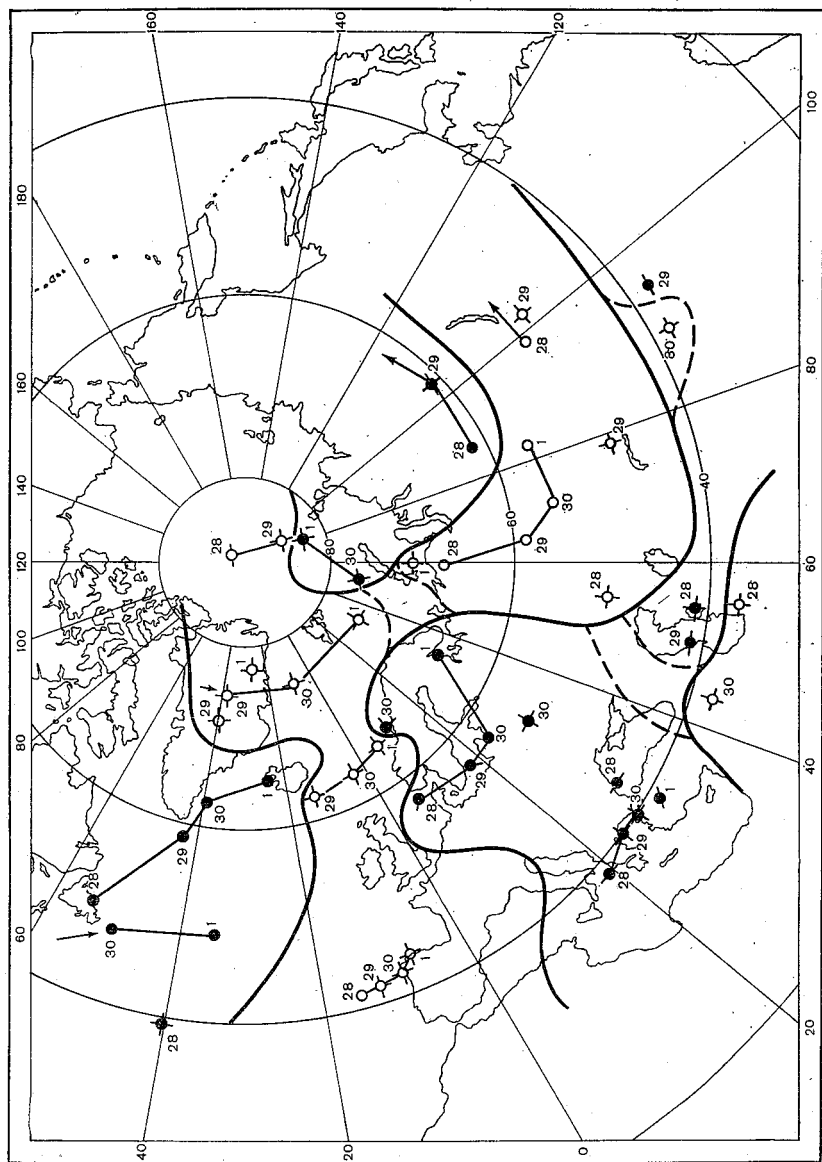


Рис. 1.2. Сборно-кинематическая карта, 28 ноября—1 декабря 1974 г.

Выделенные участки кратковременного нарушения знака барического поля получили название перебойных полей. Надо избегать при схематизации макропроцессов формального использования условных обозначений, и здесь определенную роль играет опыт синоптика. Отметим дополнительные соображения, которые могут быть полезны при построении сборно-кинематических карт. Так, траектории барических образований не должны пересекать основные демаркационные линии. Поскольку в центрах циклонов и антициклонов наблюдаются слабые ветры, то эти центры не должны совпадать с демаркационными линиями. Траектории барических образований необходимо наносить с учетом эволюции циклонов и антициклонов. Например, хорошо выраженные циклоны могут возникать из волн, ложбины или при регенерации частных циклонов, и отображаемый вариант траекторий не должен противоречить принципам синоптического анализа. Только внимательное прослеживание особенностей развития отдельных барических образований при построении сборно-кинематических карт дает возможность правильно оценить характер исходных и прогнозируемых синоптических процессов. Составление сборно-кинематических карт позволяет более точно установить границы е. с. периода и ЭСП, так как на этих картах наглядно проявляются смены знака основных барических полей как при пересечениях траекторий циклонов и антициклонов, так и при проведении демаркационных линий за каждый день.

Содержание задания. Построить сборно-кинематические карты для трех естественных синоптических периодов. Провести анализ синоптических процессов с использованием построенных сборно-кинематических карт е. с. периодов в рассматриваемом интервале времени.

Исходные материалы. Для построения сборно-кинематических карт использовать приземные карты погоды, карты АТ₅₀₀ и ОТ₁₀₀₀⁵⁰⁰ за 00 (03) часа одного из следующих вариантов последовательностей естественных синоптических периодов: 1) 9—14, 15—20 и 21—26 марта 1949 г.; 2) 13—19, 20—25 и 26—30 ноября 1959 г.; 3) 6—10, 11—15, 16—19 и 20—25 февраля 1974 г.; 4) 24—27 ноября—2 декабря, 3—8 декабря 1974 г., а также е. с. периоды, представленные в приложении I. Некоторые особенности отмеченных выше е. с. периодов отражены в лабораторных работах 2.1, 2.2, 4 и 5.

Рекомендации по выполнению задания. Составление сборно-кинематических карт проводить для района, расположенного между 50° з. д. и 80° в. д., а с юга ограниченного 20° с. ш. (I естественный синоптический район). При построении сборно-кинематических карт соблюдают следующую последовательность работы:

а) по данным приземной карты погоды первого дня е. с. периода на чистый бланк синоптической карты наносят условными символами положение циклонов, антициклонов и других

особенностей барического поля с обозначением даты и значения давления в соответствующих центрах;

б) проводят (вчерне) демаркационные линии, характерные для первого дня;

в) при нанесении условных знаков во второй и последующие дни ЕСП прослеживают эволюцию барических образований и отражают ее соответствующими условными знаками;

г) одновременно строят траектории барических образований, для чего используют карты барической топографии;

д) на заключительном этапе составления сборно-кинематической карты выявляют районы преобладающей циклонической и антициклонической деятельности, которые ограничивают сплошными демаркационными линиями; случай кратковременного нарушения преобладающего знака барического поля (перебойные поля) обозначают прерывистыми линиями, как это показано на рис. 1.1. Построенные сборно-кинематические карты е. с. периода необходимо проанализировать и сопоставить друг с другом. При этом определяют:

а) районы вторжения и стационарирования основных антициклонов;

б) районы активной циклонической деятельности;

в) районы и направление наиболее устойчивого переноса воздушных масс в нижних слоях атмосферы;

г) районы перемычек высокого давления, которые возникают в результате тыловых заток холодного воздуха;

д) районы перемещения фронтальных волн или частных циклонов по северной периферии смещающихся антициклонов;

е) районы смены знака барического поля для смежных е. с. периодов.

Задание 1.2. Построение карт-схем развития синоптических процессов

По сравнению со сборно-кинематическими картами карты-схемы представляют собой результат дальнейшей схематизации развития макропроцессов. При построении карт-схем не указываются отдельные циклоны и антициклоны и отсутствуют сведения о последовательном положении этих барических образований. На картах-схемах наносятся обобщенные траектории смещения циклонов и антициклонов с указанием в виде стрелок начального и конечного положения барических центров. Так же как и на сборно-кинематических картах, на картах-схемах проводят демаркационные линии, которые отображают среднее положение наиболее устойчивого переноса воздушных масс, и выделяют перебойные поля.

Карты-схемы могут составляться как для отображения эволюции барического поля в течение е. с. периода, так и в каче-

стве прогностической схемы ожидаемого развития синоптических процессов (см. рис. 4.14).

При построении карт-схем используются условные обозначения, приведенные в табл. 1.2.

Главный радиометеорологический центр (ГРМЦ) ежедневно с помощью кода КП-61 передает схемы ожидаемого развития макропроцессов.

Сокращенная схема кода КП-61 имеет вид

0	1	2	3
6666 t_i	XYYtt	99E _c II	QL _φ L _φ L _λ L _λ
2'	3'		4
99E _c II	QL _φ L _φ L _λ L _λ	. . . 88XYU (77XYU)	. . . XXXXX

Значения буквенных и цифровых символов следующие: **6666**—отличительные цифры, указывающие, что передаются схемы ожидаемого развития синоптических процессов на промежутках времени t_i , закодированный цифрой: 0—на синоптический сезон (в среднем на два месяца), 1—на месяц, 2—на синоптический период, 3—на 3 суток.

В группах 1, 2, 3 передаются схемы последовательного развития атмосферных процессов на интервалы времени, указанные в нулевой группе.

X—месяц в группе 1, **YU**—число месяца, **tt**—число суток, на которые составлен прогноз. Наименование месяца кодируется по табл. 1.1.

Таблица 1.1
Цифры кода, соответствующие
календарным месяцам года

Цифра кода	Месяц	Цифра кода	Месяц
1	Январь, ноябрь	6	Июнь
2	Февраль, декабрь	7	Июль
3	Март	8	Август
4	Апрель	9	Сентябрь
5	Май	0	Октябрь

Примечание. При кодировании процессов, ожидаемых в ноябре и декабре, к числам месяца прибавляется 50.

99—отличительные цифры групп 2 и 2'; **E_c**—наименование элемента прогностической карты-схемы, кодируется по табл. 1.2; **II**—число групп с координатами, передаваемое после данной группы.

Таблица 1.2

Условные обозначения, используемые при составлении карт-схем

Цифра кода	Элемент карты-схемы (E_c)	Условное обозначение на карте-схеме
0	Демаркационная линия	—————
1	Демаркационная линия перебойного поля	-----
2	Траектории антициклонов	====>
3	Траектории разрушающихся антициклонов	==-->
4	Траектории ядер и гребней	====>
5	Траектории усиливающихся ядер и гребней, оформляющихся в антициклон	====>
6	Траектории хорошо развитых циклонов	====>
7	Траектории заполняющихся циклонов (основных циклонов, переходящих в частные)	----->
8	Траектории частных циклонов и ложбин	----->
9	Траектории частных циклонов, оформляющихся в основной циклон	----->

В группах 3 и 3' указывается октант (Q) по табл. 1.3, широта ($L_\phi L_\phi$) и долгота ($L_\lambda L_\lambda$) записываются в целых градусах, как это принято по коду КН-09 при передаче метеоданных судовых станций.

Таблица 1.3

Схема расположения октантов (Q) земного шара

Цифра кода	Широта	Долгота
1	Северная	Восточная
3	Южная	Восточная
5	Южная	Западная
7	Северная	Западная

В группе 88XYU сообщается дата начала синоптического периода. В тех случаях, когда она по приземным и высотным кар-

там различна, сообщаются две группы: 88ХУУ и 77ХУУ. В первой из них указывается дата начала периода по карте АТ₅₀₀, а во второй — по приземной карте.

Группа XXXXX является контрольной. В ней сообщается число групп в тексте телеграммы. Четвертая и пятая цифры дублируют вторую и третью цифры группы XXXXX.

Содержание задания. Раскодировать телеграммы согласно схеме кода КП-61 и нанести на бланк карту-схему ожидаемого развития синоптических процессов.

Исходные материалы. Текст телеграммы со схемой ожидаемого развития синоптических процессов в ближайшие дни:

66662	26502	99012	15602	15516	15323	14829	14333	14033	13618
13703	73606	74419	75409	15603	99010	77039	77320	16808	16528 16634
16842	17269	17584	77408	77218	99006	75407	15978	16364	14860
14152	13658	99102	16609	15602	99104	16636	15322	14621	14032
99802	74240	75123	99702	75428	76415	99803	76209	15620	15238
99803	15515	15230	15150	99602	16146	16565	99402	14780	14896
99402	17222	16624	99202	15001	74603	06868.			

Рекомендации по выполнению задания. Прежде чем приступить к раскодированию телеграммы, необходимо проверить число групп в тексте. Число групп в тексте телеграммы должно соответствовать указанному в заключительной контрольной группе. При нанеске раскодированных групп на бланк карты надо использовать условные обозначения табл. 1.2. Рекомендуется траектории циклонов проводить красным цветом, а антициклонов — синим. При этом следует иметь в виду, что траектории барических образований могут пересекаться только в переломных полях.

Задание 1.3. Расчет индексов атмосферной циркуляции

Для количественной оценки интенсивности и возмущенности атмосферной циркуляции в метеорологии применяются разного рода численные индексы. В Советском Союзе для численной оценки интенсивности воздушных переносов широкое распространение получила система индексов, предложенная А. Л. Кацем.

Исходя из того, что для соответствующего района изменение зонального потока массы воздуха на выбранном участке зависит только от колебаний среднего градиента давления на участках меридианов, включенных в эту зону, а меридионального потока массы — от среднего градиента давления на участках параллелей, А. Л. Кац для оценки индексов зональной I_z и меридиональной I_m циркуляции предложил подсчитывать средние меридиональные и зональные градиенты.

Для подсчета индекса зональной циркуляции I_z в мбар/ 1° экв. или дам/ 1° экв., пропорционального среднему меридиональному градиенту, А. Л. Кацем предложена следующая формула:

$$I_z = \frac{b \sum_1^i n_i}{(\varphi_2 - \varphi_1) i}. \quad (1.1)$$

Аналогично выглядит и формула для подсчета индекса меридиональной циркуляции I_m в мбар/ 1° экв. или дам/ 1° экв., пропорционального среднему зональному градиенту:

$$I_m = \frac{b \sum_1^j m_j k}{(\lambda_2 - \lambda_1) j}. \quad (1.2)$$

В формулах (1.1) и (1.2) b — интервал, через который проводятся изобары (5 мбар) или изогипсы (4 дам) на синоптических картах; i — число меридианов, на которых подсчитываются меридиональные градиенты давления между параллелями φ_1 и φ_2 ; j — число параллелей, на которых подсчитываются зональные градиенты давления между меридианами λ_1 и λ_2 ; n — число пересечений изобарами (изогипсами) меридианов; m — число пересечений изобарами (изогипсами) параллелей; $k = 1/\cos \varphi$ — постоянный для каждой широты поправочный коэффициент, введенный для сравнимости индексов меридиональной циркуляции, подсчитанных для различных районов. Множитель k показывает отношение длины дуги в 1° на экваторе к длине дуги в 1° на данной параллели.

При подсчете индексов I_z и I_m обычно учитывают направление переноса воздушных масс. Направления переноса с запада на восток (n_3) и с юга на север ($m_{ю}$) принимают положительными, а с востока на запад ($n_в$) и с севера на юг ($m_с$) — отрицательными. Тогда положительным значениям результирующего индекса I_z соответствует преобладание западного переноса, а положительным значениям результирующего индекса I_m — южного переноса. При отрицательных значениях индексов I_z и I_m наблюдается преобладание восточного и северного переноса соответственно. Однако результирующий индекс меридиональности I_m пригоден лишь для характеристики меридиональности на ограниченных территориях, так как в предельном варианте (для широтной зоны, охватывающей полушарие) он будет стремиться к нулю, хотя его южная и северная составляющие могут проявляться достаточно интенсивно. Поэтому для характеристики интенсивности межзонального обмена на больших территориях не учитывают направление переноса, а подсчитывают общую сумму числа пересечений изобарами (изогипсами) параллелей как с юга, так и с севера, т. е. величину

$$I_m = I_{m_{ю}} + I_{m_{с}}.$$

Для оценки соотношения интенсивности зональной и меридиональной циркуляции часто используют безразмерный индекс $I_0 = I_m/I_z$. Индекс I_0 называется общим индексом. Он дает возможность относить синоптические процессы либо к меридиональному, либо к широтному типу.

Содержание задания. Рассчитать индексы зональной и меридиональной циркуляции способом, предложенным А. Л. Кацем для Атлантико-Евразийского сектора северного полушария.

Исходные материалы. Использовать ежедневные карты АТ₅₀₀ отобранных вариантов е. с. периодов, для которых строились сборно-кинематические карты в соответствии с выполнением задания 1.1.

Рекомендации по выполнению задания. А. Л. Кац предложил вычислять индексы циркуляции для зоны, расположенной между 35 и 70° с. ш. Поскольку атмосферные процессы за один срок в высоких и низких широтах могут значительно отличаться друг от друга, то индексы вычисляются как для всей зоны 35—70° с. ш., так и по полузонам 35—52 и 52—70° с. ш. Процессы относят к меридиональному типу, если во всей зоне или хотя бы в северной ее части $I_0 \geq 0,75$, так как в северной половине основной зоны возмущенность процессов больше, чем в южной.

Подсчет индексов циркуляции в зоне 35—70° с. ш. производится раздельно по трем секторам. На рис. 1.3 указана стандартная сеть точек, с которой снимаются исходные данные для подсчета индексов циркуляции I_z и I_m в дам/1° экв. в Атлантико-Евразийском секторе. Индексы I_z и I_m подсчитываются по формулам (1.3) и (1.4) в виде средних из градиентов геопотенциала на 1° меридиана или экватора на соответствующих участках:

$$I_z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\Delta p}{\Delta \varphi} \right)_i, \quad (1.3)$$

$$I_m = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{j=m} \left(\frac{\Delta p}{\Delta \lambda \cos \varphi} \right)_j, \quad (1.4)$$

где Δp — разность геопотенциалов в декаметрах на границах зоны на каждом из выбранных i меридианов и на границах сектора на каждой из параллелей; $\Delta \varphi$ — ширина зоны в градусах широты; $\Delta \lambda$ — ширина сектора в градусах долготы; n — число меридианов; m — число параллелей; $1/\cos \varphi$ — множитель для перевода длины дуги параллели в 1° на широте φ в длину дуги экватора в 1°.

Разность давлений Δp как вдоль меридиана, так и вдоль широты может быть и положительной и отрицательной относительно осей координат, одна из которых считается направленной

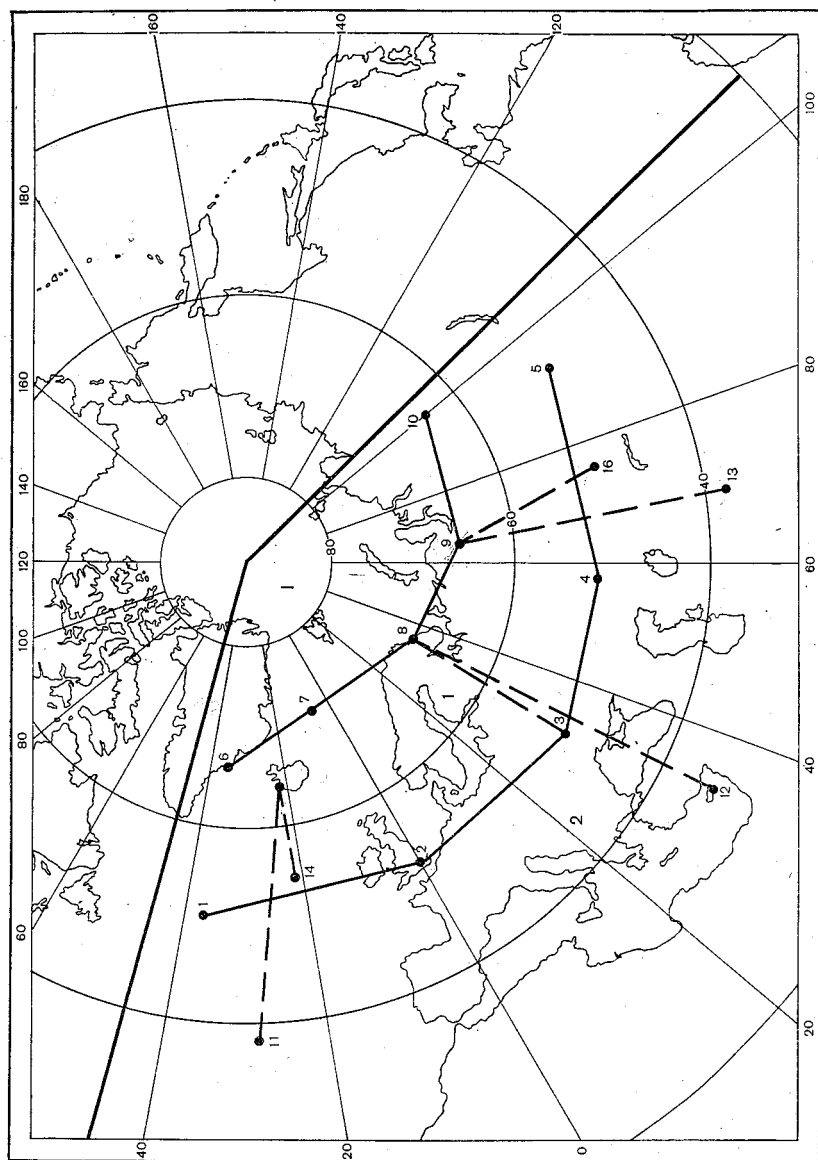


Рис. 1.3. Схема расположения пунктов для подсчета индексов циркуляции А. Л. Каца.

на север, а другая — на восток ($\Delta\phi$ и $\Delta\lambda$ всегда положительны). Для оценки типа макропроцессов (см. задание 2.2) индексы подсчитываются по картам АТ₅₀₀.

В табл. 1.4 приведен пример записи для подсчета индексов циркуляции I_m и I_z . В графе 1 указана дата исходной карты. В графе 2 сверху вниз приведены границы северной полузоны, всей зоны и южной полузоны. В графах 3—6 указаны пары точек (в верхней строке для северной полузоны, в нижней — для южной полузоны), между которыми снимаются разности геопотенциалов и записываются в первой и третьей строках граф 3—6. Если внутри какого-либо участка имеются гребни или ложбины, центры циклонов или антициклонов, то разность геопотенциалов между конечными точками данного участка следует представить в виде градиентов от начальной точки до особой (т. е. до оси или центра барического образования) и от особой точки до конечного пункта участка. Уточненные таким образом градиенты записываются в скобках, после чего вычисляются арифметическую сумму значений градиентов в графах 3—6 и результат записывают в графу 7. Для участков с уточненными градиентами принимаются во внимание не разности в конечных точках, а значения градиента, заключенные в скобки.

Средняя строка в графах 3—7 не заполняется. Перевод полученных сумм в индекс меридиональной циркуляции осуществляется с помощью таблицы приложения II. В графах 2 и 3 этой таблицы указаны значения индексов в южной и северной полузонах для различных сумм зонального градиента.

Например, 28 февраля 1974 г. в северной полузоне сумме 96 (первая строка графы 7) соответствует индекс меридиональности 1,84 дам/1° экв. Индекс меридиональности для южной полузоны, полученный по значению суммы 108 (нижняя строка графы 7), будет 1,45 дам/1° экв.

Индекс меридиональности для всей зоны 35—70° с. ш. (1,68 дам/1° экв.), подсчитанный как средняя из индексов северной и южной полузон, записывается во вторую строку графы 8.

Подсчет индексов зональной циркуляции выполнен в графах 9—13 табл. 1.4. Снятые с карт разности геопотенциала по северной полузоне и по всей зоне записываются в первую и вторую строки граф 9—11, вычисленные алгебраические суммы значений градиентов на трех участках — в графу 12.

Индексы зональной циркуляции I_z берут из графы 4 таблицы приложения II. Необходимо иметь в виду, что в графе 4 этой таблицы значения индекса зональной циркуляции даны для северной полузоны и соответствуют удвоенному значению индекса для зоны 35—70° с. ш. Следовательно, при переводе суммы градиентов для всей зоны в индекс зональной циркуляции надо эту сумму (112) уменьшить вдвое. Таким образом, полученной полусумме 56 будет соответствовать индекс зональной циркуляции 1,27 дкм/1° экв.

Таблица 1.4

Схема записи для подсчета индексов циркуляции по Европейско-Азиатскому сектору

дата	широтная зона, ° с. ш.	Индекс меридиональности						Индекс зональности						$I_0 = \frac{I_M}{I_3}$
		зональные градиенты на участках						меридиональные градиенты на участках						
		7-8 2-3		8-9 3-4	9-10 4-5	сумма	I_M	14-15 11-15		3-8 12-8	16-9 13-9	сумма	I_3	
		6-7 1-2	3	4	5			6	7	8	9			
03 часа 28 II 1974 г.	52-70	+8	+16	-28	-12	96	1,84	+40	-12	+36	58	1,32	1,39	
	35-70	-	-	-	-	-	1,68	+48	+21	+40	112	1,27	1,31	
	35-52	-32	+16	+28	-16	108	1,45	-	-	-	-	-	-	
		(+4, -36)	(+20, -4)											

Общий индекс I_0 в графе 14 определяется как отношение индекса меридиональной циркуляции к индексу зональной циркуляции для северной полузоны или для всей зоны. Как видно из табл. 1.4, для северной полузоны и для всей зоны индекс I_0 значительно больше 0,75; следовательно, в средней тропосфере в воздушных переносах преобладала меридиональность.

После ознакомления с примером подсчета индексов зональной и меридиональной циркуляции следует приступить к вычислению индексов Каца для дней, которые использовались при построении сборно-кинематических карт е. с. периода согласно заданию 1.1.

Подсчитав ежедневные значения индексов, оцените колебания интенсивности зональных и меридиональных переносов для различных е. с. периодов. С этой целью постройте графики изменения индексов I_z , I_m и $I_0 = I_m/I_z$ во времени. Сделайте заключение о циркуляционных особенностях рассматриваемых е. с. периодов в зоне 35—70° с. ш.

В качестве критерия оценки зональности или меридиональности следует руководствоваться величиной $I_0 = 0,75$: если $I_0 \gg 0,75$, то процесс меридиональный; если же $I_0 < 0,75$, то процесс зональный.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 1

1. Какие карты составляются для изучения макропроцессов?
2. Для чего составляется сборно-кинематическая карта?
3. Чем руководствуются при выборе условных обозначений для характеристики антициклонических образований при построении сборно-кинематических карт?
4. Чем руководствуются при выборе условных обозначений для характеристики циклонических образований при построении сборно-кинематических карт?
5. В чем заключается различие карт-схем и сборно-кинематических карт?
6. Что отражают демаркационные линии на сборно-кинематических картах и картах-схемах?
7. Для чего выделяются перебойные поля на сборно-кинематических картах и картах-схемах?
8. Какие группы включает код КП-61 для передачи схемы ожидаемого развития макропроцессов?
9. Какие условные обозначения используются при составлении карт-схем ожидаемого развития атмосферных процессов?
10. Что принимается во внимание при подсчете индексов зональной циркуляции, по А. Л. Кацу?
11. Что принимается во внимание при подсчете индексов меридиональной циркуляции, по А. Л. Кацу?
12. Что отражает общий индекс I_0 ?
13. Как практически вычисляются индексы А. Л. Каца для Атлантико-Евразийского сектора?

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ДОЛГОСРОЧНОЙ СИНОПТИКИ

Лабораторная работа 2.1

Разбивка атмосферных макропроцессов на естественные синоптические периоды и элементарные синоптические процессы

Задание 2.1.1. Разбивка атмосферных макропроцессов на естественные синоптические периоды

Непрерывное развитие атмосферных процессов необходимо расчленить на последовательность естественных синоптических (е. с.) периодов длительностью 5—7 дней. Понятие синоптического периода является одним из основных понятий долгосрочной синоптики и широко используется при прогнозировании погоды на средние и большие сроки. *Естественным синоптическим периодом называется промежуток времени, в течение которого на пространстве естественного синоптического района развивается определенным образом ориентированный процесс и сохраняется знак основных барических полей.*

В северном полушарии выделяют три естественных синоптических (е. с.) района. Основанием для выделения е. с. районов явился анализ характера теплообмена между океанами и материками, определяющий преобладающую структуру термобарического поля тропосферы в каждом сезоне.

Южной границей всех е. с. районов является параллель 20° с. ш. За границу между I и II районами принят меридиан 80° в. д., между II и III районами — меридиан 165° з. д., между I и III районами — меридиан 50° з. д.

В ходе выполнения настоящей лабораторной работы анализ макропроцессов производится по I е. с. району: от 50° з. д. до 80° в. д.

Приведенное выше определение е. с. периода основано на признаках, устанавливаемых при анализе сборно-кинематических карт, обобщающих наиболее существенные особенности макропроцесса по приземным картам погоды. Признаками смены е. с. периода по приземным картам и сборно-кинематической карте являются:

а) появление в одном или нескольких основных барических полях е. с. периода барических центров противоположного знака (циклона в ранее существующем антициклоническом поле или антициклона в циклоническом поле);

б) изменение характера движения барических образований, т. е. хорошо выраженный поворот траекторий циклонов или ан-

тициклонов, хотя бы в одном из основных барических полей е. с. периода;

в) заполнение циклона или разрушение антициклона с появлением в районе его расположения нового барического центра того же знака, а также хорошо выраженная регенерация барического образования.

Основными барическими полями являются крупные циклонические и антициклонические области, которые можно разграничить демаркационной линией. На пространстве е. с. района в течение е. с. периода существует несколько таких областей.

В течение е. с. периода в сравнительно небольших по площади областях может иметь место смена знака барического поля (появление «перебойного поля»). Эти участки, как правило, лежат вблизи демаркационной линии или происходит переход барической системы от одного основного поля к другому по сравнительно узкому «коридору».

Другое определение е. с. периода основано на признаках, которые устанавливаются при анализе карт барической топографии. Для этих целей обычно используют карты AT_{500} и OT_{1000}^{500} . *Естественным синоптическим периодом называется промежуток времени, в течение которого на пространстве е. с. района сохраняется определенный тип термобарического поля.*

Высотное деформационное поле (ВДП) каждого е. с. периода состоит из нескольких компонентов — крупных высотных циклонов и антициклонов. В отдельных случаях компонентом ВДП могут быть обширные высотные ложбины и гребни. На картах OT_{1000}^{500} им соответствуют самостоятельные очаги холода или тепла. Появление или исчезновение хотя бы одного из компонентов ВДП является признаком смены е. с. периода. Признаком смены также является циклоническое или антициклоническое преобразование ВДП, вследствие чего образуются новые обширные циркуляционные системы. В течение е. с. периода или его большей части сохраняется характер эволюции высотной фронтальной зоны (ВФЗ), т. е. сохраняется положение или направление смещения отдельных участков ВФЗ.

При широтном расположении фронтальной зоны переход к новому е. с. периоду может произойти путем возникновения высотных ложбин и гребней, т. е. развития меридионального типа макропроцесса. Смена е. с. периода диагностируется также при сохранении широтного расположения планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ), но в связи с формированием новой ее ветви южнее или севернее исходного положения фронтальной зоны. В развитии меридиональных макропроцессов может происходить смена е. с. периода, которая характеризуется возвратным (с востока на запад) движением высотных ложбин и гребней. Меридиональные процессы могут сменяться ситуациями «блокирования» с изоляцией холодных циклонов на юге и теплых антициклонов на севере.

В большинстве случаев признаки смены е. с. периода по высотным и приземным (сборно-кинематической) картам по времени совпадают, т. е. отмечаются в один и тот же день. Однако в отдельных случаях они могут не совпадать. Чаще всего в таких случаях смена периода достаточно четко проявляется на высотных картах и лишь на следующий день — по приземным картам.

Приведем макросиноптический анализ атмосферных процессов в I е. с. районе с 9 по 26 марта 1949 г. с целью установления границ е. с. периодов. Указанный отрезок времени представлен последовательностью ежедневных карт погоды и барической топографии в Атласе Л. И. Блюминой.

Естественный синоптический период 9—14 марта 1949 г. характеризуется наличием барической седловины в Восточной Атлантике, вследствие чего отсутствует обычный для умеренной зоны западный перенос. Сборно-кинематическая карта за этот период позволяет выделить несколько крупномасштабных (основных) циклонических и антициклонических полей в пределах е. с. района. Основными циклоническими полями являются: очаг активной циклонической деятельности в районе Исландия—Шпицберген—Баренцево море, малоподвижные депрессии в районе Бискайский залив—западная часть Средиземного моря и циклоны в районе юг Каспийского моря—о. Балхаш—Западная Сибирь.

Антициклонические поля представлены обширным антициклоном над Атлантикой и областью высокого давления над ЕТС, Балканским полуостровом и Скандинавией. Заметим, что над Атлантикой антициклон смещен к северо-западу от Азорских островов, где он обычно располагается.

Наибольшего распространения по площади антициклон над Европой достигает в первые дни е. с. периода 9—10 марта. 10 марта один из циклонов через Карское море смещается в Западную Сибирь. Начиная с 11 марта над Карским морем формируется антициклоническое поле и очаги циклонической деятельности над северными морями и Западной Сибирью разделены. Через Карское море на север Урала смещается антициклон из Арктики. Это так называемое ультраполярное вторжение — одно из наиболее ярких проявлений меридиональности атмосферных макропроцессов. Начиная с 12 марта северный антициклон становится основным, а находящийся над ЕТС — становится ядром высокого давления. Антициклоническое поле на ЕТС преобладает по 14 марта включительно.

14 марта на Скандинавию с запада входит циклон с давлением в центре менее 975 мбар. Однако соответствующий ему высотный циклон еще связан с основной депрессией над Гренландией. Уже 14 марта в западной части Средиземного моря появляется гребень высокого давления и активизируется циклоническая деятельность в восточной части моря.

Таким образом, 14 марта имеется несколько признаков перестройки макропроцесса, но эти признаки еще не являются достаточно четкими.

15 марта через район Исландии осуществляется антициклоническое преобразование высотного деформационного поля. Высотный циклон над Скандинавией становится компонентом нового высотного деформационного поля. Значительная часть ЕТС с 15 марта попадает в область циклонической циркуляции, тогда как над северными морями циклоническая деятельность резко ослабевает. Средиземное море занято антициклоническим полем.

Указанные признаки позволяют сделать вывод, что 15 марта начался новый е. с. период.

Анализ сборно-кинематической карты и ежедневных карт барической топографии за 15—20 марта свидетельствует о смещении на Прибалтику циклонов по южной периферии центрального циклона, расположенного над Скандинавией. К концу синоптического периода указанный очаг циклонической деятельности ослабевает. 20 марта со Скандинавии на Средиземное море вытянута высотная ложбина, в передней части которой в районе Италии—Балканского полуострова—Украины наблюдаются циклоны у земли.

21 марта происходит формирование нового высотного деформационного поля: над Италией изолируется высотный циклон. Наблюдается смена знака приземного барического поля в ряде районов. Над Прибалтикой и Центральной Европой появляется перемычка высокого давления. В последующие дни синоптического периода антициклонические поля над Центральной Европой и смежными районами усиливаются и здесь формируется мощный стационарный антициклон.

Характерным для е. с. периода 21—26 марта 1949 г. является активная циклоническая деятельность в районе Норвежского и Гренландского морей.

Таким образом, в течение 9—26 марта 1949 г. на пространстве синоптического района наблюдались макропроцессы трех е. с. периодов, существенно различающиеся по условиям атмосферной циркуляции и погоды.

Содержание задания. Провести макросиноптический анализ и определить границы естественных синоптических периодов в I е. с. районе в течение 6—25 февраля 1974 г.

Исходные материалы. Карты приземные за 00(03) часа с 6 по 25 февраля 1974 г. и карты АТ₅₀₀, ОТ₅₀₀¹⁰⁰⁰ за те же сроки.

В качестве дополнительных вариантов могут быть предложены макропроцессы 13—30 ноября 1959 г., 24 ноября—8 декабря 1974 г. или ЕСП, представленные в приложении I.

Рекомендации по выполнению задания. Анализ макропроцессов следует выполнять по первому е. с. району: от

50° з. д. до 80° в. д. Путем построения и анализа сборно-кинематических карт и сборных карт ПВФЗ с привлечением ежедневных карт погоды и карт барической топографии обосновать расчленение макросиноптических процессов на естественные синоптические периоды.

При построении сборно-кинематических карт руководствоваться рекомендациями для выполнения задания 1.1. Положение осевой линии фронтальной зоны на сборных картах ПВФЗ фиксируют цветными карандашами с помощью характерных для соответствующих сезонов средних значений изогипс: зима — 536 дам, весна — 544 дам, первая половина лета — 560 дам, вторая половина лета — 572 дам, осень — 556 дам. На сборных картах ПВФЗ стрелками отразить районы с однозначно-направленной эволюцией фронтальных зон и определить момент ее прекращения.

Для каждого синоптического периода дать обзор наиболее характерных особенностей атмосферных макропроцессов на пространстве I е. с. района и основных черт макропогоды по одному из районов, указанных преподавателем. При описании хода погоды в заданном районе использовать терминологию в соответствии с «Наставлением по службе прогнозов». Краткое изложение основных терминов приведено в теме 3 практикума.

Задание 2.1.2. Разбивка макросиноптических процессов на элементарные синоптические процессы

Понятие элементарного синоптического процесса (ЭСП) введено Г. Я. Вангенгеймом и широко используется в практической деятельности обеих отечественных школ долгосрочного прогноза погоды. Однако для научной школы Г. Я. Вангенгейма — А. А. Гирса понятие ЭСП является основным и макропроцессы любого дня относятся к одному из 26 элементарных процессов, а также — в зависимости от преобладающих тропосферных переносов — к одной из трех форм атмосферной циркуляции: западной (W), восточной (E) или меридиональной (C).

При анализе атмосферной циркуляции с научных позиций школы Б. П. Мультановского — С. Т. Пагавы понятие ЭСП используется в более общем виде.

Элементарным синоптическим процессом называется промежуток времени, в течение которого сохраняются знак барического поля и основные тропосферные выносы тепла и холода.

Продолжительность ЭСП обычно составляет 2—4 дня. В большинстве случаев в течение е. с. периода выделяют два элементарных процесса.

Анализ основных тропосферных выносов тепла и холода производится с помощью сборно-кинематических карт и карт АТ₅₀₀. При этом главное значение придается информации о знаке барического поля и ориентировке демаркационных линий.

Основные выносы тепла и холода обычно связаны с меридионально-ориентированными участками высотной фронтальной зоны и, следовательно, с особенностями локализации высотных ложбин и гребней. Необходимо также учитывать интенсивные зональные переносы тепла и холода при больших температурных контрастах между океаном и континентом.

Существенное изменение ориентировки высотных ложбин и гребней приводит к смене ЭСП, в то время как синоптический период еще продолжается. Смена ЭСП обычно сопровождается изменением характера погоды в ряде районов и в первую очередь там, где изменился характер термической адвекции. При смене синоптического периода обязательно происходит смена элементарного синоптического процесса. Это непосредственно следует из соответствующих определений, приведенных ранее.

Признаком смены ЭСП, который устанавливается по сборно-кинематической карте, является появление перебойного поля — изменение знака барического поля на сравнительно небольшом пространстве.

В качестве примера разбивки непрерывного хода макросиноптических процессов на ЭСП рассмотрим период 9—14 марта 1949 г. Этот е. с. период состоял из двух ЭСП: 9—10 и 11—14 марта. В течение 9—10 марта через район Карского моря происходило смещение циклона в юго-восточном направлении. Начиная с 11 марта над районом Карского моря знак поля антициклонический. Через район происходило вторжение антициклона на ЕТС.

Перебойное поле диагностируется также к западу от Пиринейского полуострова. 9—10 марта в этом районе знак поля циклонический, а в следующем ЭСП — антициклонический.

Содержание задания. Провести макросиноптический анализ сборно-кинематических карт и карт барической топографии и выделить элементарные синоптические процессы.

Исходные материалы. Сборно-кинематические карты е. с. периодов, сборные карты ПВФЗ и карты барической топографии за период 6—25 февраля 1974 г.

Рекомендации по выполнению задания. К анализу привлечь построенные при выполнении задания 2.1.1 сборно-кинематические карты и карты ПВФЗ е. с. периодов. Указать признаки смены ЭСП по сборно-кинематическим картам, сборным картам ПВФЗ и картам барической топографии.

Выявить районы, в которых при смене ЭСП произошли существенные изменения макропогоды.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 2.1

1. Дайте определение е. с. периода.
2. Укажите признаки смены е. с. периода по сборно-кинематическим картам.
3. Укажите признаки смены е. с. периода по картам барической топографии.

4. Какова длительность е. с. периодов?
5. Возможна ли неодновременность смены е. с. периода по признакам, выявленным при анализе приземных и высотных карт?
6. Дайте определение однородного макросиноптического процесса.
7. С помощью каких материалов производится анализ однородных макросиноптических процессов?
8. Может ли в течение е. с. периода осуществляться два однородных макросиноптических процесса?
9. Назовите естественные синоптические районы в северном полушарии и укажите их границы.
10. Какие признаки смены послужили основанием для расчленения атмосферных макропроцессов 6—25 февраля 1974 г. на е. с. периоды?
11. Укажите типы однородных макросиноптических процессов в течение 6—25 февраля 1974 г.
12. Каковы основные особенности атмосферной циркуляции и макропогоды в заданном районе в каждом е. с. периоде с 6 по 25 февраля 1974 г.?
13. Дайте определение элементарного синоптического процесса.
14. Укажите основные признаки западной, восточной и меридиональной форм атмосферной циркуляции, по Г. Я. Вангенгейму.
15. Укажите признаки смены ЭСП по сборно-кинематическим картам.
16. Укажите признаки смены ЭСП по картам барической топографии.
17. Какова длительность ЭСП?
18. Какие признаки смены ЭСП были использованы для расчленения макросиноптических процессов 6—25 февраля 1974 г.?

Лабораторная работа 2.2

Типизация синоптических процессов с помощью индексов циркуляции

При составлении прогнозов атмосферной циркуляции и погоды на 3—10 суток широко используется классификация синоптических процессов, предложенная А. Л. Кацем. Эта классификация основана на количественной оценке интенсивности зональных и меридиональных переносов в I естественном синоптическом районе (см. задание 1.3).

Количественная оценка зональной циркуляции производится путем расчета индекса $I_z = I_{zz} - I_{zv}$, дающего представление о преобладающих зональных переносах. Методика расчета индекса I_z и I_m в северной и южной зонах и индекса I_m рассмотрена в § 7.1 учебного пособия «Методы долгосрочных прогнозов погоды» (Л.: Гидрометеиздат, 1978), а также в задании 1.3 Практикума.

Оценка меридиональной циркуляции производится путем расчета индекса $I_m = I_{mю} + I_{мс}$, дающего представление об интенсивности меридионального воздухообмена.

Определив общий индекс $I' = I_m/I_z$, можно отнести макропроцесс к зональному или меридиональному типу. При $I' \geq 0,75$ макропроцесс считается меридиональным (шифр 2), при $I' < 0,75$ — зональным (шифр 1).

В зависимости от величины I' в двух зонах макропроцесс получает двухзначный шифр: 11, 12, 21, 22.

Однородная зональная циркуляция (11) характеризуется длинными волнами малой амплитуды. Макропроцессы этой формы занимают около 40 % всех е. с. периодов.

Меридиональные типы макропроцессов (12, 21, 22) различаются большим разнообразием циркуляционных и погодных характеристик. Здесь важное значение имеет не только степень развития меридиональных переносов, но и особенности географической локализации высотных ложбин и гребней. На рис. 2.1 показано среднее положение высотной фронтальной зоны зимой и летом при четырех основных типах меридиональных макропроцессов.

При западном положении высотного гребня диагностируются меридиональные процессы формы 3. В этом случае над Восточной Европой находится высотная ложбина, вследствие чего на ЕТС преобладают переносы с севера. Особенно значительные отрицательные аномалии температуры воздуха наблюдаются в центральные месяцы зимы. Большую повторяемость процессы формы 3 имели в январе 1950 г.

При положении высотного гребня над ЕТС (центральное положение гребня) макропроцесс относится к форме Ц. Высотные ложбины находятся над Восточной Атлантикой и Западной Сибирью. Меридиональные вторжения холода при процессах этого типа обуславливают наиболее холодные периоды для юго-восточных районов ЕТС, Средней Азии и Западной Сибири. В этом случае наибольшие отрицательные аномалии температуры воздуха наблюдаются в центральные месяцы зимы. Летом процессы формы Ц обладают большой устойчивостью и могут наблюдаться в течение нескольких месяцев. Примером могут служить летние сезоны 1938, 1939 и 1972 гг.

Восточное положение высотного гребня диагностируется процессом формы В. Зимой ось гребня проходит по линии Тбилиси—Нарьян-Мар, летом — Гурьев—Нарьян-Мар. Над центральными районами Северной Атлантики расположен второй, менее интенсивный гребень. Между указанными гребнями над Европой расположена высотная ложбина.

Географическая локализация циклонических и антициклонических полей и характеристик макропогоды при форме В почти обратная тем, которые наблюдаются при форме 3.

Зимой примером месяцев, когда преобладала форма В, являются декабрь 1949 г. и ноябрь 1950 г.

Меридиональные процессы смешанной формы С над западной частью сектора сходны с формой 3, а над ЕТС и Западной Сибирью — с формой В. Процессы смешанной формы почти одинаково часто наблюдаются зимой и летом.

В целях объективного определения формы меридиональной циркуляции по схеме (см. рис. 1.3) рассчитывают знаки

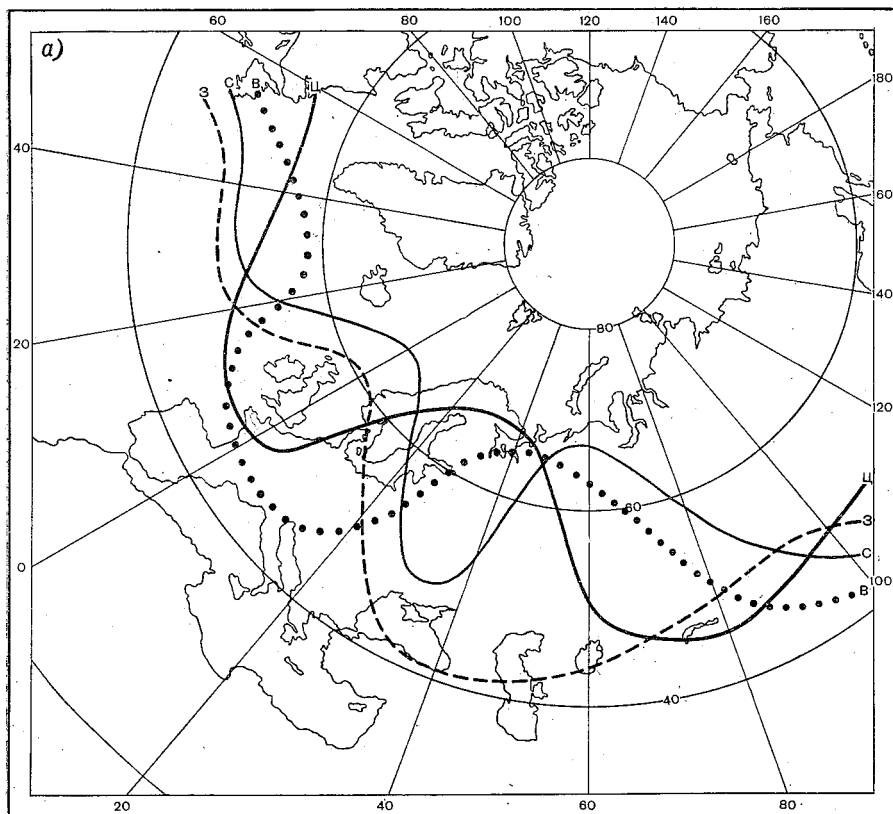


Рис. 2.1. Среднее положение ПВФЗ в меридиональных процессах западной (3), по А. Л. Кацу, в холодную

зональных градиентов геопотенциала AT_{500} на участках Лондон—Киев и Киев—Оренбург (Лондон — точка 2, Киев — точка 3, Оренбург — точка 4):

при $H_2 - H_3 > 0$ и $H_3 - H_4 > 0$ диагностируется форма 3;

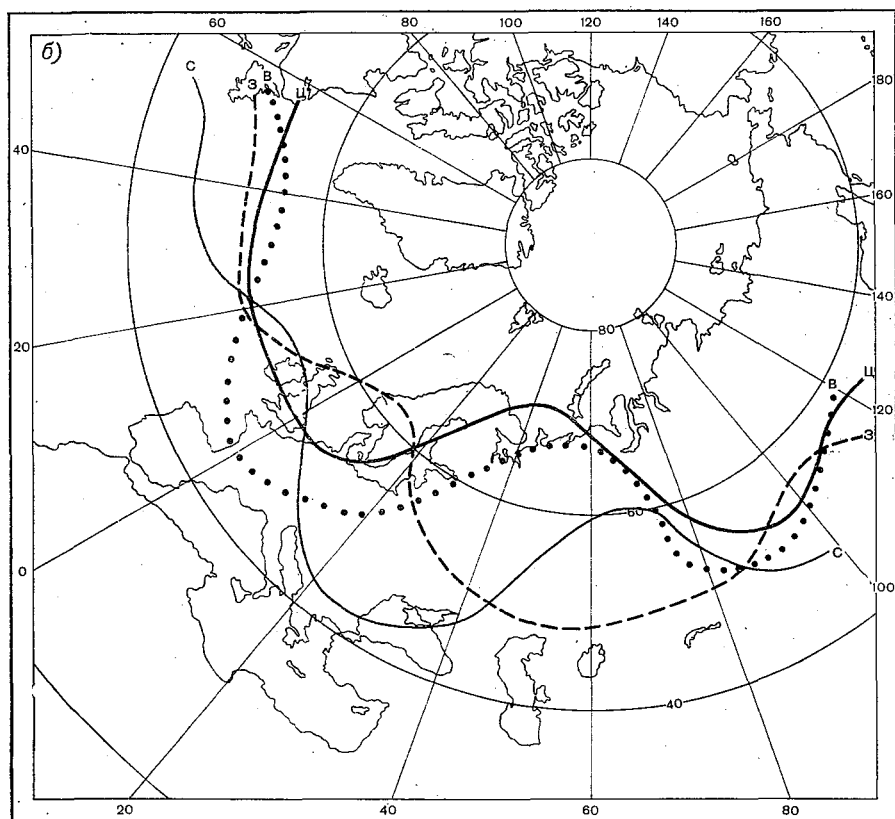
при $H_2 - H_3 < 0$ и $H_3 - H_4 > 0$ диагностируется форма Ц;

при $H_2 - H_3 < 0$ и $H_3 - H_4 < 0$ диагностируется форма В;

при $H_2 - H_3 > 0$ и $H_3 - H_4 < 0$ диагностируется форма С.

Аналогичная по принципам классификация макросиноптических процессов проведена и для II естественного синоптического района. Однородные зональные переносы «11» в этом районе встречаются примерно в 31 % случаев, т. е. реже, чем в европейском синоптическом районе. Максимум повторяемости зональных процессов приходится на осень.

Среднее положение высотной фронтальной зоны при различных разновидностях меридиональных форм циркуляции показано на рис. 2.1.



центральной (Ц), восточной (В) и смешанной (С) форм атмосферной циркуляции, (а) и теплую (б) части года.

Главное диагностическое значение при установлении формы меридиональной циркуляции имеет географическая локализация высотного гребня. Западному, центральному и восточному положению гребня соответствуют формы З, Ц, В. Смешанная форма С близка форме З над континентом и В над океаном.

Задание 2.2. Расчет индексов и диагноз форм атмосферной циркуляции, по А. Л. Кацу

Содержание задания. Рассчитать индексы циркуляции I'_3 , I'_M и I'_M по ежедневным картам AT_{500} в течение двух е. с. периодов. Построить графики хода индексов и указать знаки зональных градиентов геопотенциала AT_{500} ($H_2 - H_3$) и ($H_3 - H_4$). Определить тип макропроцесса и форму циркуляции, по А. Л. Кацу.

Исходные материалы. Карты AT_{500} за 6—25 февраля 1974 г. или для е. с. периодов, указанных в приложении.

Рекомендации по выполнению задания. Прочтите пояснения к лабораторной работе 2.2. Особое внимание обратите на критерии, с помощью которых устанавливаются зональные процессы и четыре группы меридиональных процессов Ц, З, С и В.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 2.2

1. Какие индексы количественно характеризуют преобладающие зональные и меридиональные переносы?
2. Какие индексы количественно характеризуют зональный и меридиональный воздухообмен?
3. Какие индексы используются при диагнозе типа макросиноптического процесса, по А. Л. Кацу?
4. Как шифруются макропроцессы?
5. Какие процессы считаются зональными и меридиональными?
6. Укажите особенности локализации высотных ложбин и гребней при формах циркуляции З, Ц и В.

3. ТЕРМИНОЛОГИЯ И ОЦЕНКА ОПРАВДЫВАЕМОСТИ ДОЛГОСРОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ ПОГОДЫ

Лабораторная работа 3

Ознакомление с терминологией и оценкой оправдываемости долгосрочных прогнозов погоды

В настоящее время составляются и входят в систему метеорологического обслуживания народного хозяйства различные виды прогнозов погоды. Прогнозы на срок до 48 часов получили название краткосрочных, прогнозы от 3 суток до сезона относятся к категории долгосрочных. Прогнозы на несколько сезонов, год и большие сроки называют сверхдолгосрочными; они оперативно не составляются, однако разработка соответствующих методов ведется в нескольких научных учреждениях.

В нашей стране в течение многих лет использовалась терминология, согласно которой прогнозы на несколько суток (от 3 до 10) назывались долгосрочными прогнозами малой заблаговременности. Прогнозы на месяц и сезон назывались долгосрочными прогнозами большой заблаговременности. Поскольку заблаговременность прогноза — это промежуток времени между моментом его составления и началом периода, на который разработан прогноз, указанная терминология не является удачной.

У нас и за рубежом разработаны и используются в оперативных условиях схемы прогноза на месяц, сезон и даже год, у которых заблаговременность нулевая. Например, прогноз на месяц дается в последний день предшествующего месяца.

В публикациях последнего времени, в том числе и в «Руководстве по долгосрочным прогнозам погоды на 3—10 дней», термин «долгосрочный прогноз погоды малой заблаговременности» не используется и речь идет о прогнозах на 3—10 суток.

За рубежом прогнозы на несколько суток получили название прогнозов на средние сроки. Прогнозы на месяц и большие сроки называются долгосрочными.

Будем называть прогнозы погоды на 3—10 суток прогнозами на средние сроки, или среднесрочными, учитывая терминологию, получившую широкое распространение в научной литературе в последние годы.

Понятно, что содержание прогноза и, следовательно, соответствующая терминология зависят от заблаговременности

средние сроки, по синоптическим материалам заданий 2.1.1 и 2.1.2

- а) в течение ЭСП,
- б) в течение е. с. периода.

2. По прогностическим схемам развития синоптических процессов и текущим синоптическим картам составить прогнозы погоды с использованием терминологии на

- а) трое суток,
- б) на остаток синоптического периода.

Исходные материалы. Элементарные синоптические процессы и е. с. периоды за 6—25 февраля 1974 г. (см. содержание заданий 2.1.1 и 2.1.2).

Исходными материалами для задания 3.2 являются схемы развития синоптических процессов на 3 суток, ежедневно передаваемые с помощью факсимильной аппаратуры в бюро погоды. Схемы развития синоптических процессов на оставшиеся дни е. с. периода передаются во второй день текущего синоптического периода.

Рекомендации по выполнению задания. При пространственном и временном обобщении погоды необходимо выбирать те градации, которые наиболее правильно отражают погодные условия, свойственные данному макросиноптическому положению, и учитывают региональные физико-географические и сезонные особенности формирования погоды.

Задание 3.2. Оценка оправдываемости прогнозов и эффективности метода

Указанное задание выполняется на заключительных этапах тем 4, 5, 6 после составления соответствующих прогнозов погоды.

Безошибочных прогнозов практически не бывает и между прогнозируемым и фактическим значениями элемента существует различие — «ошибка» прогноза.

В соответствии с уровнем развития научных методов прогноза и потребностями обслуживаемых областей народного хозяйства принимают некоторое предельное значение ошибки — допустимую погрешность. Если ошибка прогноза не превышает допустимой погрешности, прогноз считается оправдавшимся.

Прогнозы погоды на 3 суток оцениваются по методике, принятой для оценки краткосрочных прогнозов погоды. Таким образом, в трехсуточных прогнозах (на последующие 2 суток) оцениваются отдельно следующие элементы и явления погоды: температура, осадки, ветер более 12 м/с, особо опасные явления (ООЯ) и некоторые опасные явления (ОЯ). Оценка прогноза температуры производится по полусуткам; прогноза осадков, явлений погоды и скорости ветра — по суткам, отдельно на вторые и третьи сутки.

Остановимся на особенностях оценки прогнозов погоды на 5 и 10 суток. На основе комплексного синоптико-гидродинамико-статистического метода, разработанного группой специалистов Гидрометцентра СССР под руководством А. Л. Каца, составляются прогнозы количества осадков на 5 суток и средней температуры воздуха на 5 и 10 суток.

Прогноз осадков дается по квадратам (5° по широте, 10° по долготе). Среднее количество осадков осредняется по таким же квадратам по данным установленной сети станций.

Оправдываемость прогнозов определяется по табл. 3.1.

Прогноз температуры воздуха на 5 и 10 суток дается в виде ее аномалий. Поэтому прогнозируемое значение температуры следует определять путем сложения аномалий и нормы за соответствующую пентаду или декаду. Как и для краткосрочных прогнозов, при формулировке прогноза по пункту используется интервал 2°C , по территории — интервал 5°C . Оценка прогноза температуры производится по формуле

$$P = \frac{n_{q_i \leq c_i}}{N} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

Здесь n — число оправдавшихся прогнозов, т. е. число станций или случаев, для которых ошибка прогноза q_i не превышала допустимой погрешности c_i ; N — общее число прогнозов (станций или случаев).

Допустимая погрешность c_i связана с характеристиками изменчивости температуры воздуха на станции — средним квадратическим отклонением σ_i и средней изменчивостью температуры за 5 или 10 суток s_i соотношениями

$$c_i = 0,675\sigma_i \text{ и } c_i = 0,846s_i.$$

Указанные соотношения характеризуют ошибки инерционного прогноза.

В расчетах по формуле (3.1) к числу оправдавшихся прогнозов относят те, нормированная ошибка которых $q_i = |\sigma T|/s_i < 0,675\sigma_i$ или меньше $0,846s_i$.

При метеорологическом обслуживании отдельных отраслей народного хозяйства требования к содержанию и качеству прогнозов могут существенно отличаться. Нередко при этом возникает вопрос о целесообразности выбора того или иного метода прогноза. Основанием для такого выбора должны служить достаточно полные данные об ошибках прогнозов, составленных в оперативных условиях или, по крайней мере, на независимом материале. Эти же данные позволяют оценить эффективность того или иного прогностического метода, для чего ошибки прогноза следует расположить в ряд по значению и, используя группировку, построить интегральную кривую обеспеченности. Желательно на том же графике представить и интегральную кривую обеспеченности «климатологического» прогноза.

В климатологическом прогнозе роль ошибок играют аномалии (отклонение от нормы) значений рассматриваемого элемента. Если принять, что потребителя устраивают случаи, когда ошибка прогноза не превышает некоторого значения, то на графике можно определить процент тех прогнозов, у которых ошибка не превышает допустимой. Методический прогноз будет лучше климатологического, если его обеспеченность при данной допустимой погрешности мала. В качестве допустимой погрешности можно использовать 20 % природной амплитуды элемента или какую-нибудь долю квадратического отклонения. Разница в процентах между обеспеченностью двух методов при заданной допустимой погрешности называется эффективностью одного метода относительно другого.

Прежде чем рекомендовать метод к оперативному использованию, необходимо убедиться, что он эффективен по отношению к климатологическому, инерционному и случайному прогнозам.

Схема инерционного прогноза предполагает использование в качестве прогностических фактических значений соответствующих характеристик атмосферной циркуляции и погоды на последней карте погоды, имеющейся в распоряжении синоптика в момент составления прогноза. Например, инерционный прогноз на следующие сутки означает, что мы «берем на завтра» ту синоптическую ситуацию и погоду, которая имеется на карте «сегодня».

Инерционный прогноз на следующий месяц заключается в использовании фактических месячных аномалий температуры воздуха, атмосферных осадков и других характеристик в текущем месяце. В этом случае заблаговременность инерционного прогноза будет нулевой, так как прогноз можно составить, зная фактическую макропогоду текущего месяца. Если прогноз составляется с месячной заблаговременностью, то инерционным прогнозом будут характеристики погоды в месяце, предшествующем текущему.

Как уже указывалось, инерционные прогнозы на короткие и средние сроки не лишены смысла и при устойчивой маломеняющейся синоптической ситуации могут иметь довольно высокую оправдываемость.

Методический прогноз должен быть более успешным, чем инерционный. Для сравнения их эффективности вычисляют их относительные ошибки.

Среднесрочные и долгосрочные прогнозы должны быть эффективными относительно климатологического прогноза. Под последним понимается полученная по многолетним материалам оценка способа, в котором роль прогностического значения выполняет «климатологическая норма». Относительная ошибка методического прогноза должна быть меньше единицы.

Содержание задания. Оценить согласно действующему «Наставлению по службе прогнозов»

а) прогноз погоды на 3 суток (по материалам темы 4);
б) прогноз погоды на будущий синоптический период (по материалам темы 5);

в) прогнозы температуры и осадков на 5 суток по заданной области (по материалам темы 6).

Исходные материалы. Прогнозы синоптического положения и погоды, составленные при выполнении тем 4, 5, 6.

Рекомендации по выполнению задания. Прогноз погоды на трое (последующие двое) суток составляется и оценивается по заданному преподавателем району. Оценка прогноза температуры производится по полусуткам, явлений погоды и скорости ветра — по суткам.

Задание 3.3. Оценка случайных прогнозов

В США и в ряде стран, а также в работах ряда исследователей осуществляется сравнение оправдываемости методических и случайных прогнозов. Оправдываемость случайных прогнозов рассчитывается на основе обобщения многолетних материалов наблюдений, построения интегральных кривых обеспеченности и выделения на них нескольких градаций (фаз). При оценке прогнозов осадков обычно используют три градации, при оценке прогнозов температуры — три или пять градаций. Градации могут быть равновероятными или включать различное число случаев многолетнего ряда наблюдений. После того как число градаций определено и известна их статистическая обеспеченность, необходимо сформулировать условие оправдываемости. Прогноз считается полностью оправдавшимся, если наблюдалась та же градация, которая давалась в прогнозе. Некоторые исследователи считают также прогноз оправдавшимся, если фактически имела место соседняя с прогнозируемой градация. Другие авторы в этом случае считали прогноз частично оправдавшимся и оценивали его в 50%.

Расчет оправдываемости случайных прогнозов производится один раз, после того как все необходимые данные о числе градаций, их статистической обеспеченности и принятых условиях оправдываемости уже известны. Методические прогнозы должны оцениваться с использованием тех же градаций и принятых условий оправдываемости. Они должны быть эффективными по отношению к уровню «случайного прогнозирования».

Содержание задания

1. Вероятность погоды с осадками в данном месяце 0,6 и без осадков 0,4 (0,7 и 0,3; 0,8 и 0,2; 0,9 и 0,1).

Определить оправдываемость случайного прогноза осадков.

2. Вероятность градаций температуры «больше нормы», «норма» и «меньше нормы» 33,3 %.

Определить оправдываемость случайного прогноза температуры при условии, что осуществление соседней градации

считается: а) полностью оправдавшимся (на 100 %); б) оправдавшимся на 50 %; в) неоправдавшимся (0 %).

3. Выделено пять градаций атмосферного давления: ЗВН — значительно выше нормы, ВН — выше нормы, Н — норма, НН — ниже нормы и ЗНН — значительно ниже нормы.

Определить оправдываемость случайного прогноза градаций давления, если вероятность каждой градации составляет: а) 20 %; б) $P_{ЗВН}=P_{ЗНН}=12,6\%$; $P_{ВН}=P_{Н}=P_{НН}=25\%$ и если при осуществлении соседней градации прогноз считается: а) полностью оправдавшимся; б) оправдавшимся на 50 %; в) неоправдавшимся.

Рекомендации по выполнению задания. Оправдываемость случайного прогноза получают суммированием оправдываемости случайного прогноза каждой из возможных градаций с учетом принятых условий оправдываемости. Приведем пример расчета. Пусть имеются три равновероятные градации

$$P_{ВН}=P_{Н}=P_{НН}=33,3\%.$$

Принято условие оправдываемости, согласно которому осуществление соседней градации считается оправдавшимся на 25 %.

Случайный прогноз градации ВН оправдается в $P_{ВН}$ ($P_{ВН}+0,25P_{Н}$), прогноз градации Н оправдается в $P_{Н}$ ($0,25P_{ВН}+P_{Н}+0,25P_{НН}$), градации НН — в $P_{НН}$ ($0,25P_{Н}+P_{НН}$).

Общая оправдываемость случайного прогноза составит:

$$\begin{aligned} &P_{ВН}(P_{ВН}+0,25P_{Н})+P_{Н}(0,25P_{ВН}+P_{Н}+0,25P_{НН})+ \\ &+P_{НН}(0,25P_{Н}+P_{НН})=0,333(0,333+0,25 \cdot 0,333)+ \\ &+0,333(0,25 \cdot 0,333+0,333+0,25 \cdot 0,333)+ \\ &+0,333(0,25 \cdot 0,333+0,333)=0,44, \text{ т. е. } 44\%. \end{aligned}$$

Контрольные вопросы к лабораторной работе 3

1. Какие прогнозы называются краткосрочными?
2. Какие прогнозы называются среднесрочными?
3. Какие прогнозы называются долгосрочными и сверхдолгосрочными?
4. Что такое заблаговременность прогноза?
5. Какие явления считаются опасными?
6. Какие явления считаются особо опасными?
7. Укажите содержание прогноза погоды на 3 суток.
8. В какой форме дается прогноз осадков на 5 суток и температуры на 5 и 10 суток?
9. Какие прогнозы считаются ошибочными?
10. Как определяется допустимая погрешность?
11. Что такое инерционный прогноз?
12. Как сравнить методический прогноз со случайным?
13. Как оценить эффективность методического прогноза относительно климатологического?
14. Как получить относительную ошибку методического прогноза?

4. ПРОГНОЗ СИНОПТИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ И ПОГОДЫ НА 3 СУТОК

Лабораторная работа 4

Отработка приемов составления прогноза особенностей циркуляции на среднем уровне тропосферы и прогноза синоптических процессов и погоды на 3 суток

Прогнозы погоды на 3 суток составляются каждый день (кроме вторых дней синоптических периодов), причем каждый такой прогноз является уточнением предшествующих трехдневных и периодных прогнозов.

При анализе синоптических процессов с целью составления прогнозов на ближайшие 3 суток большое внимание уделяется выявлению особенностей устойчивости во времени высотного и приземного барических полей. В связи с этим наиболее полно рассматриваются факторы, способствующие сохранению устойчивости циркуляции в средней тропосфере в пределах элементарного синоптического процесса (ЭСП) и естественного синоптического (е. с.) периода.

При составлении трехсуточных прогнозов существенное значение имеет учет границ синоптических периодов. Так, в начале или середине периода при составлении прогноза большое внимание уделяется использованию инерционных свойств синоптических периодов, а в конце — учету предстоящей перестройки высотного барического поля.

В оперативных условиях трехсуточные прогнозы составляются местными бюро погоды синоптическим способом. Основные материалы, необходимые для составления трехсуточных прогнозов, передаются Гидрометцентром СССР в бюро погоды УГКС каждый день по фототелеграфу. В последние годы для составления трехсуточных прогнозов широко используются прогностические карты приземного давления и геопотенциала, полученные гидродинамическими и статистическими методами на 48—72 часа.

В первую очередь прогнозируют на 3 суток особенности циркуляции на среднем уровне тропосферы, так как они во многом определяют развитие синоптических процессов у земли. После составления прогноза высотного барического поля приступают к прогнозу приземного барического поля и синоптических процессов. С этой целью используют прогностические

соображения, вытекающие из анализа ежедневных карт аномалий OT_{1000}^{500} .

Задание 4.1. Прогноз циркуляции в средней тропосфере на 3 суток

Для прогноза циркуляции в средней тропосфере на 3 суток особое значение имеет учет устойчивости циркуляционных характеристик в течение ЭСП и е. с. периода.

Среди факторов, оказывающих влияние на изменение интенсивности и географическую локализацию высотных барических образований в течение нескольких дней, наибольшее значение имеют локальные изменения вихря скорости за счет переносов

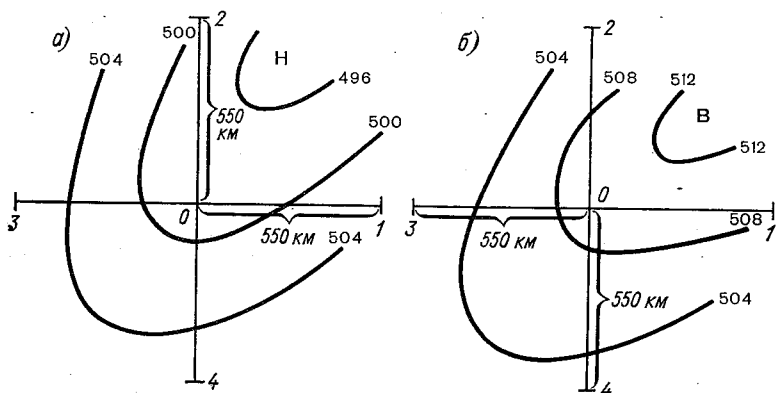


Рис. 4.1. Схема и пример расчета значений лапласиана H_{500} в точке 0.

- а) для ложбин $H = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 - 4H_0$,
 $H = 503 + 500 + 506 + 506 - 4 \cdot 499 = 19$;
 б) для гребня $H = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 - 4H_0$,
 $H = 504 + 504 + 502 + 503 - 4 \cdot 509 = 19$.

вихря скорости и адвективного изменения температуры (геострофической адвекции). Учет переносов вихря скорости осуществляется путем вычисления значений лапласианов по данным карт AT_{500} исходного дня. Подсчет лапласианов производится для точек, располагающихся на пересечениях меридианов и широт. Расстояние каждой из четырех крайних точек до центральной точки, для которой вычисляется лапласиан от геопотенциала, соответствует 550 км или 5° меридиана (рис. 4.1). Лапласианы вычисляются по формулам (4.1):

$$\Delta H = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 - 4H_0$$

или

$$\Delta H = (H_1 - H_0) + (H_2 - H_0) + (H_3 - H_0) + (H_4 - H_0), \quad (4.1)$$

где H_i — значения геопотенциалов в точках 1, 2, 3, 4 и 0; $H_i - H_0$ — разность геопотенциалов между центральной и крайними точками.

Вычисленные в пределах естественного синоптического района значения лапласианов наносятся на карту, по ним проводятся изолинии, кратные 10; красным цветом — положительные значения, синим — отрицательные, черным — линии нулевых значений лапласианов. Чтобы выявить районы, в которых циклонические и антициклонические вихри будут сохраняться 3 суток, дополнительно вычисляют так называемый температурный фон. В качестве последнего вычисляют разности между величинами OT_{1000}^{500} (AT_{500}) исходного дня и средними значениями OT_{1000}^{500} (AT_{500}) предшествующего ЭСП. Во внимание принимается только знак разностей, который наносится на карту лапласианов; в таком виде она именуется комплексной картой.

Прогностические области с циклонической и антициклонической циркуляцией на следующие 3 суток определяются, исходя из соответствующих критических значений лапласиана и знака разности геопотенциалов. Так, если на комплексной карте имеются районы с положительными значениями лапласианов от 10 до 20 единиц при отрицательном знаке температурного фона или районы с положительными значениями лапласианов не менее 20 единиц (независимо от температурного фона), то в этих районах в ближайшие 3 суток следует ожидать сохранение циклонической циркуляции.

Антициклоническую циркуляцию ожидают в районах с отрицательными значениями лапласианов не менее 20 единиц (независимо от барического или термического фона) или в районах, где наблюдаются отрицательные значения лапласианов от 10 до 20 единиц при положительном знаке температурного фона.

Если изложенные выше прогностические указания наблюдаются лишь на одиночных станциях и не согласуются с прогностическими указаниями для соседних станций, то такие указания не принимаются во внимание.

При анализе комплексной карты необходимо учитывать положение планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ). Прогностические указания из-за большой изменчивости барического поля в районах расположения ПВФЗ считаются мало надежными и также не используются. Полученные таким способом прогностические указания о характере циркуляции в средней тропосфере передаются каждый день Гидрометцентром СССР по фототелеграфу (рис. 4.2). При этом используются следующие условные обозначения: области с наклонной штриховкой соответствуют антициклонической циркуляции, области с перекрестной штриховкой — циклонической циркуляции, штрихпунктирные линии — линии нулевого лапласиана, пунктирная линия — положение осевой линии ПВФЗ; А — антициклон, Гр — гребень, ядро — замкнутая антициклоническая циркуляция в системе общего высотного гребня, Ц — циклон, ЦЦ —

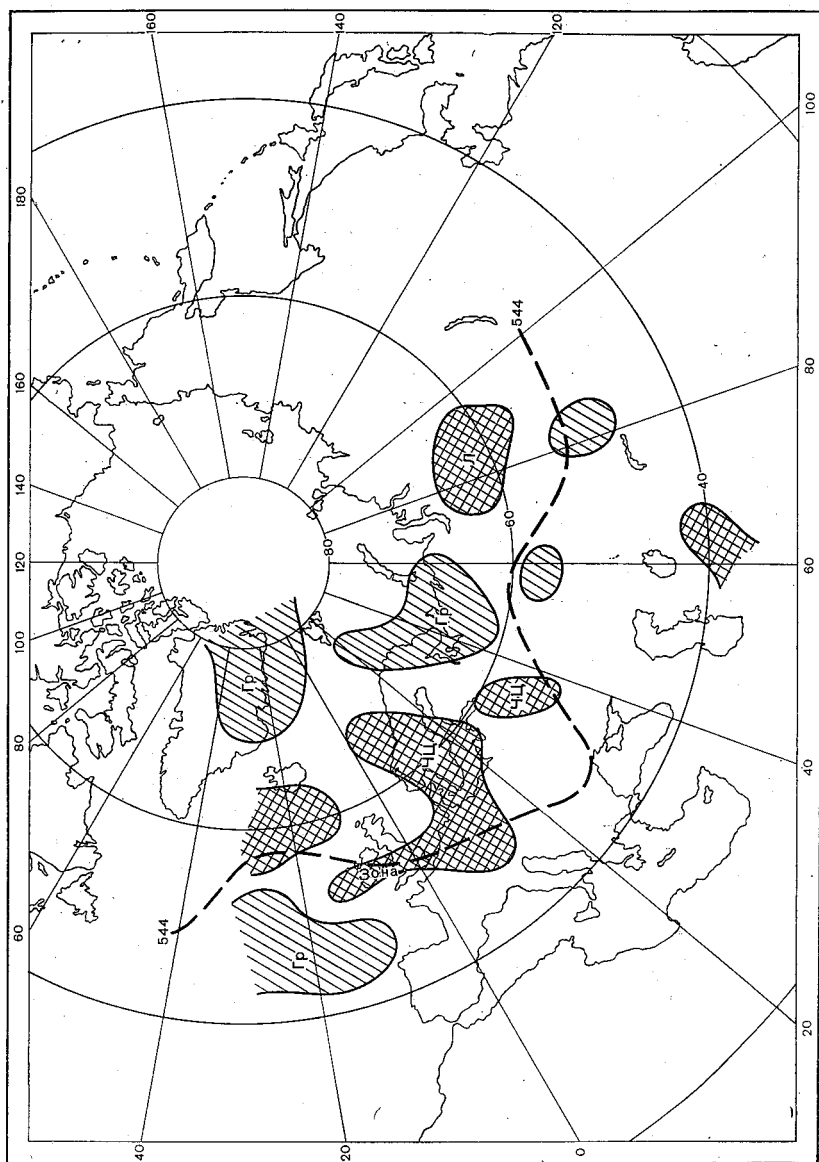


Рис. 4.2. Прогностические указания о характере циркуляции в средней тропосфере. 29 ноября — 1 декабря 1974 г.

частный циклон, Л — ложбина, ФЗ — указания, попавшие в область ПВФЗ и не являющиеся прогностическими.

Комплексная карта дает прогностические указания только о знаке барического поля. Для детализации прогностических указаний, полученных при анализе комплексной карты, прибегают к анализу особенностей распределения и изменения температуры на уровне 500 мбар. Чтобы оценить скорость адвективного изменения температуры на этом уровне, вычисляют разности температур исходного и предыдущего дней. По данным температур на уровне 500 мбар и их разностей составляются карты изотерм и суточных изаллотерм, на которых изотермы проводятся через 2°C . Примеры подобных карт приведены на рис. 4.3 и 4.4.

При совместном анализе комплексной карты, карты температур на уровне AT_{500} и их суточных изаллотерм используют следующие положения.

Высотные циклоны следует ожидать там, где прогностическим указаниям на циклоническую циркуляцию соответствует очаг холода на изобарической поверхности 500 мбар и где температура на этом уровне понизилась за последние сутки не менее чем на 4°C . Если же при указанном сочетании рассматриваемых характеристик наблюдается понижение температуры за последние сутки менее чем на 4°C , то следует ожидать формирование высотных ложбин.

Высотные антициклоны наиболее вероятны в районах, где прогностическим указаниям на антициклоническую циркуляцию соответствуют области относительного тепла на поверхности 500 мбар и температура на этом уровне повысилась более чем на 4°C . Если же при подобном сочетании рассматриваемых характеристик следует повышение температуры менее чем на 4°C , то в ближайшие 3 суток следует ожидать развития высотных гребней.

Рассмотрим в качестве примера прогноз высотного поля на 29 ноября — 1 декабря 1974 г.

Исходное поле AT_{500} за 03 часа 28 ноября 1974 г. представлено на рис. 4.5.

Высотное барическое поле в день составления прогноза характеризовалось ярко выраженной меридиональностью. Западнее Пиренейского полуострова находился высокий антициклон, гребень которого простирался на центральные районы Атлантики к юго-западу от Гренландии. Над Северным морем и Южной Скандинавией оформился высотный циклон. Ложбина от него простиралась на Балканский полуостров. Над ЕТС располагался высотный гребень с осью, направленной на Баренцево море. Над большей частью Сибири оформилась обширная депрессия с центрами южнее Таймыра.

Высотная фронтальная зона проходила по западной периферии атлантического гребня в направлении Гренландии,

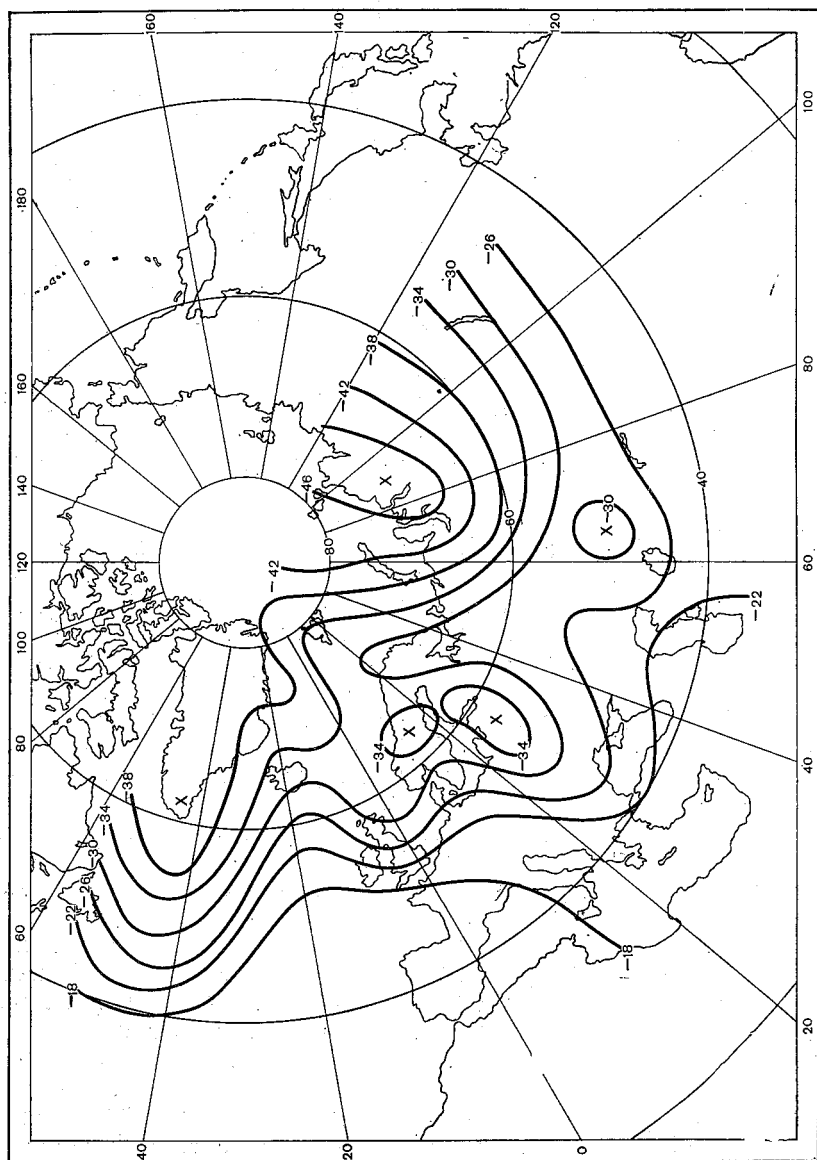


Рис. 4.3. Распределение температуры. AT₅₀₀. 28 ноября 1974 г.

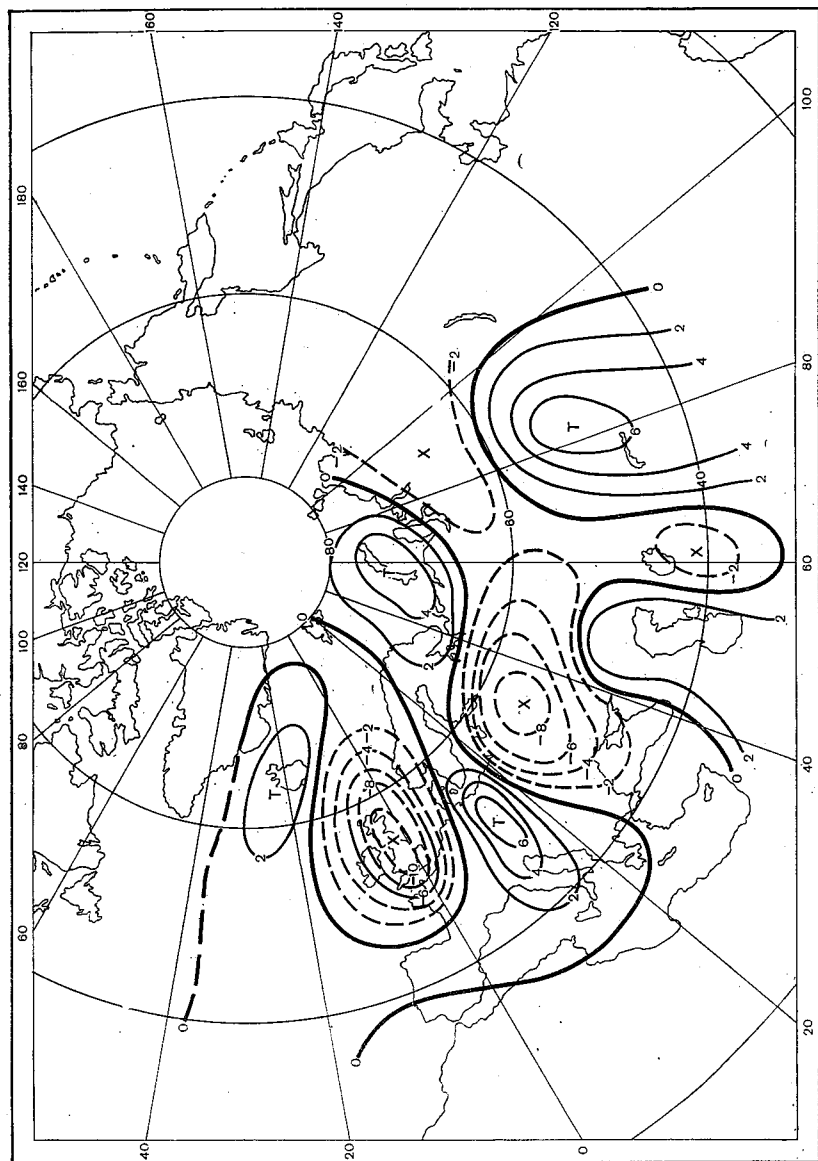


Рис. 4.4. Суточные изменения температуры. ΔT_{500} . 27—28 ноября 1974 г.

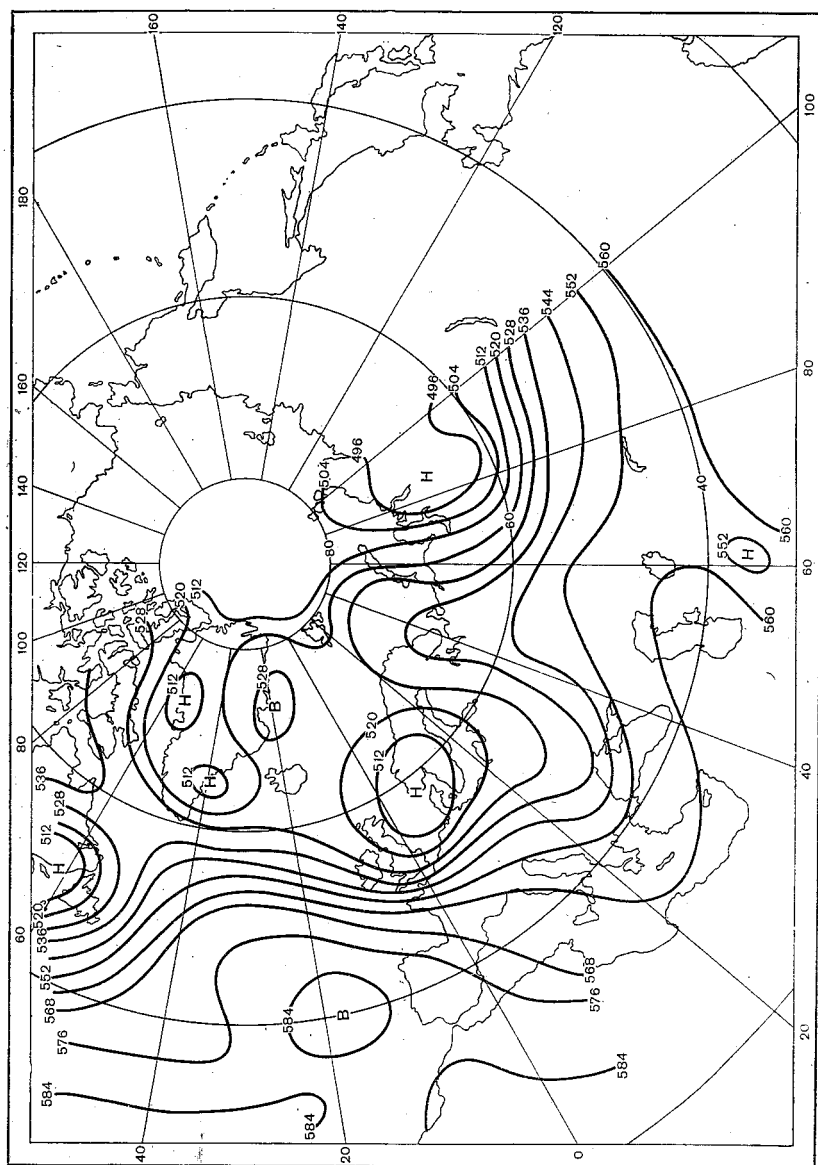


Рис. 4.5. Карта АТ₅₀₀ за 03 часа 28 ноября 1974 г.

прослеживалась над Великобританией и Балканами, далее огибала гребень над ЕТС и распространялась на восток в широтном направлении через южные районы Сибири.

Отметим, что 28 ноября 1974 г. было первым днем очередного е. с. периода. Следовательно, опираясь на прогностические карты сроком на 24 часа, можно выявить тенденцию в развитии синоптических процессов и составить прогноз на остаток периода (см. тему 5). Однако у нас нет полной уверенности, что перестройка термобарического поля при смене периодов завершилась 28 ноября. Поэтому в данном случае целесообразнее использовать методику составления трехсуточных прогнозов.

В соответствии с изложенной выше методикой по данным карты АТ₅₀₀ за 03 часа 28 ноября были подсчитаны значения лапласианов, после чего на бланке карты были проведены изолинии лапласианов, кратные 10. Термический фон определялся в точках, для которых вычислялись лапласианы как разность значений геопотенциала поверхности 500 мбар 28 ноября и средних значений геопотенциала предшествующего ЭСП за 26—27 ноября. Знак разностей геопотенциалов поверхности 500 мбар и положение ПВФЗ за 28 ноября были нанесены на карту лапласианов (см. рис. 4.2). Анализ комплексной карты лапласианов дал возможность получить девять прогностических указаний. Они были уточнены путем совместного их анализа с картами распределения температуры на уровне 500 мбар за 28 ноября (см. рис. 4.3) и ее изменения от 27 к 28 ноября (см. рис. 4.4). Основанемся более подробно на прогностических указаниях, представленных на рис. 4.2.

1. В восточной части Гренландии и западных районах Норвежского моря имеется указание на антициклонический вихрь. Этому вихрю на карте температур АТ₅₀₀ (см. рис. 4.3) соответствует гребень тепла при повышении температуры на 1—2°C (см. рис. 4.4). Следовательно, в этих районах следует ожидать развития высотного гребня.

2. Указание на циклонический вихрь северо-западнее Великобритании остается без уточнения, так как на картах температуры и изаллотерм АТ₅₀₀ ему соответствует гребень тепла при повышении температуры. Очевидно, сюда следует ожидать распространение атлантического высотного гребня.

3. Над южной частью Скандинавского полуострова, Балтийским морем и Западной Европой распространяется циклонический вихрь. Соответствующий ему очаг холода располагается над Скандинавией и Балтийским морем. За последние сутки в районе Скандинавии было понижение температуры на карте изаллотерм на 2—3°C, а над Балтийским морем — на 4—5°C. Поэтому в ближайшие трое суток над югом Скандинавии сохранится частный циклон или ложбина, а основной высокий циклон будет распространяться к востоку на Балтийское море. Поскольку в районе Белоруссии имеется небольшой циклонический

вихрь, которому соответствует очаг холода и понижение температуры, то здесь следует ожидать развитие частного циклона или высотной ложбины балтийского циклона.

4. К юго-западу от Великобритании в Атлантическом океане антициклоническому вихрю на комплексной карте лапласианов соответствует гребень тепла на карте температур AT_{500} и повышение температуры на $1-2^{\circ}C$ на карте изаллотерм; в этом районе следует ожидать сохранение высотного гребня.

5. Над севером ЕТС и побережьем Баренцева моря ожидается развитие высотного гребня, так как в этом районе имеет место гребень тепла (см. рис. 4.3) и повышается температура на $2-3^{\circ}C$ (см. рис. 4.4).

6. Антициклонический вихрь в районе Урала связан с развитием высокого гребня в восточных районах ЕТС; на карте температур AT_{500} ему соответствует гребень тепла. Однако поскольку в этих районах за последние сутки на карте изаллотерм AT_{500} отмечается понижение температуры, то не следует ожидать распространение высотного гребня к востоку от Урала.

7. Циклоническому вихрю в бассейне Енисея соответствуют на карте температур AT_{500} очаг холода и понижение температуры на $2-3^{\circ}C$; в северных районах Сибири следует ожидать сохранения высотной ложбины или частных циклонов.

8. Прогностические указания на антициклоническую циркуляцию в южных районах совпадают с ПВФЗ и, следовательно, не могут иметь прогностическое значение.

9. Указания на циклоническую циркуляцию в южных районах Великобритании и Западной Европы также совпадают с ПВФЗ и поэтому не имеют прогностического значения.

Содержание задания.

1. Ознакомиться с практическими приемами составления прогноза особенностей циркуляции на среднем уровне тропосферы в течение 3 суток на основе учета вихря скорости и температуры на AT_{500} .

2. Приобрести практические навыки работы над трехсуточными прогнозами для различных вариантов развития синоптических процессов:

а) в начале и середине е. с. периода, б) при переходе от одного е. с. периода к другому.

Исходные материалы. Карты погоды за 00 (03) часа (приземная, AT_{500} и OT_{1000}^{300}) для вариантов составления прогноза: 1) в начале е. с. периода 11 декабря 1974 г.; 2) в середине е. с. периода 13 февраля 1974 г.; 3) в конце е. с. периода 15 февраля 1974 г.; 4) в конце е. с. периода 19 февраля 1974 г. Особенности синоптических процессов в вариантах 2, 3 и 4 рассматривались в теме 2.

Рекомендации по выполнению задания. Предварительно необходимо ознакомиться с основными положениями

прогноза циркуляции в средней тропосфере и разобрать приведенный выше пример получения прогностических указаний.

При составлении прогноза высотного барического поля на 3 суток рекомендуется придерживаться следующей последовательности анализа исходных и вспомогательных материалов:

а) провести анализ синоптических и высотных карт за исходный и предыходные дни с целью установления границ ЭСП и е. с. периода; сделать предварительные выводы относительно развития высотных барических образований с учетом предшествующего трехсуточного и периодного прогнозов;

б) вычислить по исходной карте AT_{500} значения лапласианов и построить карту лапласианов;

в) для той же сетки точек вычислить разности AT_{500} исходного дня и среднего значения AT_{500} предшествующего ЭСП; нанести знак вычисленных разностей на карту лапласианов;

г) провести анализ комплексной карты в целях выделения областей предполагаемой циклонической и антициклонической циркуляции на ближайшие 3 суток с учетом эволюции ПВФЗ;

д) построить карты температур на AT_{500} и суточных изаллотерм; уточнить возможную эволюцию высотного барического поля;

е) оформить в окончательном виде на бланке синоптической карты прогностические указания о характере циркуляции в средней тропосфере на три дня.

Задание 4.2. Прогноз синоптических процессов на 3 суток

Прогноз приземного барического поля составляется с учетом прогностических указаний о характере циркуляции в средней тропосфере на ближайшие 3 суток (см. задание 4.1).

В основе синоптического метода прогноза приземного барического поля на 3 суток лежит анализ ежедневных аномалий OT_{1000}^{500} . Карты изаномал OT_{1000}^{500} передаются ежедневно Гидрометцентром СССР в бюро погоды УГКС по фототелеграфу. Помимо анализа изаномал OT_{1000}^{500} , при составлении схем ожидаемого развития синоптических процессов у земли широко привлекаются и другие материалы, среди которых большую роль играют исходные и прогностические карты AT_{700} .

Локальное изменение давления у земли за счет термических причин $(\partial p / \partial t)_T$ может быть представлено следующим соотношением:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial t} \right)_T = -k \frac{\partial T'}{\partial t}, \quad (4.2)$$

где $T' = (OT_{1000}^{500} - \overline{OT_{1000}^{500}})$ — аномалия OT_{1000}^{500} исходного дня; OT_{1000}^{500} — относительный геопотенциал исходного дня; $\overline{OT_{1000}^{500}}$ — многолетняя норма для данного дня; k — постоянная.

Из формулы (4.2) вытекает, что увеличение положительных аномалий или уменьшение отрицательных аномалий сопровождается падением давления у земли. С другой стороны, усиление отрицательных аномалий или уменьшение положительных аномалий приводит к росту давления за счет термической составляющей локального изменения давления. Очевидно, чем значительнее будут изменения аномалий OT_{1000}^{500} , тем большую роль будет играть термический фактор в локальном изменении давления у земли.

Практически оценку вклада термической составляющей изменения давления проводят качественно путем сравнения карт аномалий OT_{1000}^{500} за исходный и предшествующий дни.

Карты аномалий OT_{1000}^{500} дают представление и о вкладе вихревой составляющей в общее изменение давления у земли, причем наибольший вклад переноса вихря скорости в изменение давления наблюдается в районе нулевых изаномал. Следовательно, анализ карт изаномал позволяет выявить районы, в которых давление у поверхности земли изменяется за счет термических или динамических причин, при этом основную роль в центрах очагов аномалий играет термический фактор, а в области нулевых изаномал — вихревой.

Рассмотрим особенности анализа изаномал OT_{1000}^{500} с целью прогноза синоптических процессов у земли. К анализу привлекают карты изаномал за исходный и предшествующие дни, синоптическую карту и карту AT_{700} исходного дня. Изаномалы OT_{1000}^{500} проводятся через 4 дам. При анализе карт изаномал в первую очередь выявляют так называемые особые точки. Под особыми точками понимают места пересечения нулевых изаномал с прямой, соединяющей центры очагов аномалий противоположного знака одинаковой интенсивности. В тех случаях, когда интенсивность очагов различна, определяют положение относительной нулевой изаномалы. Для этого разность абсолютных значений рассматриваемых соседних очагов делят пополам и полученное значение откладывают от истинной нулевой изаномалы вдоль прямой, соединяющей положительный и отрицательный очаги, в сторону очага большей интенсивности. Особая точка в этом случае будет располагаться на пересечении прямой, соединяющей очаги с условной нулевой изаномалой.

В зависимости от ориентации (направленности) нулевых изаномал они могут приобретать циклогенетический или антициклогенетический характер. Нулевые изаномалы, направленные к северу, носят циклогенетический, а к югу — антициклогенетический характер, если эти изаномалы отклоняются от широтного круга на угол 30° . Особые точки, лежащие на нулевых изаномалах, обозначаются соответственно значком циклона или антициклона.

На рис. 4.6—4.10 изображены схемы циклогенетической и антициклогенетической изаномал при различной структуре поля

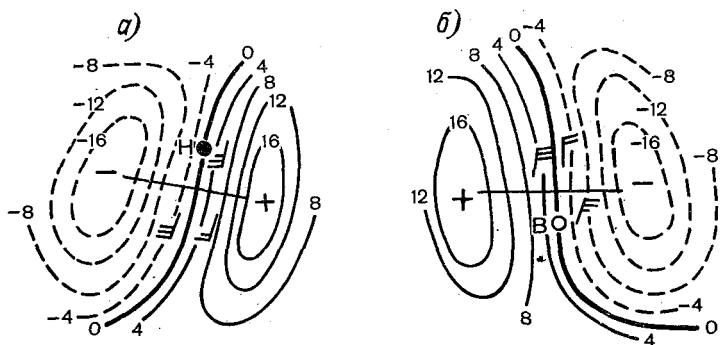


Рис. 4.6. Положения центров циклонов (а) и антициклонов (б) через сутки относительно исходной особой точки при одинаковой интенсивности очагов аномалии и параллельности потока к изаномалам в исходный срок.

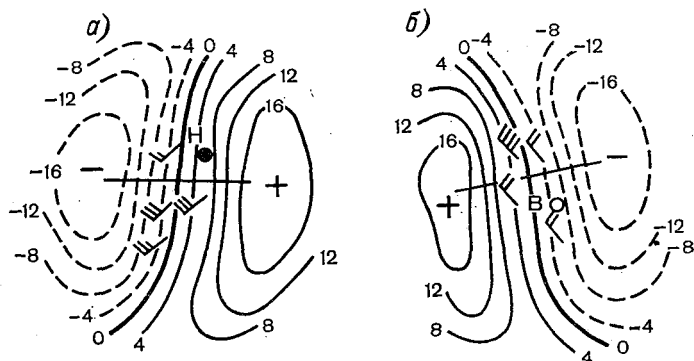


Рис. 4.7. Положения центров циклонов (а) и антициклонов (б) через сутки относительно исходной особой точки при направленности потока под углом к изаномалам.

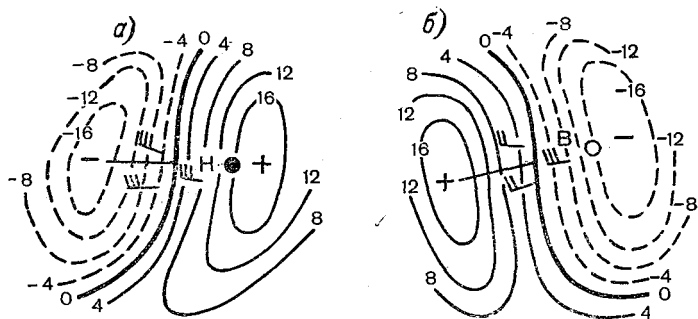


Рис. 4.8. Положения центров циклонов (а) и антициклонов (б) через сутки относительно исходной особой точки при перпендикулярности потока к изаномалам.

аномалий OT_{1000}^{500} . Обычно характерное для циклогенеза и антициклогенеза поле аномалий с определенной направленностью нулевых изаномал формируется на сутки раньше соответствующих им барических центров. Поэтому при прогнозе на первые

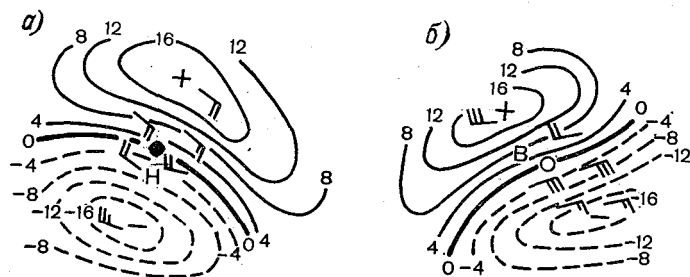


Рис. 4.9. Положения центров циклонов (а) и антициклонов (б) через сутки относительно квазистационарной особой точки при одинаковой интенсивности соседних очагов аномалий.

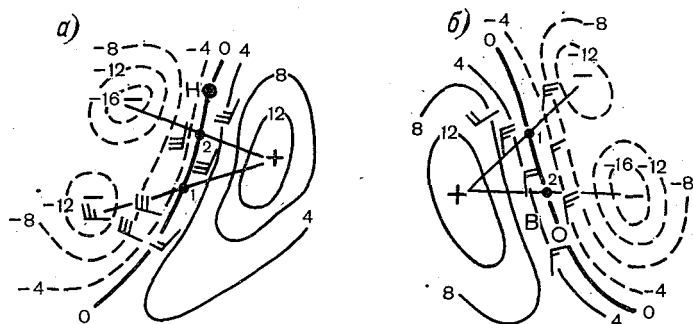


Рис. 4.10. Положения центров циклонов (а) и антициклонов (б), когда две особые точки вдоль одной направленности нулевой изаномалы образованы двумя отрицательными и одним положительным очагами аномалий.

сутки используются карты изаномал исходного дня, а при прогнозе на вторые и третьи сутки — прогностические карты изаномал OT_{1000}^{500} , построенные на 24 и 48 часов.

Диагноз синоптического положения устанавливают путем сопоставления исходной карты аномалий OT_{1000}^{500} с барическим образованием у земли. Совпадение циклонов или антициклонов с районом расположения нулевых или «условных» нулевых изаномал указывает на то, что в данном случае решающую роль в изменении давления играет адвекция вихря скорости. Если рассматриваемые барические образования совпадают с очагами аномалий OT_{1000}^{500} , то последующая их эволюция будет определяться главным образом термическим фактором. Установив диагноз причин, влияющих на развитие барического поля, при-

ступают к составлению карты-схемы развития процессов на 3 суток. Как указывалось выше, прогноз сначала составляется на следующие сутки по исходной карте изаномал, а затем по прогностической карте изаномал на 24 и 48 часов на вторые и третьи сутки.

Карты изаномал дают возможность определить: 1) будущее положение центров барических образований; 2) изменение интенсивности циклонов и антициклонов; 3) области с преобладанием циклонической и антициклонической циркуляции.

1. Прогноз положений центров барических образований.

Прогноз на сутки составляется на основе совместного анализа изаномал исходной приземной синоптической карты и карты АТ₇₀₀. При этом рассматриваются условия цикло- и антициклогенеза в районе особых точек.

Барические образования возникают в области вновь появившейся особой точки через сутки, если

1) обнаружилась устойчивая ориентация нулевой изаномалы, носящая циклогенетический или антициклогенетический характер;

2) контраст температур между очагами аномалий, образующих особую точку, превышает 20 дамм и за последние сутки наблюдалось сохранение или увеличение этого контраста;

3) угол между изаномалами в области особой точки и направлением переносов на карте АТ₇₀₀ меньше 90°.

Если особые точки имели место на предшествующей карте изаномал, то устанавливают, какие барические образования соответствуют им. Барические центры, определяемые вихревым фактором, прогнозируются с учетом направления переносов в районах особых точек. Х. Х. Рафаиловой предложены правила нахождения будущего положения приземных центров через 24 часа:

1) если поток на карте АТ₇₀₀ направлен параллельно изаномалам в районе особой точки, то центры приземных циклонов и антициклонов через сутки располагаются на нулевой изаномале, на расстоянии в среднем 400 км от особой точки в направлении переноса (см. рис. 4.6);

2) когда потоки на АТ₇₀₀ направлены под углом (отличным от 90°) к изаномале, то приземные центры отклоняются от нулевой изаномалы на 45° и смещаются относительно особой точки в среднем на 400 км (циклоны — в сторону положительных, антициклоны — в сторону отрицательных аномалий) (см. рис. 4.7);

3) если поток на уровне АТ₇₀₀ перпендикулярен к изаномалам, приземные центры смещаются в направлении потока на расстояние, равное 0,8 скорости ветра на карте АТ₇₀₀ (см. рис. 4.8);

4) в тех случаях, когда положительный очаг аномалий находится на севере, а отрицательный — на юге и над ними

существуют потоки на AT_{700} противоположного направления приземные центры через 24 часа будут совпадать с квазистационарной особой точкой (см. рис. 4.9);

5) если имеются две близкорасположенные особые точки, находящиеся на одной и той же нулевой изаномале, то прогностической будет вторая особая точка в направлении воздушных переносов (см. рис. 4.10);

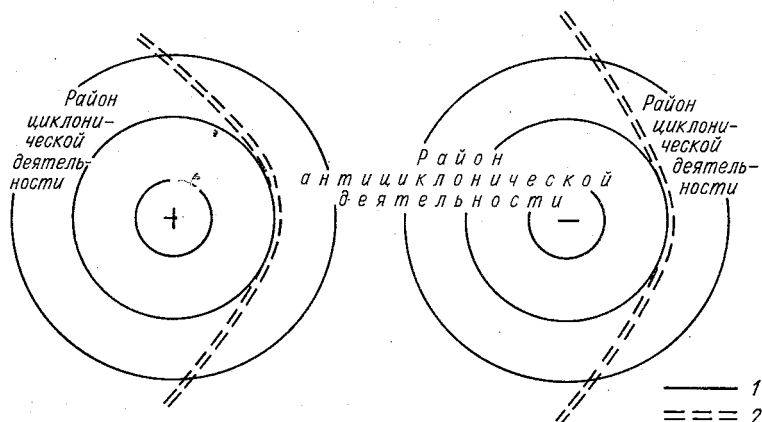


Рис. 4.11. Связь между исходным полем аномалий OT_{1000}^{500} и барическим полем у земли через сутки.

1 — изаномалы, 2 — демаркационная линия.

6) когда имеются две циклогенетические или антициклогенетические зоны, то прогностической является более интенсивная.

В тех случаях, когда низкие циклоны совпадают с положительными, а низкие антициклоны с отрицательными очагами аномалий, они определяются термическими причинами и смещаются в направлении потока на уровне AT_{700} со скоростью, равной 0,8 скорости этого потока.

Кроме того, для прогноза районов с преобладанием циклонического и антициклонического знака поля используются связи между изаномалами исходного дня и характером барического поля ближайших суток, которые наглядно представлены на рис. 4.11. Согласно рис. 4.11, циклонический знак барического поля через сутки будет наблюдаться в районах, занятых в исходный день западной периферией и центральной частью очага положительных изаномал и восточной периферией отрицательного очага.

Антициклонический знак барического поля через сутки наблюдается в районах, где в исходный день располагается западная периферия и центральная часть отрицательного очага и восточная периферия положительного очага.

Под центральной частью очага понимается область, ограниченная двумя внутренними изаномалами, проведенными через 4 дам. Районы преобладания циклонической и антициклонической деятельности на рис. 4.11 ограничены демаркационной линией.

Зависимости между исходными изаномалами и барическим полем следующих суток, представленные на рис. 4.11, с учетом направления ветра на AT_{700} , удобно использовать для определения демаркационных линий на картах-схемах. Там, где переносы на уровне 700 мбар направлены параллельно или под углом к изаномалам, меньшим 90° , демаркационную линию на следующие сутки проводят через очаги изаномал исходного поля, оставляя восточную периферию отрицательного, западную периферию и центральную часть положительного очага в циклоническом поле, а восточную периферию положительного, западную и центральную часть отрицательного очага — в антициклоническом поле. Для тех же районов, где переносы перпендикулярны к изаномалам, демаркационная линия проводится с некоторым сдвигом параллельно нулевым изаномалам, оставляя отрицательный очаг в антициклоническом, а положительный — в циклоническом поле.

Окончательную среднюю демаркационную линию на прогностической карте-схеме проводят с учетом ожидаемого положения демаркационных линий и центров барических образований на каждые сутки.

2. Прогноз интенсивности барических образований.

Для прогноза интенсивности барических образований предложено несколько правил, носящих качественный характер:

1) развивающиеся барические образования всегда находятся в районе особой точки на соответственно ориентированном участке нулевой изаномалы;

2) увеличение контраста аномалий в районе особой точки способствует усилению интенсивности барических образований, а ослабление контраста — уменьшению интенсивности;

3) циклоны под очагом отрицательных аномалий в ближайшие одни-двое суток заполняются, а антициклоны — усиливаются;

4) циклоны (антициклоны) в ближайшие одни-двое суток исчезают, если над ними усиливается антициклогенетическая (циклогенетическая) нулевая изаномала.

Кроме того, при прогнозе эволюции циклонов и антициклонов стремятся принять во внимание: 1) изменение градиента аномалий в районе особой точки; 2) направленность ветра в средней тропосфере относительно изаномал; 3) изменение ориентации нулевой изаномалы.

Среди дополнительных факторов отметим роль изменения ориентации нулевой изаномалы. Так, резкий поворот нулевой изаномалы от циклогенетического к антициклогенетическому

направлению или наоборот может привести к изменению давления за счёт вихревого фактора в районе особой точки до 10 мбар в сутки.

После прогноза приземного барического поля на сутки по исходной карте изаномал приступают к прогнозу барического поля на вторые и третьи сутки. В качестве исходных данных в этом случае берут карты ожидаемого состояния аномалий OT_{1000}^{500} и AT_{700} через сутки или двое суток, полученные численными методами.

Однако прогностическое поле аномалий OT_{1000}^{500} на одни-двое суток можно получить упрощенным способом. Для прогноза перемещения очагов аномалий и нулевых изаномал рекомендуется использовать следующие соображения.

1. Если над очагами аномалий исходного поля OT_{1000}^{500} имеется фронтальная зона, то в течение суток очаги смещаются в направлении ее со скоростью 0,8 скорости потока на AT_{700} .

2. Очаги аномалий, совпадающие с центрами высотных барических образований, в течение суток остаются малоподвижными. При этом на следующие сутки высотный циклон попадает на северо-восточную периферию отрицательного очага, а высокий антициклон — на юго-восточную периферию положительного очага, т. е. на вторые сутки такие очаги аномалий попадают в поле ветра соответствующего направления и смещаются в общем потоке.

3. В соответствии с изменением положения очагов аномалий смещаются и деформируются нулевые изаномалы. Участки нулевых изаномал, параллельные высотному потоку, за сутки перемешаются, не меняя своей ориентации, на 200—300 км в сторону очага наименьшей интенсивности. Участки нулевой изаномалы, перпендикулярные высотным потокам, смещаются со скоростью и в направлении этого потока. Участки нулевой изаномалы, направленные под углом, отличным от 90° , смещаются в направлении этого потока со скоростью, умноженной на коэффициент 0,8.

При прогнозе интенсивности учитываются также качественные поправки на трансформацию и термическую адвекцию.

Рассмотрим пример составления прогноза приземного поля на 29 ноября — 1 декабря 1974 г. Для этого воспользуемся исходной приземной картой за 03 часа 28 ноября 1974 г. (рис. 4.12) и картой изаномал OT_{1000}^{500} за тот же срок (рис. 4.13).

В первую очередь на исходной карте аномалий OT_{1000}^{500} за 28 ноября (рис. 4.13) выявляются особые точки. В нашем случае в пределах первого естественного синоптического района выявлено восемь особых точек. Из них точки 1, 2, 4, 7 носят циклогенетический характер, а 3, 5, 6 и 8 — антициклогенетический. Географическое положение этих точек с учетом разной интенсивности положительных и отрицательных очагов представлено на рис. 4.13. Установив происхождение приземных

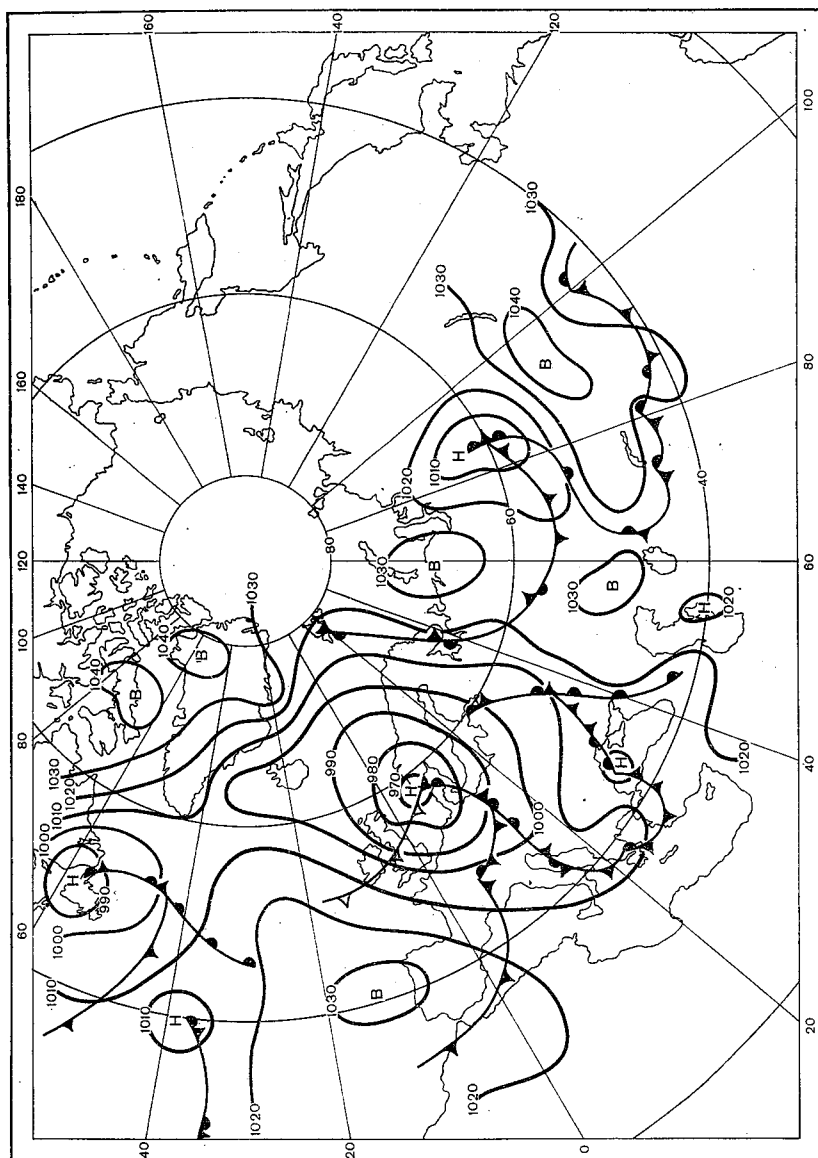


Рис. 4.12. Приземная карта погоды за 03 часа 28 ноября 1974 г.

барических образований на исходной карте за 28 ноября (рис. 4.12) путем сопоставления с картой аномалий OT_{1000}^{500} за тот же срок, составим прогноз барического поля на 29 ноября. Оценку эволюции исходных очагов изаномал будем проводить сравнением их интенсивности с интенсивностью очагов на карте изаномал за 27 ноября.

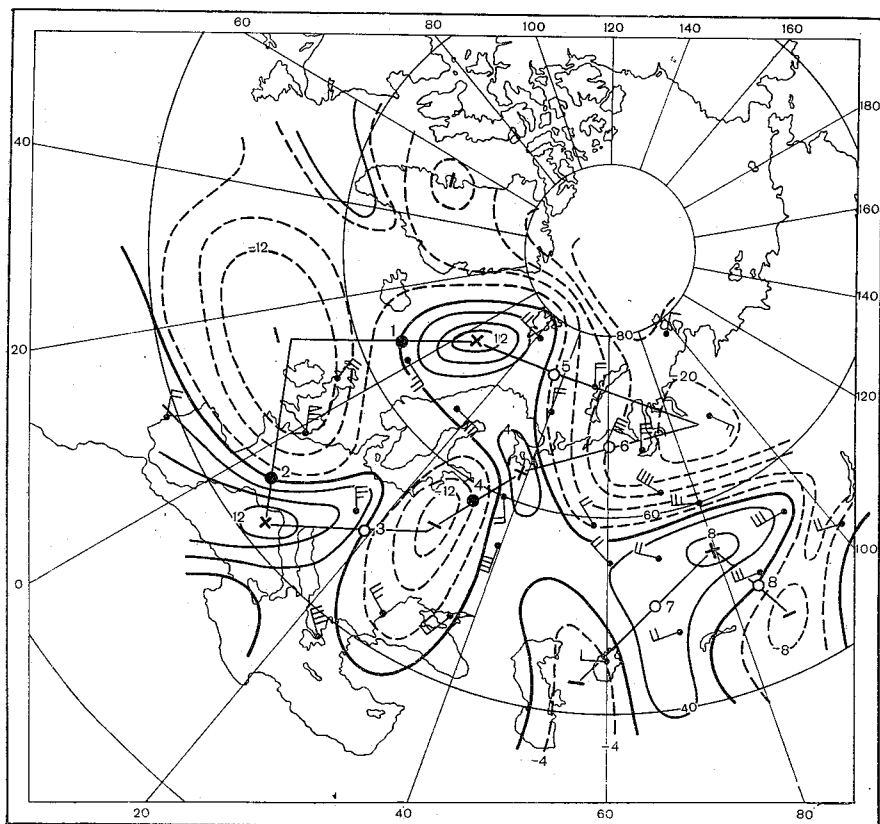


Рис. 4.13. Карта аномалий OT_{1000}^{500} и ветра на AT_{700} 28 ноября 1974 г.

1. Антициклон западнее Пиренейского полуострова определяется эволюцией отрицательного очага аномалий в этом районе. Поскольку этот очаг совпадает с приземным и высотным центром на карте AT_{700} и несколько увеличивает свою интенсивность, то следует ожидать, что в ближайшие сутки приземный антициклон будет малоподвижным при некотором росте давления.

2. Циклон над южной частью Скандинавского полуострова и Северным морем определяется главным образом термическим

фактором, поскольку находится под северо-восточной периферией отрицательного очага аномалий, центр которого располагается над Великобританией. Приземный циклон будет смещаться вместе с отрицательным очагом (см. рис. 4.13) и через сутки окажется в центральной части Балтийского моря. Этот циклон будет заполняться в связи с увеличением интенсивности отрицательного очага изаномал.

3. Волновой циклон в западной части Черного моря не получит развития, так как находится над восточной частью отрицательного очага изаномал. Сместившись к северу в соответствии с переносом на уровне 700 мбар, он заполнится.

4. Антициклон на побережье Карского моря совпадает с антициклогенетической нулевой изаномалой (особые точки 5 и 6) и, следовательно, будет определяться динамическими причинами, давление в нем будет расти. Поскольку направление переноса на уровне 700 мбар совпадает практически с направлением нулевой изаномалы, центр приземного антициклона через сутки следует ожидать на 400 км юго-восточнее особой точки 6.

5. Частный антициклон на юге Урала совпадает с циклогенетической нулевой изаномалой, и, следовательно, определяемый вихревыми факторами, он будет разрушаться; центр его сместится на 400 км к юго-востоку от особой точки 7.

6. Циклон в бассейне Енисея находится под центральной частью отрицательного очага изаномал. Его эволюция будет определяться изменением интенсивности этого очага, а центр циклона в соответствии со схемой на рис. 4.10 надо ожидать под юго-восточной периферией этого очага. Поскольку интенсивность отрицательного очага существенно не изменится, следует ожидать заполнения циклона.

Предполагаемое положение центров приземных барических образований через сутки отражено на прогностической схеме (рис. 4.14) началом траекторий.

Для того чтобы получить положение барических центров 30 ноября и 1 декабря, надо предварительно спрогнозировать очаги аномалий OT_{1000}^{500} и изменение ориентации нулевых изаномал на сутки вперед, т. е. на 29 и 30 ноября 1974 г.

При прогнозе аномалий на 29 и 30 ноября используем прогностические указания о характере средней циркуляции в тропосфере (см. рис. 4.2), ветры на уровне 700 мбар и аномалии OT_{1000}^{500} за предшествующие сроки.

1. Положительный очаг аномалий OT_{1000}^{500} в районе Пиренейского полуострова совпадает с высотным антициклоном, который будет малоподвижным. Следовательно, 29 ноября положительный очаг будет малоподвижным, а 30 ноября, попав на юго-восточную периферию высокого антициклона, будет разворачиваться по часовой стрелке к северо-западу. Приземный антициклон в соответствии с рис. 4.10 к концу срока сместится под восточную периферию положительного очага и будет

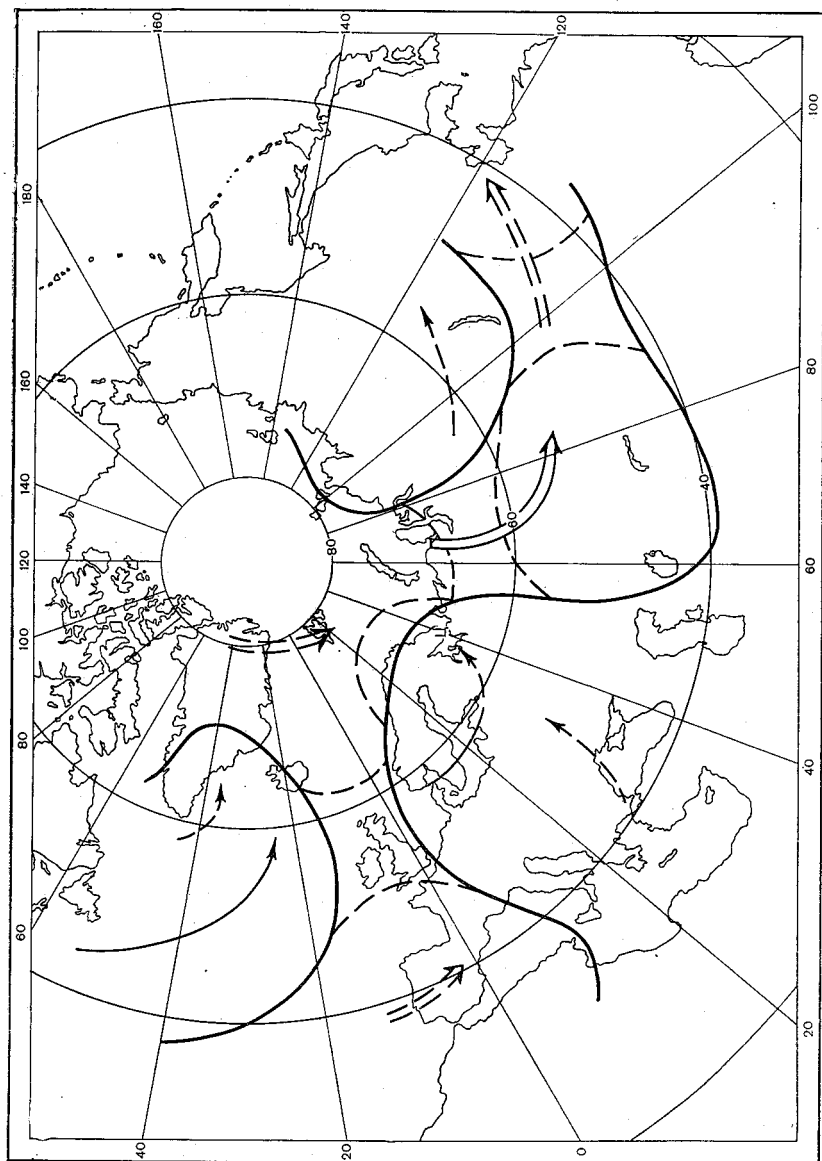


Рис. 4.14. Прогностическая схема синоптических процессов на 29 ноября — 1 декабря 1974 г.

находиться над Пиренейским полуостровом. Антициклон существенно не изменит своей интенсивности, так как сохранится интенсивность связанного с ним очага изаномал.

2. Отрицательный очаг аномалий в районе Великобритании усиливается и в соответствии с северо-западным переносом на уровне 700 мбар ожидается в ближайшие двое суток над Центральной Европой. Связанный с этим очагом циклон над югом Скандинавии будет заполняться и смещаться на Прибалтику. В последующем циклон, попав в область влияния циклогенетической особой точки 4, должен сместиться на Кольский полуостров.

3. Положительный очаг аномалий в Баренцевом море будет медленно смещаться в соответствии с направлением северо-западных потоков на ЕТС и усиливаться за счет адвекции тепла в передней части скандинавского высотного циклона. Благодаря этому обострится циклогенетическая изаномала на его западной периферии.

Как уже отмечалось в п. 2, циклон из районов Прибалтики сместится к северу от циклогенетической особой точки 4, сохраняя свою интенсивность к концу срока прогнозирования.

4. Развитие антициклона в Западной Сибири по-прежнему будет определяться динамическими причинами при увеличении контрастов температур в районе антициклогенетической нулевой изаномалы. Поэтому следует ожидать усиление этого антициклона и смещение его к юго-востоку или востоку вместе с антициклогенетической особой точкой 6 в соответствии с широтным положением ПВФЗ.

5. В районе Таймыра и Центральной Сибири ожидается сохранение отрицательного очага изаномал при увеличении его интенсивности. Следовательно, к концу срока на эти районы следует ожидать распространение северо-восточной периферии антициклона, смещающегося с севера.

Выводы, полученные в пунктах 1—5, легли в основу прогностической схемы перемещения и развития приземных барических образований на 3 суток (29 ноября — 1 декабря 1974 г.), которая представлена на рис. 4.14. На этой схеме циклонические траектории в центральных районах Арктики и антициклонические траектории в северной части Норвежского моря получены на основе прогностических карт на 48 и 72 часа, составленных численными методами. Положение демаркационных линий и перебойных полей определялось как по исходной карте изаномал OT_{1000}^{500} , так и с учетом ожидаемой эволюции исходного поля аномалий на двое суток (29—30 ноября).

Составим прогноз погоды для Ленинграда и Ленинградской области на 3 суток.

Помимо прогностической схемы ожидаемого развития синоптических процессов на 29 ноября — 1 декабря, примем во внимание исходное состояние на карте погоды за 28 ноября (см.

рис. 4.12) и пентадные прогнозы аномалий температуры воздуха и сумм осадков на 27 ноября — 1 декабря (рис. 4.15 и 4.16), составленные синоптико-гидродинамико-статистическим

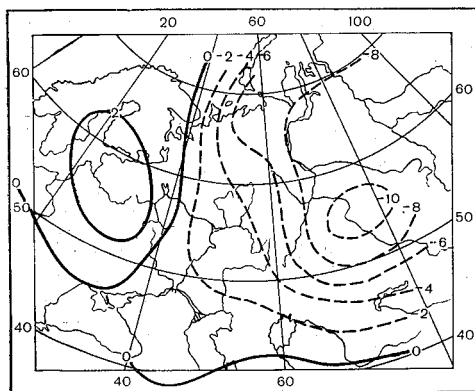


Рис. 4.15. Прогноз аномалии температуры на 27 ноября — 1 декабря 1974 г.

способом, основные принципы которого излагаются в лабораторной работе 6.

В соответствии со смещением глубокого циклона и связанными с ним фронтами окклюзии на Ленинградскую область в ближайшие 3 суток следует ожидать сплошную облачность, значительные осадки, ветер юго-восточный и южный от умеренного до сильного, температуру $-1 \dots -5^\circ\text{C}$.

В заключение приведем действительное развитие синоптических процессов, представленное на сборно-кинематической карте за 28 ноября — 1 декабря 1974 г. (см. рис. 1.2). Эта карта сравнительно неплохо согласуется со схемой ожидаемого развития процессов (см. рис. 4.14).

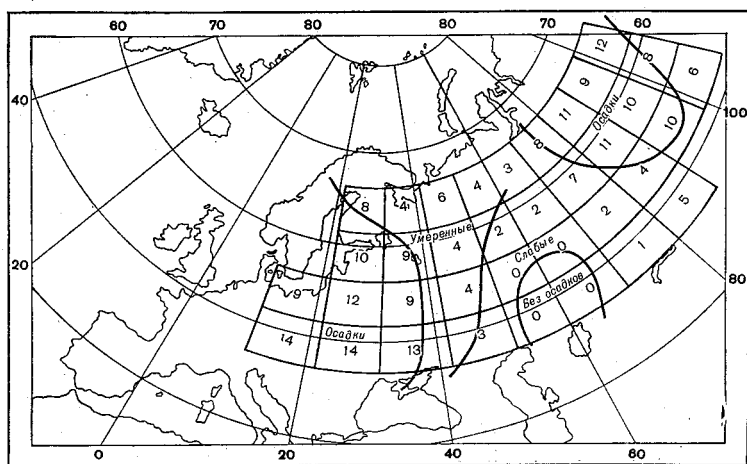


Рис. 4.16. Прогноз суммы осадков (мм) на 27 ноября — 1 декабря 1974 г.

Содержание задания. Приобрести практические навыки применения изаномал OT_{1000}^{500} для прогноза синоптических процессов и погоды на 3 суток.

Исходные материалы. Основными материалами являются приземная карта погоды, карты AT_{700} и AT_{500} , карта OT_{1000}^{500} и карта ее аномалий за исходный и предыдущий сроки. В качестве исходных дат составления прогноза синоптических процессов на 3 суток выбираются те же числа, что и при выполнении задания 4.1: 1) 3 декабря, 2) 13 февраля, 3) 15 февраля и 4) 19 февраля 1974 г.

Рекомендации по выполнению задания. Прежде чем приступить к выполнению задания, необходимо ознакомиться с методикой использования карт ежедневных аномалий OT_{1000}^{500} для прогноза приземного барического поля на 3 суток.

Для вычисления суточных изаномал используйте многолетние значения геопотенциала OT_{1000}^{500} (нормы) для каждого пункта за каждый день (см. приложение III). После получения исходных данных постройте карту суточных изаномал.

На картах ежедневных изаномал OT_{1000}^{500} изолинии проводятся через 4 дам. Положительные изаномалы проводятся синим цветом, отрицательные — красным, а нулевые изаномалы — черным. В центрах усиливающихся очагов ставится знак «+», а ослабевающих — знак «—». Для установления особых точек очаги противоположного знака соединяются между собой прямыми линиями (см. задание 4.1).

Ежедневные карты изаномал OT_{1000}^{500} передаются и по фото-телеграфу. При этом используются следующие условные обозначения: сплошные линии — изаномалы OT_{1000}^{500} , проведенные в зависимости от густоты через 4, 8 или 12 дам; штрихпунктирные линии — нулевые изаномалы; знак «+» в очагах наибольшей аномалии указывает на их усиление, знак «—» — на ослабление; черные и светлые кружки — прогностические указания на положение циклона и антициклона через сутки; перекрещенные черные и белые кружки — прогностические указания на частные циклоны и ядра или гребни через сутки.

Анализ карт изаномал целесообразно начать с установления циклогенетических и антициклогенетических нулевых изаномал и особых точек. Затем необходимо сопоставить исходную приземную карту погоды с картой аномалий OT_{1000}^{500} исходного дня с целью диагноза существующих барических образований. Обычно циклоны и антициклоны, расположенные под очагами аномалий OT_{1000}^{500} , термически однородны и в дальнейшем развитие их определяется термическими причинами изменения давления. Барические образования, находящиеся вблизи особых точек, развиваются главным образом за счет вихревых факторов изменения давления.

Установив диагноз существующих барических образований, выявляют характер устойчивости исходного поля аномалий и составляют его прогноз на 24 и 48 часов. После этого, используя связи между аномалиями OT_{1000}^{500} и характером будущего приземного барического поля, составляют прогностическую

схему ожидаемого развития синоптических процессов. При этом необходимо увязать прогностические выводы относительно характера приземного поля с прогнозом высотного барического поля.

В заключение, опираясь на погодные характеристики исходной синоптической карты и схему ожидаемого развития синоптических процессов, надо составить прогноз погоды на 3 суток по заданному преподавателем району.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 4

1. Какое место занимают прогнозы на 3 суток в системе пронозов на средние сроки?
2. Какие материалы используются для прогноза высотного барического поля на 3 суток?
3. К чему сводятся правила анализа комплексной карты?
4. Какие условные обозначения используются для прогностических указаний о характере циркуляции в средней тропосфере?
5. Как учитывается поле температуры на AT_{500} для прогноза барических образований на 3 суток?
6. Для чего строятся карты суточных изаномал OT_{1000}^{500} ?
7. Что из себя представляют особые точки и как определяется характер нулевых изаномал?
8. Как оценивается будущее положение центров барических образований с помощью карт изаномал OT_{1000}^{500} ?
9. Как определяется изменение интенсивности циклонов и антициклонов с помощью карт изаномал OT_{1000}^{500} ?
10. Как определяются области с преобладанием циклонической и антициклонической деятельности на ближайшие 3 суток?
11. Как строится карта-схема ожидаемого развития синоптических процессов на 3 суток?
12. Какие дополнительные материалы и соображения принимаются во внимание при составлении прогноза погоды по заданному району на 3 суток?

5. ПРОГНОЗ СИНОПТИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ И ПОГОДЫ НА СИНОПТИЧЕСКИЙ ПЕРИОД

Лабораторная работа 5

Прогноз синоптического положения и погоды на остаток текущего и тенденцию следующего естественного синоптического периода

Методика прогноза на оставшиеся дни текущего синоптического периода и будущий синоптический период разработана на основе выводов качественного анализа уравнения локальных изменений вертикальной составляющей вихря скорости. Подробнее этот анализ рассматривается в лекционном курсе. Здесь мы напомним основные выводы.

Изменения локальных значений вертикальной составляющей вихря скорости Ω_z в течение нескольких дней зависят главным образом от адвекции уже существующих очагов завихренности.

Вклад этого фактора, представленного членом $u \frac{\partial \Omega_z}{\partial x} + v \frac{\partial \Omega_z}{\partial y} + \omega \frac{\partial \Omega_z}{\partial z}$, является определяющим во многих случаях, вследствие

чего способы прогноза синоптического положения, основанные на экстраполяции перемещения уже существующих циклонов и антициклонов, неплохо оправдываются. Очаги циклонической и антициклонической завихренности являются наиболее консервативными, т. е. длительно сохраняющимися характеристиками атмосферной циркуляции. Для анализа адвекции вихря в рассматриваемой методике прогноза составляют специальные карты: карты лапласианов и карты разностей лапласианов.

Эволюция очагов завихренности зависит в первую очередь от влияния термической адвекции $(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y})$ и их меридиональных перемещений $(\bar{v})$. Изменение параметра Кориолиса с широтой влияет на интенсивность вихревых очагов, если они смещаются в меридиональном направлении. Циклонические вихри усиливаются при смещении к югу, антициклонические вихри — при движении к северу. В большинстве случаев влияния термической адвекции и эффекта меридиональных перемещений совпадает по знаку. Движение к югу обычно сопровождается адвекцией холода, движение к северу — адвекцией тепла.

Для анализа эволюции очагов циклонического и антициклонического вихря составляются карты фонового изменения температуры. Практически более удобным оказалось построение карты фонового изменения геопотенциала H_{500} , так как очаги длительных изменений H_{1000}^{500} и H_{500} в основном совпадают.

Вследствие того, что элементарный синоптический процесс характеризуется сохранением основных тропосферных выносов тепла и холода, влияние термической адвекции на эволюцию очагов завихренности во многих районах однозначно в течение нескольких дней. В меньшей степени, но достаточно определенно обнаруживаются длительные тенденции в изменениях барического поля под влиянием термической адвекции и в течение естественного синоптического (е. с.) периода.

Большое значение в методике прогноза на будущий е. с. период придается изучению эволюции макросиноптических процессов в текущем синоптическом периоде. В первую очередь объектом анализа является планетарная высотная фронтальная зона (ПВФЗ), положение и эволюция которой отражают наиболее существенные особенности макропроцесса. Положение и эволюция высотных ложбин и гребней, формирование изолированных центральных циклонов и стационарных антициклонов играют важное диагностическое значение при определении характера атмосферных макропроцессов и обосновании прогноза погоды на средние сроки.

Для изучения эволюции ПВФЗ строится сборная карта, на которой наносится положение фронтальной зоны за каждый день, начиная с первого дня е. с. периода. Оказалось, что нет необходимости определять положение ПВФЗ линией, соединяющей точки с максимальным градиентом геопотенциала на карте AT_{500} . Более простой способ анализа предусматривает проведение фиксированной для каждого сезона изогипсы (см. задание 1.1). При форсировании двух ветвей ПВФЗ необходимо выбрать две фиксированные изогипсы специально для условий данного е. с. периода.

Рассмотрим материалы, используемые в методике прогноза на оставшиеся дни текущего синоптического периода и на будущий синоптический период. Для наглядности обратимся к рис. 5.1. Здесь А — предшествующий е. с. период. Продолжительность его и других периодов условно взята равной 6 дням (может быть 5, 7 и реже другое число дней). Б — текущий синоптический период и В — будущий период. Напомним, что первые два дня периода называются тенденцией периода. На схеме тенденции предшествующего, текущего и будущего периодов отмечены фигурной скобкой. Прогноз составляется в первые два дня текущего периода (Б), когда в распоряжении синоптика поступают материалы, характеризующие основные циркуляционные особенности этого макропроцесса.

Наряду со специальными картами, которые составляются в соответствии с рассматриваемой методикой прогноза, в настоящее время широко и с успехом используются прогностические карты барической топографии на средние сроки, полученные гидродинамическими методами. Но этот материал уже выходит за рамки рассматриваемой синоптической методики, мы вернемся к вопросу об его использовании позже.

В полном объеме методика прогноза может быть применена во второй день е. с. периода. Однако, используя фактические материалы за первый день е. с. периода и прогностические данные на второй день периода, можно применить основные положения методики и подготовить прогностическое решение. Во второй день это решение уточняется.

В первый день е. с. периода составляются и используются следующие материалы:

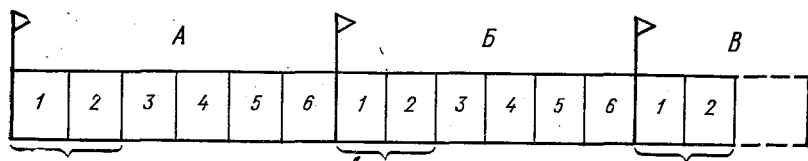


Рис. 5.1. Схема, поясняющая использование материалов предшествующего (А) и текущего (Б) естественных синоптических периодов при прогнозе на тенденцию будущего синоптического периода (В).

1) полупрогностическая карта средних значений H_{500} тенденции периода; при ее построении используются фактические значения H_{500} за первый день и прогностические значения на второй день $[0,5(H_{1Б} + H_{2Б})]$. Прогноз H_{500} на следующий день дается с помощью гидродинамической схемы прогноза на 24 часа;

2) полупрогностическая карта лапласиана тенденции е. с. периода;

3) построенная на ее основе комплексная карта;

4) полученная на основе анализа комплексной карты карта прогностических указаний на характер циркуляции в средней тропосфере в тенденции будущего е. с. периода.

5) полупрогностическая карта разности лапласианов $(\Delta H_{2Б} - \Delta H_{1Б})$;

6) комплекс карт, используемых при составлении трехсуточного прогноза погоды;

7) карты ожидаемых средних значений H_{500} текущего периода и изменений поля H_{500} от первого дня текущего периода к тенденции будущего периода.

Карты ожидаемых средних значений H_{500} оставшихся дней текущего периода $0,25(3 - 6Б)$ и изменений H_{500} от первого дня текущего периода к тенденции будущего периода строятся по

данным, полученным в результате расчета по статистическим схемам.

Во второй день текущего синоптического периода в распоряжении прогнозиста имеются следующие специальные карты:

1) сборно-кинематическая карта тенденции текущего периода (дни 1—2Б);

2) карта средних значений H_{500} тенденции текущего периода $[0,5(H_{1Б} + H_{2Б})]$;

3) карта лапласианов ΔH тенденции текущего периода, рассчитанная по полю H_{500} : $[0,5(H_{1Б} + H_{2Б})]$;

4) карта разности лапласианов, рассчитанных за второй и первый дни периода ($\Delta H_{2Б} - \Delta H_{1Б}$);

5) карта изменений H_{500} от предшествующего периода к тенденции текущего периода;

6) сборная карта ПВФЗ тенденции текущего периода.

Значения лапласианов тенденции периода (карта 3) и изменений геопотенциала (карта 5) наносятся на один бланк. В результате получают комплексную карту, анализ которой необходим для получения прогностических указаний на тенденцию будущего периода (дни 1—2В).

Выявленные очаги циклонической и антициклонической завихренности следует смещать в соответствии с результатами анализа карты разности лапласианов (карта 4) и сборной карты ПВФЗ (карта 6). Очаги завихренности следует смещать на ближайшие районы максимального значения завихренности соответствующего знака, не пересекая области изменения противоположного знака.

Все перемещения очагов вихря должны быть согласованы между собой в синоптическом отношении, в соответствии с характером ожидаемой эволюции ПВФЗ, а также с прогнозом изменения поля H_{500} от первого дня текущего периода к тенденции будущего периода.

Таким образом, одним из важных этапов применения методики является получение прогностических указаний о знаке барического поля H_{500} в первые два дня (тенденции) будущего периода. Обычно этих указаний недостаточно для получения полного представления об атмосферной циркуляции, знание которых призвано обеспечить составление прогноза погоды. Поэтому получение необходимой прогностической информации в рассматриваемой методике прогноза на будущий период связано также с подбором аналога. Наличие прогностических указаний на оставшиеся дни текущего е. с. периода и тенденцию будущего периода позволяет осуществить его выбор.

Аналог подбирается к последовательности макропроцессов двух естественных синоптических периодов (Б и В). Более полно и надежно представлены макропроцессы текущего периода Б:

а) фактические материалы за первые два дня (тенденцию) периода (дни 1Б и 2Б);

б) прогностическая схема развития на оставшиеся дни периода (дни 3—6Б).

По материалам синоптического архива за тот же календарный месяц, в котором осуществляется текущий макропроцесс Б, а также за смежные с ним календарные месяцы, подбираются случаи со сходным развитием макропроцессов. Каждый из этих случаев является потенциальным аналогом. Синоптик выбирает из них лучший, обладающий наибольшими признаками сходства с текущим е. с. периодом Б и теми особенностями циркуляции в средней тропосфере, которые установлены прогностическими указаниями на тенденцию будущего периода В.

Циркуляционные и погодные характеристики е. с. периода, следующего за периодом-аналогом, кладутся в основу прогностического решения на будущий синоптический период. Соответствующие диагностические и прогностические материалы передаются с помощью факсимильной аппаратуры в местные бюро погоды. Синоптики местных бюро погоды составляют региональные прогнозы на 3—7 дней с учетом выбранного аналога и уточнений характера атмосферной циркуляции и погоды, связанных с местными и сезонными особенностями текущих макропроцессов.

Задание 5.1. Ознакомление с основными материалами и порядком их использования при составлении прогноза синоптического положения на будущий синоптический период

Содержание задания

1. Провести макросиноптический анализ атмосферных процессов 20—21 ноября 1959 г.

2. Объяснить прогностические указания о характере атмосферной циркуляции в тенденции будущего синоптического периода.

3. Уяснить процедуру подбора аналога и сопоставить макропроцессы текущего и будущего синоптических периода и аналогов.

Исходные материалы. Комплект карт, входящих в XI задание «Учебного синоптического атласа» под редакцией Х. П. Погосяна. Указанные карты (193—197, 210—217 по нумерации Атласа) позволяют провести анализ текущего макропроцесса (е. с. период 20—25 ноября 1959 г.) и уяснить процедуру подбора аналога к будущему е. с. периоду.

Рекомендации по выполнению задания. Основные особенности текущего макропроцесса могут быть рассмотрены по следующим материалам: приземная карта погоды и карта АТ₅₀₀ за 21 ноября 1959 г.—второй день е. с. периода (карты 193 и 194), а также сборная карта ПФФЗ и

сборно-кинематическая карта тенденции текущего синоптического периода 20—21 ноября 1959 г. (карта 211).

Рассматриваемый е. с. период характеризуется существенными отклонениями атмосферной циркуляции от обычной для месяцев холодного времени года. Над Гренландией расположен теплый высотный антициклон, вследствие чего над Норвежским морем локализована барическая седловина. Структура высотного деформационного поля соответствует случаю нарушения западного переноса в умеренной зоне. Основной очаг циклонической деятельности в Северной Атлантике сдвинут к югу в сравнении с обычной климатической ситуацией. Над акваторией Норвежского моря и Исландии преобладают восточные переносы вместо обычных для данного времени года юго-западных.

Комплексная карта и сборная карта ПВФЗ (214), карта разностей лапласианов (215) анализируются совместно. Прогностические выводы представлены на карте 214 стрелками, указывающими на характер перемещения очагов циклонического и антициклонического вихря к началу будущего е. с. периода.

Например, очаг антициклонического вихря над Центральной Европой интенсивностью более 10 единиц лапласианов должен сохраниться к началу будущего периода, так как находится в зоне «фонового» роста температуры (геопотенциала). Ожидается смещение к северу, что соответствует характеру эволюции ПВФЗ в данном районе и наличию двух очагов отрицательной разности лапласианов, над Северным морем и Ботническим заливом. Подобный же вывод делается относительно мощного антициклонического очага вихря над Гренландией. К началу нового е. с. периода ожидается смещение этого очага на Гренландское море, где имеются отрицательные очаги на карте разности лапласианов.

Малоподвижный очаг циклонического вихря прогнозируется на севере Урала, где располагается область значительного роста лапласиана.

В совокупности полученные прогностические указания о характере циркуляции в средней тропосфере в тенденции будущего е. с. периода учтены при подборе аналогов.

Аналогом к макропроцессу, развивающемуся в оставшиеся дни текущего е. с. периода, являются процессы 8—11 декабря 1948 г. (карта 216). На этой карте совмещены кинематика и среднее поле AT_{500} за 8—11 декабря 1948 г. Сравнение синоптических материалов 8—11 декабря 1948 г. и 20—21 декабря 1959 г. показывает, что в основных особенностях структуры высотного поля, локализации и движения приземных барических образований указанные синоптические периоды являются аналогичными.

Основное прогностическое значение имеет аналог к тенденции будущего синоптического периода. Совмещенные карты

(АТ₅₀₀ и сборно-кинематическая) за 12—13 декабря 1948 г. представлены на карте 217. В будущем синоптическом периоде следует ожидать восстановления циклонической деятельности в Норвежском и Баренцевом морях и локализации обширного антициклонического поля над Скандинавией, Центральной Европой и ЕТС.

Фактические материалы будущего е. с. периода (приземная карта погоды и карта АТ₅₀₀ за 27 ноября 1959 г.— карты 195 и 196) свидетельствуют о хорошем макросиноптическом соответствии аналога и будущего е. с. периода.

Задание 5.2. Прогноз атмосферной циркуляции и погоды на оставшиеся дни текущего и тенденции будущего естественного синоптического периода

Содержание задания

1. Провести анализ макропроцессов тенденции текущего е. с. периода 11—12 февраля 1974 г. (рис. 5.2) и получить прогностические выводы о характере атмосферной циркуляции в тенденции будущего е. с. периода 16—17 февраля 1974 г.

2. Сопоставить процессы текущего и будущего е. с. периодов с макропроцессами аналога.

Исходные материалы

1. Сборно-кинематические карты е. с. периодов 6—10, 11—15 и 16—19 февраля 1974 г. (рис. 5.3).

2. Комплексная карта тенденции текущего е. с. периода (рис. 5.4).

3. Сборная карта ПВФЗ тенденции текущего периода (рис. 5.5).

4. Карта разности лапласианов (рис. 5.6).

5. Сборно-кинематическая карта и средняя карта АТ₅₀₀ тенденции е. с. периода-аналога 9—10 февраля 1951 г. (рис. 5.7 и 5.8).

Рекомендации по выполнению задания. Рассматривается последовательность синоптических периодов 6—10, 11—15 и 16—19 февраля 1974 г. Основные особенности атмосферной циркуляции в этих е. с. периодах уже были отмечены в ходе выполнения лабораторных работ по теме 2. Синоптический период 6—10 февраля 1974 г. в рассматриваемом случае будет являться предшествующим синоптическим периодом. Текущий период включает макропроцессы 11—15 февраля и будущий период 16—19 февраля. Таким образом, прогностическая задача состоит в определении характера атмосферной циркуляции и подборе аналога к оставшимся дням текущего периода и тенденции будущего периода. В предшествующем синоптическом периоде, как уже отмечалось, происходило смещение от Ньюфаундленда к югу Исландии очень глубоких и

Анализ комплексной карты призван обеспечить прогностические указания об очагах циклонической и антициклонической завихренности в тенденции будущего периода. Очаги циклонического вихря в районе Ньюфаундленда и Западной Гренландии

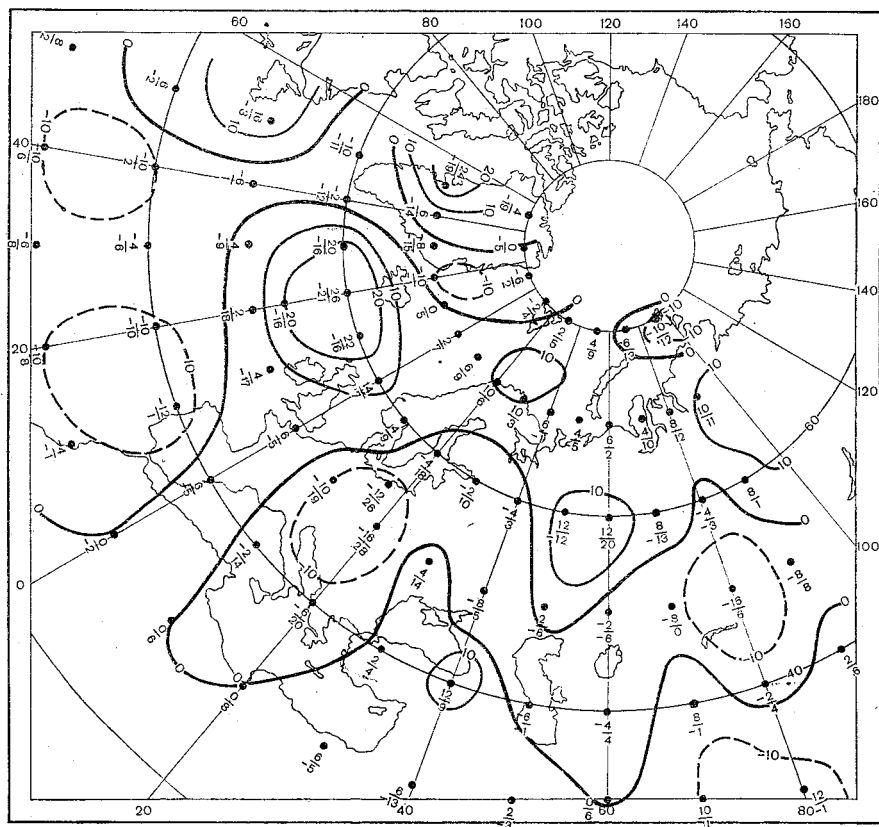


Рис. 5.4. Комплексная карта тенденции текущего естественного синоптического периода 11—12 февраля 1974 г.

В числителе — значение лапласиана H_{500} , в знаменателе — изменение геопотенциала (H_{11-12} и H_{6-10}).

дии находятся в зоне фонового понижения температуры воздуха (геопотенциала). Следовательно, указанные очаги, особенно северный, должны сохраниться к началу будущего периода. Очаг циклонического вихря к югу от Исландии также должен сохраниться.

На рис. 5.5 показано положение ПВФЗ 11 и 12 февраля 1974 г. На участке ПВФЗ над Францией происходит смещение

фронтальной зоны к югу, а в районе Азорских островов — к северу. Обратите внимание на значительный рост циклонической завихренности над западной частью Средиземного моря (см. рис. 5.6). 11 февраля здесь еще находился очаг антициклониче-

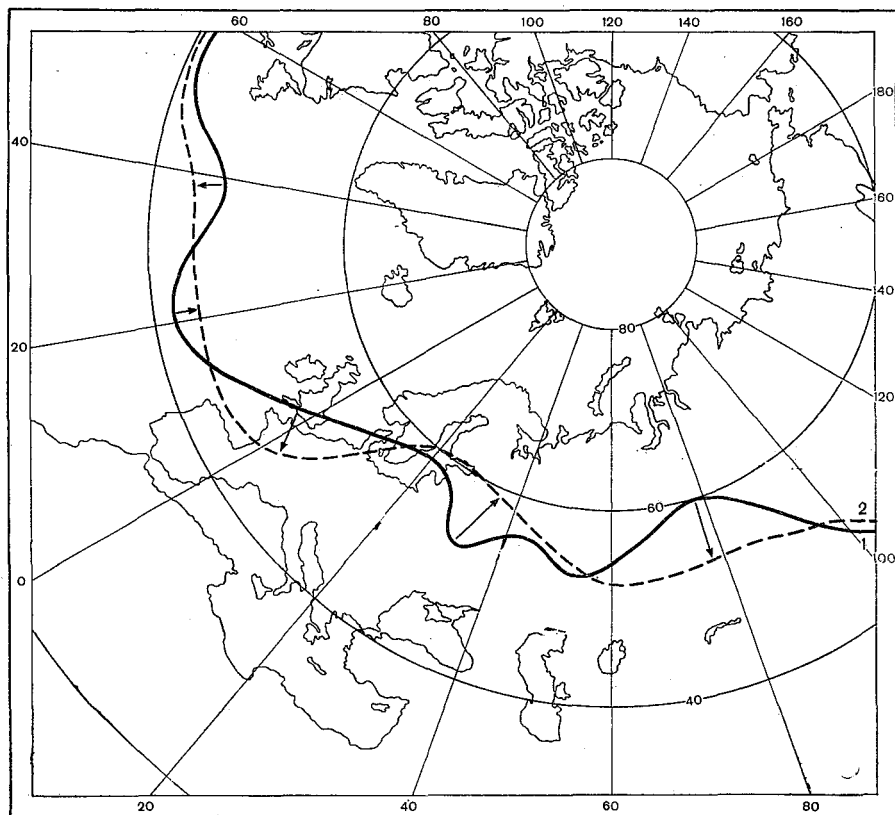


Рис. 5.5. Сборная карта ПВФЗ тенденции текущего естественного синоптического периода 11—12 февраля 1974 г.

1) 11 февраля, 2) 12 февраля.

ского вихря, а 12 февраля — очаг циклонического вихря интенсивностью более 20 единиц. Следовательно, в тенденции текущего периода активно происходит формирование высотной ложбины над Западной Европой (см. рис. 5.2). К западу от высотной ложбины к северу от Азорских островов усиливается высотный гребень. К востоку от высотной ложбины будут сохраняться очаги антициклонической завихренности, о чем свидетельствует анализ комплексной карты и карты разности лапласианов.

Очаг циклонического вихря над Украиной, видимо, должен смещаться к юго-востоку на ближайший очаг роста циклонической завихренности (см. рис. 5.4 и 5.6). Очаг циклонического вихря над Волго-Вятским районом должен смещаться к востоку

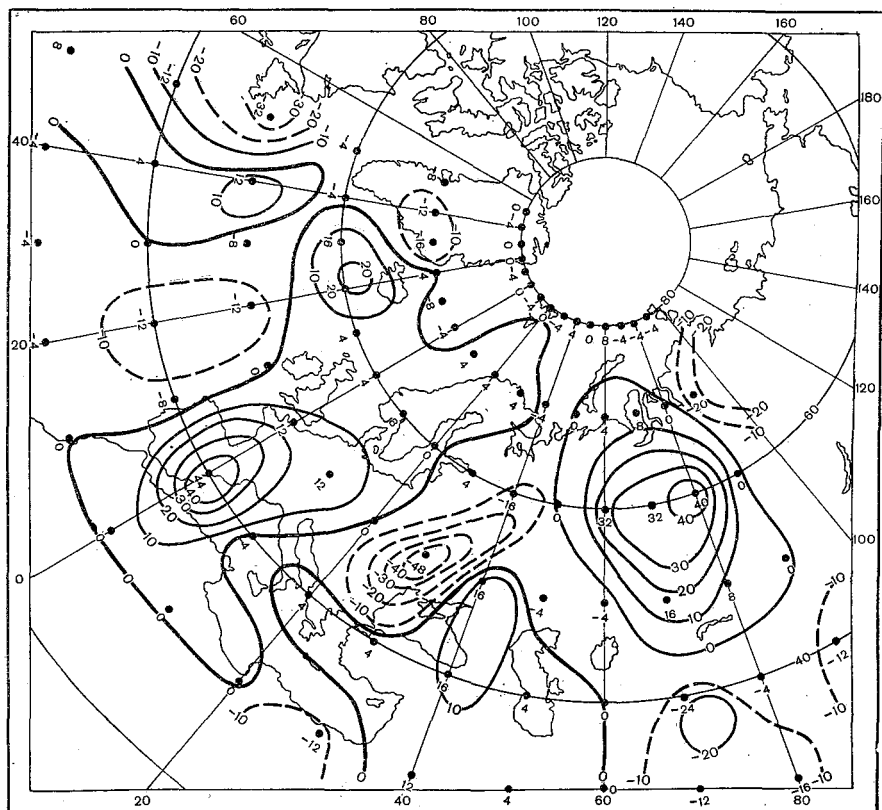


Рис. 5.6. Карта разности лапласианов геопотенциалов второго и первого дня текущего синоптического периода 11—16 февраля 1974 г. ($\Delta H_{12} - \Delta H_{11}$).

на район Западной Сибири, где рост циклонической завихренности исключительно интенсивен.

Таким образом, совместный анализ комплексной карты, карты разности лапласианов и сборной карты ПВФЗ тенденции текущего периода позволяет определить локализацию очагов циклонического и антициклонического вихрей в тенденции будущего синоптического периода. Эти прогностические указания используются при подборе аналога. В качестве аналога тенденции будущего синоптического периода взят период 9—10 февраля 1951 г.

Сопоставление прогностических указаний об очагах циклонического и антициклонического вихрей в тенденции будущего периода (см. рис. 5.7) и структурных особенностей поля H_{500} е.с. периода 9—13 февраля 1951 г. (см. рис. 5.8) приводит к заключению о наличии между ними определенного сходства

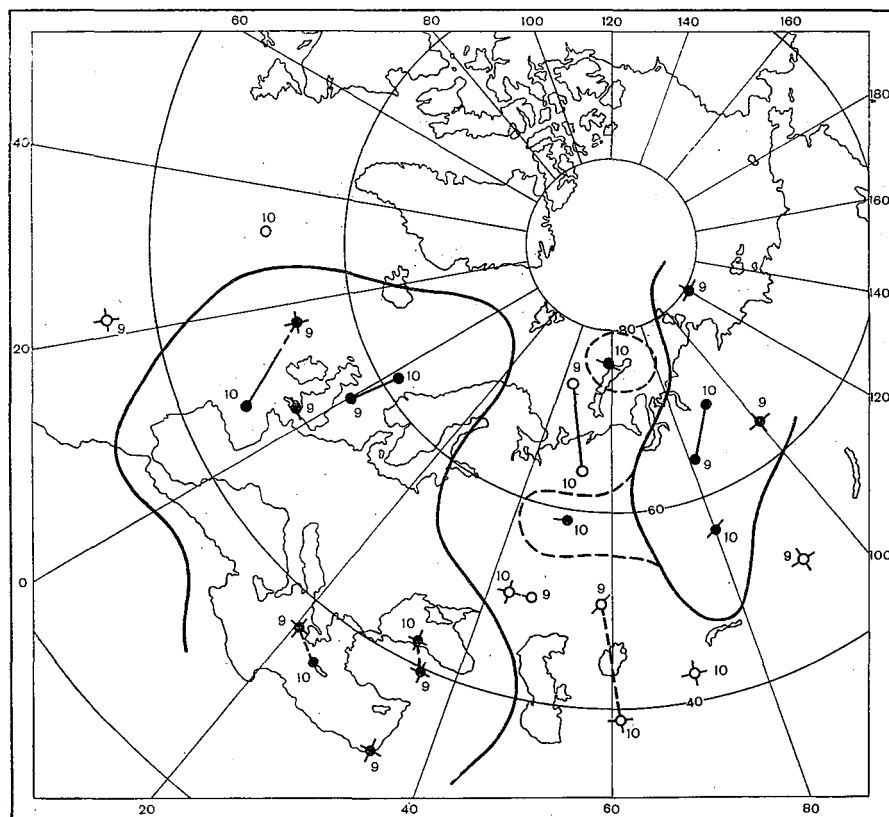


Рис. 5.7. Сборно-кинематическая карта тенденции естественного синоптического периода-аналога 9—10 февраля 1951 г.

и о возможности выбора данного аналога. Характерной чертой периода-аналога является значительное нарушение западного переноса и вторжение полярного антициклона в районе Карского и Баренцева морей.

На заключительном этапе задания 5.2 составить прогноз атмосферной циркуляции и погоды по району, указанному преподавателем, на первые два дня будущего е.с. периода (16—17 февраля 1974 г.) с использованием аналога (рис. 5.9). Оценить прогноз погоды согласно указаниям в задании 3.

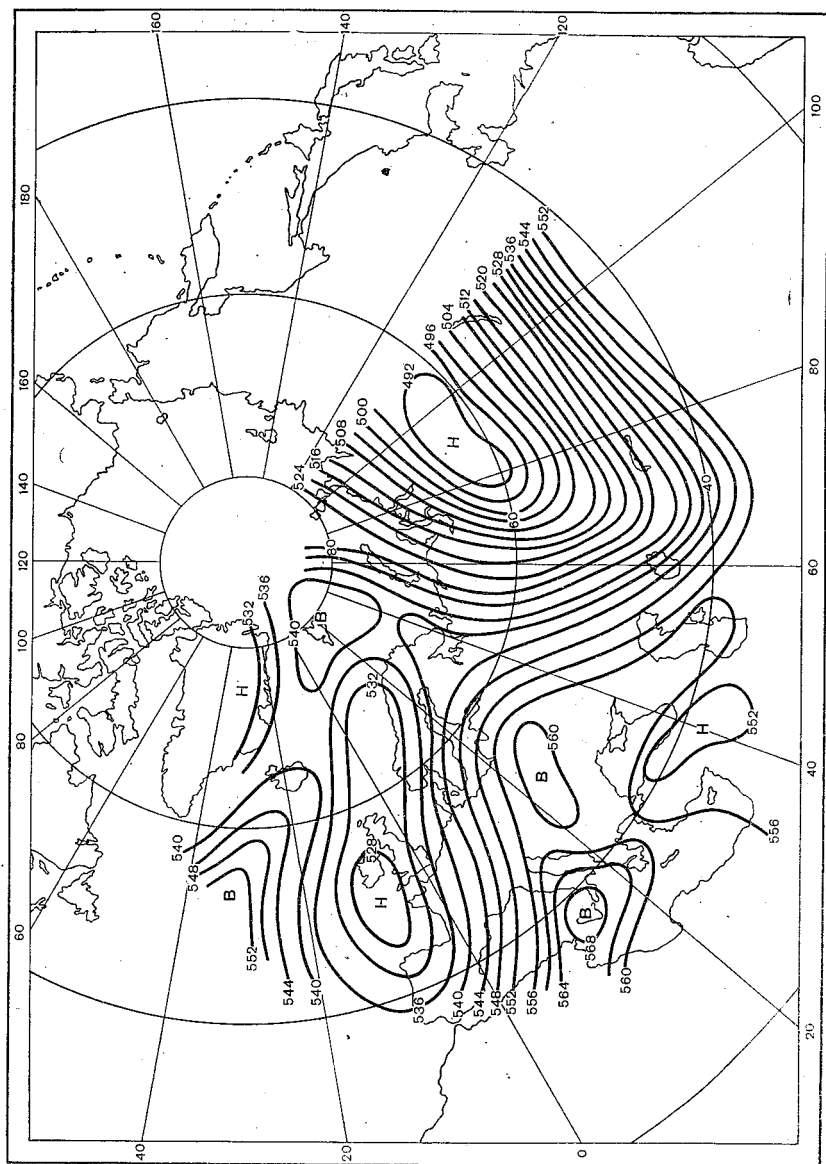


Рис. 5.8. Средняя карта AT_{500} естественного синоптического периода-аналога 9—13 февраля 1951 г.

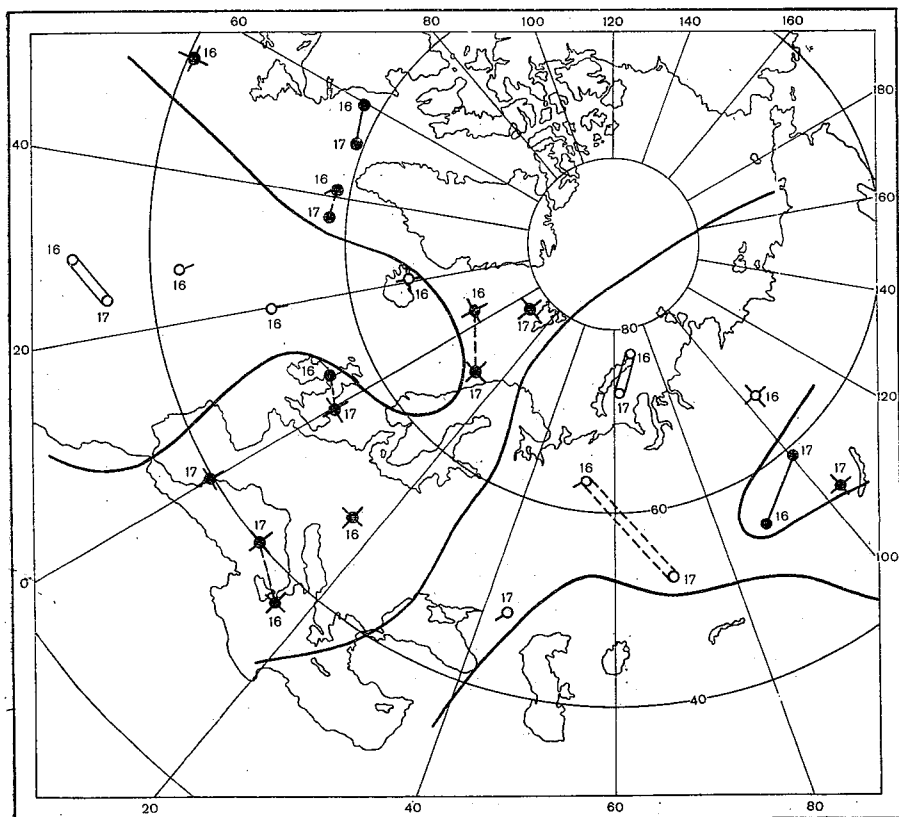


Рис. 5.9. Сборно-кинематическая карта тенденции будущего синоптического периода 16—17 февраля 1974 г.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 5

1. Укажите основные выводы качественного анализа уравнения тенденции вертикальной составляющей вихря скорости.
2. Какие специальные материалы составляются для учета главных факторов, определяющих смещение и эволюцию очагов завихренности?
3. Как влияет термическая адвекция на эволюцию циклонических и антициклонических вихрей?
4. Как используется понятие об однородном макросиноптическом процессе?
5. Укажите особенности составления и анализа комплексной карты.
6. Как используется карта разности лапласианов?
7. Какие материалы составляются в первый день е. с. периода?
8. Как получают прогностические указания на тенденцию будущего е. с. периода?
9. Какие материалы составляются во второй день е. с. периода?
10. По каким признакам подбираются аналоги?
11. Укажите порядок работы до подбора аналога.
12. Укажите порядок работы после подбора аналога.

6. ПОНЯТИЕ О МЕТОДИКЕ ПРОГНОЗА ПОГОДЫ НА 3—10 СУТОК ДЛЯ АРКТИКИ И О РАСЧЕТНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДАХ ПРОГНОЗА ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА 5—10 СУТОК СПОСОБОМ ГИДРОМЕТЦЕНТРА СССР

Лабораторная работа 6.1

Методические особенности составления прогнозов погоды на 3—10 суток по Арктике

В основу применяемого в настоящее время для Арктики метода прогноза синоптического положения и погоды на 3—10 суток положены следующие общие принципы:

1) атмосферные процессы и режим погоды в Арктике (как и в любом другом географическом районе) являются результатом проявления общей циркуляции атмосферы в конкретных физико-географических условиях.

2) будущий характер синоптических процессов во многом определяется предшествующим их развитием.

3) малые по масштабу процессы развиваются на фоне крупномасштабных как во времени, так и в пространстве. При этом изучение особенностей крупномасштабной циркуляции ведется по характеристикам непрерывного последовательного развития элементарного синоптического процесса (ЭСП) в связи с основными формами циркуляции и их преобразованиями на протяжении не менее 16 дней, тогда как режим погоды в конкретных районах Арктики связывается с конкретными типами синоптических процессов над Арктикой.

Процессы в Арктике и закономерности их преемственности изучались с учетом крупномасштабного фона циркуляции. В результате было выделено 16 основных и 9 дополнительных типов процессов, которые обобщены в 6 типовых группах (А, Б, В, Г, Д, К).

Для всех типов получены режимные характеристики ветра и температуры по арктическим станциям, метеоконплексов, опасных для обледенения судов, а также метелей.

При разработке оперативных прогнозов используются:

1) закономерности формирования и преобразования форм атмосферной циркуляции,

2) преемственность типов процессов в Арктике, установленная в связи с видами преобразований форм циркуляции,

3) общие прогностические связи, не зависящие от форм циркуляции атмосферы,

4) климатологические зависимости,

5) гомологи циркуляции.

Первые закономерности дают возможность определить наиболее вероятную тенденцию (ближайшую и длительную) развития синоптических процессов на пространстве северного полушария, включающем Арктику.

Вторые связи позволяют прогнозировать основные черты будущих процессов и погоды по конкретным районам Арктики как в первом за исходным ЭСП, так и в последующих двух-трех ЭСП. Эти же связи являются одним из важных средств для выбора гомологов.

Прогностические указания по третьим связям детализируют направленность развития синоптических процессов на ближайшие 3—4 суток на основе учета структуры барических образований исходного положения и их изменений от одного ЭСП к другому независимо от фона циркуляции.

Из климатических данных учитываются среднедекадные значения ветра и температуры по отдельным станциям, а также данные о местных орографических искажениях ветра.

Использование гомологов позволяет детализировать по времени и территории представление об ожидаемом развитии процесса и перейти к прогнозу погоды. Прогноз синоптического положения представляется одной (для 3 суток) или двумя (для 8—10 суток) картами распределения барических полей и основных траекторий циклонов и антициклонов за соответствующие промежутки времени на территории к северу от 55° с. ш. Прогноз погоды предусматривает преобладающие и экстремальные характеристики ветра и температуры воздуха.

Составление оперативного прогноза сводится к шести этапам:

- 1) анализ текущего синоптического процесса,
- 2) предварительный подбор гомологов циркуляции,
- 3) построение прогностической схемы процесса (наземной и H_{500}) на 3—4 суток по общециркуляционным связям,
- 4) окончательный отбор гомологов и прогноз синоптического положения,
- 5) составление прогноза погоды на 8—10 суток по районам Арктики,
- 6) оформление прогноза.

На первом этапе определяются границы текущего ЭСП и форма циркуляции, а также тип процессов в Арктике. Это выполняется на основе использования типовых характеристик наземных и высотных барических полей для форм W, C, E и сопоставления их с фактическими за каждый день, с учетом количественных показателей меридиональных и широтных градиентов давления.

Далее на основе анализа текущих синоптических процессов и сведений о продолжительности исходной и предшествующей форм циркуляции определяется текущий вид малого преобразо-

вания и вид макропреобразования. Под малым преобразованием понимается смена трех последовательных ЭСП, отнесенных к одной или нескольким формам циркуляции. Три формы циркуляции дают 27 видов малых преобразований, из которых наиболее часто (38 %) встречаются преобразования одной и той же формы: $W_1-W_2-W_3$, $C_1-C_2-C_3$ и $E_1-E_2-E_3$ (индексами 1, 2 и 3 отмечены последовательно стадии развития по ЭСП одной и той же формы циркуляции). При установлении связи типов процессов в Арктике с каждым малым преобразованием форм циркуляции относят к первому ЭСП предшествующий тип процессов, ко второму ЭСП — исходный тип и к третьему ЭСП — последующий (прогнозируемый) тип процесса. Установлено, что после исходного типа процесса при определенном виде малого образования в следующем ЭСП в большинстве случаев в районах Арктики располагаются четко выраженные области изменения (сохранения) знака барического поля.

Для прогнозов на 8—10 суток используются зависимости типов процессов в Арктике в связи с макропреобразованиями форм циркуляции атмосферы. Напомним, что макропреобразованиями называются промежутки времени, охватывающие две последовательные устойчивые формы продолжительностью три ЭСП и более каждая.

Из шести видов макропреобразований в период арктической навигации наиболее часто осуществляются макропреобразования $E \rightarrow C$ и $C \rightarrow E$, реже всего — $E \rightarrow W$ и $W \rightarrow C$. Полученные в связи с макропреобразованиями значения вероятностей локализации барических полей отображают в совокупности влияние малых и крупномасштабных во времени и пространстве преобразований на процессы в Арктике, протекающие в течение трех сопряженных ЭСП, и позволяют судить о будущем характере процесса не только в общих чертах, но и с детализацией по районам и ЭСП.

Кроме этого, на первом этапе строится ряд производных карт, которые необходимы в следующих этапах при использовании различных закономерностей развития процесса:

1) карта распределения очагов тепла и холода в тропосфере (строится как сборно-кинематическая на основании ежедневных карт температуры на изобарических поверхностях 700 и 500 мбар);

2) карта градиентов давления и температуры (строится по данным карт наземного давления и OT_{1000}^{500} за ЭСП или средний его день), на которой области адвекции тепла отделяются демаркационной линией от областей адвекции холода;

3) карта отношений $\Delta p_0/\Delta H_{500}$ (строится на основании карт изменения давления и AT_{500} от ЭСП к ЭСП, на которой проводится демаркационная линия ($\Delta p_0/\Delta H_{500} = 1$), отделяющая усиливающиеся барические поля ($\Delta p_0/\Delta H_{500} > 1$) от ослабевающих ($\Delta p_0/\Delta H_{500} < 1$).

Второй этап выполняется с целью определения будущего процесса по гомологам, подбираемым на основании учета закономерностей развития форм циркуляции и их преобразований. Поскольку прогнозы на 3—10 суток по существу являются детализацией и уточнением месячных прогнозов, составляемых с заблаговременностью до 10 месяцев, при подборе гомологов особое внимание обращается на годы, вошедшие в прогноз большой заблаговременности.

Предварительный подбор гомологов производится по каталогу макропреобразований форм циркуляции с учетом наилучшего сходства:

- 1) вида исходного текущего макропреобразования форм циркуляции,
- 2) типа процесса в Арктике,
- 3) дат гомологичных процессов (допускается расхождение по времени не более чем на месяц в ту или другую сторону от даты, фиксируемой исходным положением),
- 4) карт среднего давления в предшествующем и исходном ЭСП.

Отобранные таким образом гомологи сопоставляются с данными вероятного развития процессов в связи с преобразованием форм циркуляции и группируются по вариантам возможного последующего развития текущего процесса.

На третьем этапе строится схема ожидаемого развития синоптических процессов на ближайшие 3—4 суток, для чего используется ряд зависимостей, основанных на учете структуры конкретных барических образований в исходном состоянии. Важнейшие из них следующие:

1) связь распределения очагов тепла и холода в тропосфере в исходном ЭСП с наземными барическими полями в следующем ЭСП. Она основана на том, что циклоны и антициклоны у поверхности земли стремятся перемещаться под очаги тепла и холода соответственно;

2) связь взаимного расположения градиентов давления и температуры в тропосфере в исходном ЭСП с изменениями давления у поверхности земли в следующем ЭСП. Установлено, что области адвекции тепла в исходном ЭСП хорошо совпадают с областями падения давления в последующем ЭСП. Соответственно области адвекции холода совпадают с областями роста давления;

3) зависимость эволюции барических систем в следующем ЭСП от соотношения изменений давления в тропосфере и у поверхности земли в исходном ЭСП. Показано, что характер эволюции барических образований, наметившийся в исходном ЭСП, сохраняется, как правило, и в следующем ЭСП;

4) связь адвекции и сходимости (расходимости) воздушных потоков в тропосфере в исходном ЭСП с изменениями приземного давления в следующем ЭСП. Установлено, что

одновременно сочетание в исходном ЭСП адвекции тепла (холода) и расходимости (сходимости) потоков в тропосфере в большинстве случаев совпадает с падением (ростом) наземного давления в следующем ЭСП;

5) связь адвекции воздушных масс в тропосфере и изменения наземного давления в исходном ЭСП с характером высотного барического поля в следующем ЭСП. В тех случаях, когда росту (падению) наземного давления соответствует в тропосфере адвекция тепла (холода), в следующем ЭСП происходит формирование высотного гребня (ложбины) или усиление уже имеющегося гребня (ложбины). В тех случаях, когда росту (падению) наземного давления соответствует в тропосфере адвекция холода (тепла), высотное поле (AT_{500}) в последующем ЭСП изменится мало.

Окончательный вывод о тенденции процесса на ближайшие 3 суток делается после составления предварительного прогноза высотного барического поля (AT_{500}) и после знакомства с расчетным прогнозом среднего наземного давления на 4 суток. Последний строится путем осреднения прогнозов ежедневного поля давления, составленных на каждый из пяти дней физико-статистическим методом на основе использования эмпирических функций влияния.

Для построения высотной карты (схемы) используется зависимость изменений характера высотного поля от исходного ЭСП к последующему со знаком адвекции тепла и холода в тропосфере, закономерностей разворота гребней и ложбин, а также показателей на карте отношений $\Delta p_0 / \Delta H_{500}$ за исходный ЭСП. Эта схема увязывается с прогностической схемой приземного давления, в дальнейшем уточняется по гомологам и используется для определения направления перемещения основных барических систем и прогноза усиления ветра в Арктике.

По уточненной прогностической схеме приземного давления определяется ожидаемый тип процесса в Арктике и окончательно намечаются траектории основных барических образований с учетом данных о вероятных их перемещениях или прогностическом типе.

На четвертом этапе, используя полученные по третьему этапу прогностические схемы (приземную и высотную) процессов на 3—4 суток, из предварительно отобранных по второму этапу вариантов гомологов выбирается тот, который наиболее близко совпадает по характеру процессов в первом ЭСП с указанными схемами, а в последующих двух ЭСП — с данными вероятной локализации барических полей после исходного типа в связи с макропреобразованиями. Эти гомологи просматриваются по предшествующей, исходной и последующей истории по ежедневным картам наземного давления, AT_{500} и OT_{1000}^{500} и сопоставляются с фактическими текущими процессами также по ежедневным данным.

Окончательно отобранные гомологи осредняются по картам ЭСП. При этом строится одна (если прогноз составляется на 3—4 суток) или две (если прогноз составляется на 8—10 суток) последовательные прогностические карты распределения давления. В осреднение этих карт входят по одному-два ЭСП от каждого гомолога. При построении прогностической карты на 3 суток учитываются как гомологи, так и численный прогноз поля давления на 4—5 суток и фактическая карта давления за имеющийся последний синоптический срок исходного дня.

На основании построенной карты среднего давления окончательно определяется ожидаемый тип процесса в Арктике и ожидаемая форма циркуляции на ближайшие 3—4 суток. По окончательно отобранным гомологам уточняется прогностическая высотная схема поля АТ₅₀₀.

Продолжительность действия каждой из прогностических схем определяется как среднее число дней из суммы дней в гомологах, вошедших в подсчет данной карты. На каждую из них наносятся наиболее вероятные траектории основных барических образований за соответствующий промежуток времени. Для этой цели используются исходная синоптическая карта, карта типового положения, прогностическая схема на 3 суток (наземная и высотная), данные вероятностей перемещения барических систем при прогностическом типе процесса и гомологи.

На пятом этапе, пользуясь прогнозом синоптического положения и данными фактического направления ветра в Арктике по отдельным ее районам, делается предварительное заключение о преобладающем ветре в течение прогнозируемого периода. Полученное представление далее контролируется, сопоставляется и согласуется с данными по гомологам типовыми и климатологическими характеристиками, с данными прогноза ветра большой заблаговременности, а также учитываются проработки и статистические данные, касающиеся возможности возникновения сильного ветра.

Сопоставляя эти данные с данными ветра по прогностическому барическому полю, окончательно составляется прогноз направления ветра. При этом в качестве прогностического берется преобладающее направление, указывается также — второе по повторяемости направление.

При прогнозе температуры воздуха используются характеристики из тех же источников. Для учета сезонности температура воздуха по гомологам выражается в аномалиях по отношению к норме. Помимо преобладающей температуры, в прогнозе указываются также экстремальные ее значения. Они даются пока что только на основе гомологов и учета фактической и прогностической обстановки.

На шестом этапе производится оформление прогноза. Терминология и формулировка прогнозов на 3 и 8—10 суток для Арктики, а также описание отдельных районов, по кото-

рым составляются прогнозы, изложены в «Руководстве по формулировке и оценке оправдываемости прогнозов погоды на 3 и 8—10 суток для Арктики».

Положенные в основу макроциркуляционного метода принципы и установленные в связи с ними зависимости развития синоптических процессов в Арктике позволяют сделать заключение о будущем характере развития процессов и режима погоды на ближайшие 3—10 суток.

Практика оперативного использования этого метода показывает, что как трехсуточные прогнозы, так и 8—10-суточные по оправдываемости значительно превышают инерционные и климатологические прогнозы на такие же отрезки времени. Вместе с тем все возрастающие запросы практики требуют повышения успешности этих прогнозов. Поэтому в ААНИИ ведутся исследования по дальнейшему совершенствованию метода, особенно в задаче предсказания экстремальных значений метеоэлементов, а также детализации хода метеоэлементов по суткам. Сближение макроциркуляционного и гидродинамического методов является, по-видимому, одним из путей существенного прогресса в долгосрочном прогнозировании для полярных районов.

Задание 6.1. Диагноз форм атмосферной циркуляции, по Г. Я. Вангенгейму

Установленные Г. Я. Вангенгеймом 26 типов ЭСП (см. 2.1.2) были им обобщены в трех группах ЭСП, названных макропроцессами западной (W), восточной (E) и меридиональной (C) форм. Такое обобщение было выполнено на основе следующих критериев аналогичности: 1) сходства типовых ЭСП (из 26 типов) по направлению перемещения наземных барических образований и изаллобарических очагов в умеренной зоне е.с. района; 2) аналогичности направления ведущего потока в толще тропосферы; 3) сходства направления барических и термических градиентов; 4) распределения аномалий наземного давления и температуры.

Формы W, E, C отражают ряд важнейших особенностей атмосферной циркуляции. Они, в частности, косвенно учитывают характер длинных термобарических волн в толще тропосферы (через траектории барических образований и направление барических и термических градиентов). Последние являются важнейшей комплексной характеристикой общей циркуляции атмосферы, отражающей основные действующие факторы и параметры, их характеризующие.

При процессах форм W в толще тропосферы наблюдаются волны малой амплитуды, быстро смещающиеся с запада на восток. Градиенты давления и температуры в среднем направлены с юга на север, что обеспечивает повышенную интенсив-

ность зональных составляющих циркуляции и ослабленный междущиротный обмен воздухом.

Процессы форм Е и С являются двумя видами меридионального состояния атмосферы, в толще тропосферы отмечается чередование теплых гребней и холодных ложбин (стационарные волны большой амплитуды). Поэтому здесь градиенты давления и температуры направлены в основном вдоль широтных кругов, что поддерживает интенсивный меридиональный обмен воздухом и ослабление интенсивности зональной циркуляции.

В Атлантико-Европейском секторе процессам формы С соответствует развитие высотного гребня на востоке океана и в Западной Европе и развитие ложбины над ЕТС. Для процессов формы Е характерно противоположное размещение гребней и ложбин не только в указанном секторе но и по всему полушарию. Поскольку с положением высотных гребней и ложбин связано состояние центров действия атмосферы и режим погоды на больших географических пространствах, то это дает основание полагать, что процессы форм Е и С являются принципиально отличными формами меридионального состояния атмосферы.

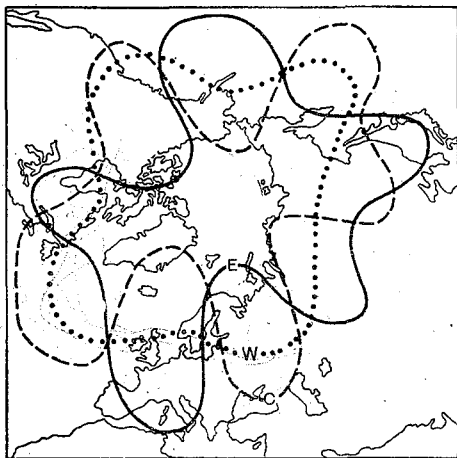


Рис. 6.1 Положение высотных гребней и ложбин при различных формах атмосферной циркуляции. AT_{500} .

Географическая локализация основных гребней и ложбин на карте AT_{500} при процессах трех форм схематично представлена на рис. 6.1. При построении этой схемы учитывались положение и интенсивность ПВФЗ и струйных течений. Поэтому типовые изогипсы AT_{500} дают не только направление ведущего потока, но и указывают районы наиболее активной циклонической деятельности.

Траектории наземных барических образований и изаллобарических очагов определяются в основном направлением ведущего потока, т. е. характером длинных термобарических волн в толще тропосферы. Так, например, траектории циклонов, свойственные процессам формы W, в основном расположены зонально; при процессах форм Е и С циклоны смещаются на северо-восток в западной части высотных гребней (восточной части высотных ложбин) и на юго-восток в восточной части высотных гребней (западные части высотных ложбин).

Распределение аномалий наземного давления, температуры и осадков согласуется с локализацией и ориентацией высотных гребней и ложбин, с адвекцией, вергенцией и вертикальными перемещениями воздуха. Так, над восточными частями высотных гребней и западными частями высотных ложбин у земли формируются области положительных аномалий температуры и дефицита осадков, над западными частями высотных гребней и восточными частями высотных ложбин у земли формируются области отрицательных аномалий давления, положительных аномалий температуры и избытка осадков.

Содержание задания. Выполнить диагноз форм атмосферной циркуляции по Г. Я. Вангенгейму.

Исходные материалы. Ежедневные синоптические карты, карты AT_{500} , а также сборные карты ПВФЗ по е. с. периодам за 6—19 февраля 1974 г., построенные при выполнении задания 2.1.1, сборно-кинематические карты ЭСП и карты AT_{500} , OT_{1000}^{500} за этот же период, построенные и используемые при выполнении задания 2.1.2.

Рекомендации по выполнению задания. Ознакомьтесь с типовыми характеристиками форм атмосферной циркуляции. При чтении пояснения к заданию обратите особое внимание на отличительные особенности каждой формы циркуляции, которые можно обнаружить по имеющемуся в распоряжении материалу.

Определение форм циркуляции и ЭСП производится путем сопоставления фактического положения основных барических образований и их кинематических характеристик с типовым для каждой формы циркуляции. При составлении высотных барических полей используется схема положения основных высотных гребней и ложбин для форм W, C и E по рис. 6.1. Выявить районы, в которых при смене формы циркуляции произошли существенные изменения макропогоды.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 6.1

1. Перечислите общие принципы, положенные в основу метода ААНИИ.
2. Дайте краткую характеристику форм атмосферной циркуляции.
3. Перечислите принципы установления форм атмосферной циркуляции.
4. Как и для чего строятся интегральные кривые аномалий давления воздуха?
5. Как учитывается крупномасштабный фон циркуляции при изучении процессов в Арктике?
6. Дайте краткую характеристику типовых атмосферных процессов в Арктике.
7. Какие закономерности используются при разработке оперативных прогнозов по Арктике?
8. Какие черты будущих процессов и погоды в Арктике можно определить на основе использования этих закономерностей?
9. Перечислите основные этапы составления оперативного прогноза по Арктике.

10. Раскройте содержание каждого этапа.
11. Что понимается под закономерностями «малых» преобразований форм атмосферной циркуляции?
12. Что понимается под закономерностями макропреобразований форм атмосферной циркуляции?
13. На основе каких связей предсказываются крупные черты будущих процессов в Арктике?
14. Как проводится предварительный подбор гомологов?
15. Как используются подобранные гомологи?
16. Как предсказываются траектории основных барических образований в Арктике?
17. Как используется численный прогноз поля давления по Арктике на 4—5 суток?
18. Как строятся прогностические карты распределения давления на предстоящие один и два ЭСП?
19. На основе каких материалов уточняется прогностическая высотная схема барического поля AT_{500} ?
20. Как определяется продолжительность действия каждой из прогностических схем?
21. На основе каких материалов дается прогноз преобладающего ветра в течение прогнозируемого периода?
22. На основе каких материалов дается прогноз температуры воздуха в течение прогнозируемого периода?
23. Как учитывается сезонный ход температуры воздуха?
24. Как проводится оформление прогноза?
25. В каких направлениях ведутся исследования в ААНИИ по дальнейшему совершенствованию метода прогноза на 3—10 суток по Арктике?

Лабораторная работа 6.2

Основы синоптико-гидродинамико-статистического метода Гидрометцентра СССР прогноза температуры и осадков на 5—10 суток

В настоящее время в оперативной практике Гидрометцентра СССР применяется комплексный синоптико-гидродинамико-статистический метод прогноза метеорологических элементов на 3—10 суток. Этот метод используется для прогноза температуры на 5 и 10 суток и пятидневных сумм осадков по Атлантико-Евразийскому сектору полушария. Примеры таких прогнозов представлены на рис. 4.15 и 4.16.

В основу комплексного метода положена гипотеза о том, что крупномасштабные особенности циркуляции, которые определяют перемещение тепла и влаги в тропосфере, во многом характеризуют поля температуры и осадков.

Для оценки связи полей температуры и осадков с крупномасштабными характеристиками циркуляции первоначально реализуется диагностическая задача. При этом для поля температуры в качестве предиктантов используются средние аномалии температуры на 36 станциях первой и второй пентад раздельно, для поля осадков — пятидневные суммы осадков, осредненные по 36 площадкам географической сетки (трапеции со

сторонами 5° широты и 10° долготы). В качестве главных предикторов используются коэффициенты разложения по естественным ортогональным функциям однотипных выборок фактических полей AT_{500} над Атлантико-Евразийским сектором полушария (каждое из них представляется 36 значениями) за средние дни соответствующих пентад.

Главная особенность нового подхода состоит в численном синтезе современных достижений гидродинамического, статистического и синоптического методов анализа и прогноза погоды.

Вклад гидродинамического метода прогноза в комплексном подходе заключается в том, что при оперативном прогнозировании в качестве важнейших предикторов используются характеристики не прошлых, а будущих барических полей, рассчитываемых по гидродинамическим схемам прогноза. При этом комплексный метод предусматривает использование в качестве характеристик как одного, так и нескольких прогностических полей давления (геопотенциала) или других метеоэлементов. В первом случае расчет прогностических значений метеоэлемента выполняется по формуле

$$Q_{kr} = \bar{Q}_k + \sum_{h=1}^H A_{hk} T_{hr} (H_z)_r, \quad (1)$$

а во втором — по формуле

$$Q_{kr} = \bar{Q}_k + \sum_{h_1=1}^{H_1} A_{h_1 k} T_{h_1 r} (H_z)_r + \sum_{h_2=1}^{H_2} A_{h_2 k} T_{h_2} (H_z)_i + \\ + \sum_{h_3=1}^{H_3} A_{h_3 k} T_{h_3} (Q)_i, \quad (2)$$

где Q_{kr} — прогнозируемое значение метеоэлемента в точке k на срок r , $\bar{Q}_k$ — среднее для данной выборки значение этого элемента в точке k или по площади, A_{hk} — эмпирическая функция влияния, T_{hr} — коэффициенты разложения гидродинамического прогностического циркуляционного поля.

Каждый из блоков в правой части уравнения (1) или (2) описывает гидродинамическое прогностическое поле давления (геопотенциала), или прогнозируемого элемента, позволяющего учесть тенденцию изменения процесса.

Вклад статистического метода сводится к тому, что крупномасштабные особенности гидродинамического прогностического поля циркуляции, используемые для расчетов в качестве предикторов, представляются с помощью аппарата естественных ортогональных функций (ЕОФ). Разложение поля циркуляции по ЕОФ позволяет с помощью небольшого числа независимых параметров представить это поле с заранее заданной точностью, т. е. существенно сократить число предикторов без потери информации. Понятно, что точность представления исходного поля-

предиктора убывает при сокращении числа членов разложения (h).

При использовании нескольких полей предикторов ЭВМ «выбирает» по заданному критерию точности оптимальное число коэффициентов для каждого из них. Затем в целях уплотнения информации совокупность коэффициентов для используемых полей вновь раскладывается по ЕОФ и представляет их оптимальным числом новых коэффициентов.

В этом случае прогностическая зависимость имеет следующий вид:

$$Q_{hr} = \bar{Q}_h + \sum_{h=1}^H Q_{h_k} L_h(T_{h_1}, T_{h_2} \dots). \quad (3)$$

Зависимость (3) по структуре аналогична зависимости (1). Однако в (3) представлены коэффициенты разложения по ЕОФ не самых первичных полей, а их коэффициентов T_{h_1} , T_{h_2} и т. д.

Вклад синоптического метода в комплексный подход проявляется в процедуре нахождения эмпирических функций влияния A_h в формулах (1) и (2) или Q_{h_k} в формуле (3). Процедура нахождения функций влияния в данном методе является весьма существенной и выполняется следующим образом.

С помощью индексов зональной (I_z) и меридиональной (I_m) циркуляций формируются однотипные выборки из истории фактических значений прогнозируемого элемента и соответствующих им прогностических (или фактических) полей давления. В каждом сезоне таких выборок пять — одна для зональных и четыре для меридиональных (З, Ц, В, С) процессов с разной локализацией высотных гребней и ложбин. Существенно при этом, что форма циркуляции устанавливается не на исходный день, а на период действия прогноза. Поля давления в этих выборках представляются временными коэффициентами, функции влияния находятся путем решения систем линейных уравнений.

Опыт оперативной работы показал, что функции влияния, найденные по однотипным выборкам в одноименных сезонах, обладают устойчивостью и наибольшей эффективностью. Устойчивость статистических зависимостей достигается постоянным обновлением исходной выборки данных путем включения информации, непосредственно примыкающей к периоду прогноза.

Оперативный прогноз по комплексному методу получается на основе реализации следующих основных этапов:

1. Устанавливается тип процесса на период действия прогноза. Эта операция выполняется по данным гидродинамического прогноза на основе расчета индексов зональной и меридиональной циркуляции.

2. Определяются временные коэффициенты T_{hr} . Это выполняется на ЭВМ с помощью разложения на ЕОФ данных гидродинамического прогноза АТ₅₀₀ в 36 стандартных точках Евразии.

3. Находятся функции влияния. Они рассчитываются на ЭВМ по соответствующим установленному типу выборки фактическим полям циркуляции, полям начального состояния и соответствующим им значениям прогнозируемого элемента (для каждого типа циркуляции функции влияния найдены заранее).

4. Рассчитываются прогнозируемые значения метеоэлемента в заданной сети точек, для чего используются найденные на втором и третьем этапах соответственно T_{hr} и функции влияния.

В настоящее время в оперативную практику внедрено несколько схем гидродинамического прогноза циркуляции с удовлетворительной обеспеченностью на срок лишь до 72 часов. Тем не менее некоторые статистические свойства метеорологических полей позволяют использовать такие прогнозы для разработки комплексных методов прогноза не только на 3, но и на 5 и даже 10 суток. Известно, например, что карта AT_{500} для срединного дня пентады с коэффициентом корреляции 0,92 отражает карту средних значений AT_{500} за всю пентаду. Коэффициент корреляции между аномалией температуры срединного дня пентады и всей пентады равен 0,80, а между аномалией температуры первой пентады и всей декады в целом превышает 0,90.

Как уже указывалось, описанный алгоритм реализован в настоящее время для прогноза средней температуры на 5 и 10 суток и для прогноза пятидневных сумм осадков. При этом в расчетной формуле для прогноза осадков в качестве предикторов участвует только одно гидродинамическое прогностическое поле AT_{500} на 72 часа, тогда как в расчетной формуле для прогноза температуры используется также начальное поле температуры. Практика оперативного составления прогнозов температуры и осадков показала, что этот способ дает устойчивые удовлетворительные результаты.

Однако в ряде случаев прогнозы средней температуры на декаду оказываются недостаточно эффективными. Это случаи резких отличий температурного режима второй половины декады от средней за декаду либо от режима первой ее половины. Они связаны с резкими изменениями циркуляции за пределами действия прогностической карты AT_{500} на 72 часа. Чаще всего это бывает во второй половине декады.

Такие резкие противоположные особенности термического режима возникают тогда, когда циркуляция с западным положением высотного гребня (форма 3) в одной пентаде сменяется противоположной ей меридиональной формой с восточным положением высотного гребня (форма В) в следующей пентаде. Аналогичное положение возникает, когда процессы с центральным положением гребня (форма Ц) в одной пентаде сменяются противоположными процессами с ложбиной (форма С).

Коэффициенты корреляции между средними пентадными аномалиями температуры в смежных пентадных достигают вес-

ной —0,70 и —0,75. При всех остальных переходах такой резкой смены не отмечается. Анализ подобных переходов для смежных пентад всех сезонов показал, что они встречаются в 10—15 % случаев. Поэтому они не очень снижают в общем высокую успешность прогноза средней температуры на декаду. Тем не менее необходимость своевременного прогноза таких неоднородных декад очевидна.

При отсутствии гидродинамического прогноза циркуляции на 6—8 суток одним из путей предвидения некоторых изменений тенденции от первой ко второй пентаде может служить проводимый в настоящее время поиск решения задачи прогноза температуры отдельно на первую и вторую пентады на основе учета данных циркуляции в стратосфере и состояния подстилающей поверхности, прежде всего океанической.

Исследуются также возможности дальнейшего усовершенствования схемы прогноза осадков на 5 суток путем введения в расчетную схему начальных условий температуры, осадков и прогностического поля вертикальных токов на 72 часа.

Задание 6.2. Оценка оправдываемости прогнозов аномалий температуры воздуха и осадков на 5 суток

Содержание задания. Произвести оценку оправдываемости прогнозов аномалий температуры воздуха и осадков на 5 суток, представленных на рис. 4.14 и 4.15. Определить эффективность этих прогнозов по отношению к климатологическому и инерционному прогнозам.

Исходные материалы. Прогностические поля аномалий температуры (см. рис. 4.13) и осадков (см. рис. 4.14), а также таблицы фактических значений аномалий температуры на 36 станциях за период с 27 февраля по 1 декабря 1974 г. и пятидневных сумм осадков, осредненных по 36 районам (приложение IV, V).

Рекомендации по выполнению задания. Задание выполняется в соответствии с пояснениями к лабораторной работе 3 и заданию 3.2.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 6.2

1. Какая гипотеза положена в основу комплексного метода Гидрометцентра СССР прогноза температуры и осадков на 5 и 10 суток?
2. Как оценивается связь температуры и осадков с крупномасштабными характеристиками циркуляции?
3. Какие характеристики циркуляции используются в качестве главных предикторов?
4. На каких научных основах базируется комплексный метод Гидрометцентра СССР?
5. В чем состоит вклад гидродинамического подхода в комплексный метод?

6. В чем состоит вклад статистического подхода в комплексный метод?
7. В чем состоит вклад синоптического подхода в комплексный метод?
8. Как учитывается тенденция изменения процесса в комплексном методе?
9. Как выполняется процедура нахождения функций влияния в комплексном методе?
10. Как достигается устойчивость статистических зависимостей?
11. Перечислите основные этапы составления оперативного прогноза по комплексному методу.
12. Раскройте содержание каждого этапа.
13. Какие статистические свойства метеорологических полей используются при разработке комплексного метода?
14. В каких случаях комплексный метод оказывается недостаточно эффективным?
15. В каких направлениях ведутся исследования по дальнейшему совершенствованию комплексного метода Гидрометцентра СССР?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Блюмина Л. И. Учебный атлас синоптических карт.— Л.: Гидрометеоздат, 1949.

Воробьев В. И. Долгосрочные прогнозы погоды.— Л., ВИКИ им. А. Ф. Можайского, 1977.— 252 с.

Гирс А. А., Кондратович К. В. Методы долгосрочных прогнозов погоды.— Л.: Гидрометеоздат, 1978.— 343 с.

Наставление по службе прогнозов. Разд. 2. Служба метеорологических прогнозов. Ч. 3—5.— М.: Гидрометеоздат, 1978.— 55 с.

Руководство по долгосрочным прогнозам погоды на 3—10 дней. Ч. 1 и 2.— Л.: Гидрометеоздат, 1968.— 351 и 325 с.

Руководство по формулировке и оправдываемости прогнозов погоды на 3 и 8—10 суток для Арктики. Л., 1972.

Учебный синоптический атлас. Под ред. Х. П. Погосяна.— Л.: Гидрометеоздат, 1962.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Даты начала естественных синоптических периодов в I естественном синоптическом районе. Холодное полугодие 1970—1975 гг.

Начало е. с. периода	Начало е. с. периода	Начало е. с. периода	Начало е. с. периода	Начало е. с. периода	Начало е. с. периода
2 I 1970 г.	4 I 1971 г.	1 I 1972 г.	4 I 1973 г.	2 I 1974 г.	5 I 1975 г.
8	11	6	11	7	10
14	15	11	23	15	14
18	20	15	29	21	18
24	25	19	3 II	28	23
28	1 II	25	7	1 II	27
3 II	7	30	12	6	2 II
7	12	4 II	16	11	6
13	16	9	20	16	10
17	22	13	21	20	15
22	27	20	27	26	21
27	5 III	25	5 III	4 III	25
3 III	10	1	9	10	1 III
7	14	6	15	14	7
13	20	10	19	18	11
18	25—29 III	14	23	22	15
23	3 X	21	28—31 III	27—31 III	19
30 III—3 IV	7	27—31 III	2 X	3 X	23
3 X	12	2 X	8	10	28 III—3 IV
7	17	6	14	17	1 X
11	23	12	19	25	7
16	27	16	24	31	13
21	1 XI	22	30	4 XI	20
26	6	27	5 XI	9	25
31	10	7	10	15	31
6 XI	14	13	14	20	4 XI
12	19	20 XI	20	24	10
16	23	24	25	28	16
21	28	28	3 XII	3 XII	22
26	3 XII	2 XII	9	1	26
(1) XII	8	6	14	9	(1) XII
(6)	14	10	18	14	(6)
(11)	19	15	22	18	(11)
(15)	23	19	24	22	(15)
(21)	28	30	31	27 XII 1974 г.	(21)
(26)					(26)
(30)					(30)
					29 XII 1975—
					3 I 1976 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ II

Перевод суммарного градиента (дам) в индексы (дам/1° экв.)

Градиент	Широта, ° с. ш.			Градиент	Широта, ° с. ш.		
	52	68	35—52,5		52	68	52—70
1	2	3	4	1	2	3	4
10	0,135	0,192	2,227	36	0,486	0,691	0,817
11	0,148	0,211	0,250	37	0,500	0,710	0,840
12	0,162	0,230	0,272	38	0,513	0,730	0,863
13	0,176	0,250	0,295	39	0,526	0,749	0,885
14	0,189	0,269	0,318	40	0,540	0,768	0,908
15	0,202	0,288	0,340	41	0,554	0,778	0,931
16	0,216	0,307	0,363	42	0,567	0,806	0,953
17	0,230	0,326	0,386	43	0,580	0,826	0,976
18	0,243	0,346	0,409	44	0,594	0,845	0,999
19	0,256	0,365	0,431	45	0,608	0,864	1,022
20	0,270	0,384	0,454	46	0,621	0,883	1,044
21	0,284	0,403	0,477	47	0,634	0,902	1,067
22	0,297	0,422	0,499	48	0,648	0,922	1,090
23	0,310	0,442	0,522	49	0,662	0,941	1,112
24	0,324	0,461	0,545	50	0,675	0,960	1,135
25	0,338	0,480	0,568	51	0,688	0,979	1,158
26	0,351	0,499	0,590	52	0,702	0,998	1,180
27	0,364	0,518	0,613	53	0,716	1,018	1,203
28	0,378	0,538	0,636	54	0,729	1,037	1,226
29	0,392	0,557	0,658	55	0,742	1,065	1,248
30	0,405	0,576	0,681	56	0,756	1,075	1,271
31	0,418	0,595	0,704	57	0,770	1,094	1,294
32	0,432	0,614	0,726	58	0,783	1,114	1,317
33	0,446	0,634	0,749	59	0,796	1,133	1,339
34	0,459	0,653	0,772	60	0,810	1,152	1,362
35	0,472	0,672	0,794	61	0,824	1,171	1,385

Градиент	Широта, ° с. ш.			Градиент	Широта, ° с. ш.		
	52	68	35—52,5		52	68	52—70
1	2	3	4	1	2	3	4
62	0,837	0,190	1,407	90	1,215	1,728	2,043
63	0,850	1,210	1,430	91	1,228	1,747	2,066
64	0,864	1,229	1,453	92	1,242	1,766	2,088
65	0,878	1,248	1,476	93	1,256	1,786	2,111
66	0,891	1,267	1,498	94	1,269	1,805	2,134
67	0,904	1,286	1,521	95	1,282	1,824	2,156
68	0,918	1,306	1,544	96	1,296	1,843	2,179
69	0,932	1,325	1,566	97	1,310	1,862	2,202
70	0,945	1,344	1,589	98	1,323	1,882	2,224
71	0,958	1,363	1,612	99	1,336	1,901	2,247
72	0,972	1,382	1,634	100	1,350	1,920	2,270
73	0,968	1,402	1,657	101	1,364	1,939	2,293
74	0,999	1,421	1,680	102	1,377	1,958	2,315
75	1,012	1,440	1,702	103	1,390	1,978	2,338
76	1,026	1,459	1,725	104	1,404	1,997	2,361
77	1,040	1,478	1,748	105	1,418	2,016	2,384
78	1,053	1,498	1,771	106	1,431	2,035	2,406
79	1,066	1,517	1,793	107	1,444	2,054	2,429
80	1,080	1,536	1,816	108	1,458	2,074	2,452
81	1,094	1,555	1,839	109	1,472	2,093	2,474
82	1,107	1,574	1,861	110	1,485	2,112	2,497
83	1,120	1,594	1,884	111	1,498	2,131	2,520
84	1,134	1,613	1,907	112	1,512	2,150	2,542
85	1,148	1,632	1,930	113	1,526	2,170	2,565
86	1,161	1,651	1,952	114	1,539	2,189	2,588
87	1,174	1,670	1,975	115	1,552	2,208	2,610
88	1,188	1,690	1,998	116	1,566	2,227	2,633
89	1,202	1,701	2,020	117	1,580	2,246	2,656

ПРИЛОЖЕНИЕ III

Многолетние нормы ежедневных значений ОТ $\frac{500}{1000}$ для 94 пунктов
 естественного синоптического района. Ноябрь—декабрь и февраль—март 1974 г.
 (схему расположения пунктов см. на карте)

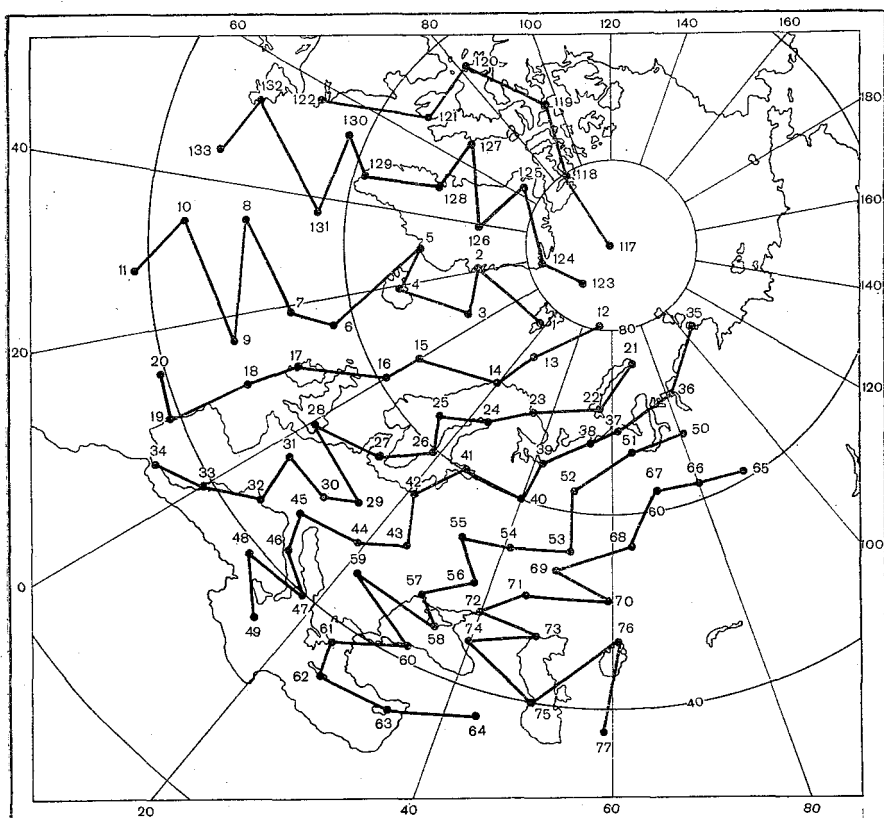


Схема расположения пунктов, для которых приведены нормы ежедневных аномалий ОТ $\frac{500}{1000}$.

№ п/п	Ноябрь						Декабрь		
	12—14	15—17	18—20	21—23	24—26	27—29	30—2	3—5	6—8
1	515	515	514	513	512	512	511	511	510
2	515	514	513	513	512	511	510	510	508
3	522	521	520	520	519	518	518	518	517
4	529	528	528	528	527	527	526	526	525
5	522	522	521	521	520	520	520	519	518
6	536	536	535	535	535	534	533	533	533
7	541	541	540	539	538	538	536	535	534
8	543	542	541	541	540	540	540	539	538
9	549	548	547	547	546	546	545	545	545

№ п/п	Ноябрь						Декабрь		
	12—14	15—17	18—20	21—23	24—26	27—29	30—2	3—5	6—8
10	552	551	551	551	550	550	549	549	548
11	552	552	552	552	551	551	550	550	549
12	511	510	510	509	508	508	507	507	506
13	509	508	508	508	508	508	509	509	510
14	526	525	525	524	523	523	522	522	521
15	528	528	527	526	526	526	525	525	525
16	535	535	534	534	534	533	533	533	532
17	542	541	541	540	540	539	539	539	538
18	548	548	547	547	546	546	546	545	545
19	554	554	553	553	552	551	551	550	550
20	555	554	554	554	553	553	553	552	552
21	512	511	510	510	508	508	507	507	506
22	519	518	517	517	516	515	515	514	513
23	524	523	523	522	522	521	521	520	520
24	526	526	525	525	524	523	523	523	522
25	530	529	529	528	528	527	527	526	526
26	532	531	530	530	530	529	528	528	527
27	539	538	537	536	536	536	535	535	534
28	540	540	539	538	537	537	537	536	536
29	539	538	537	537	537	536	535	535	535
30	540	539	538	538	537	537	536	536	535
31	544	543	543	542	542	541	541	540	540
32	547	546	545	545	544	543	543	542	542
33	551	550	549	549	548	548	548	547	546
34	554	554	553	553	552	552	552	551	550
35	502	501	501	501	500	500	499	499	498
36	508	507	507	506	506	506	505	505	505
37	517	516	516	515	514	514	513	512	511
38	521	520	519	518	518	517	516	515	515
39	526	525	525	524	524	523	523	522	521
40	530	530	529	529	528	528	527	527	526
41	532	532	531	531	530	530	529	529	528
42	538	537	536	536	535	534	534	533	533
43	539	539	538	538	538	537	537	537	536
44	541	541	540	540	539	539	538	538	537
45	544	543	542	541	541	540	540	539	539
46	548	548	547	546	546	545	544	543	543
47	549	548	547	546	546	545	545	544	544
48	550	550	549	548	548	547	546	545	545
49	554	553	553	552	551	550	550	549	549
50	508	507	505	504	504	503	503	503	502
51	517	516	515	514	513	513	512	511	511
52	525	524	523	523	522	522	521	520	520
53	530	529	529	528	527	527	527	526	526
54	532	531	530	530	529	528	528	527	527
55	535	534	534	534	533	533	532	532	531
56	538	538	537	537	537	536	536	536	535
57	542	542	542	541	540	540	540	539	539
58	545	545	544	544	543	543	542	542	541
59	544	544	543	543	542	541	541	540	539
60	547	546	545	545	545	544	544	543	543
61	549	549	548	548	547	547	546	546	545

№ п/п	Ноябрь						Декабрь		
	12—14	15—17	18—20	21—23	24—26	27—29	30—2	3—5	6—8
62	553	553	552	551	551	551	550	549	549
63	555	554	554	553	552	551	551	550	550
64	554	553	552	551	551	550	549	549	548
65	513	511	510	510	509	508	507	507	506
66	516	515	514	514	513	513	512	512	512
67	519	519	518	518	517	517	516	516	516
68	526	525	525	525	524	523	523	522	522
69	531	530	530	530	529	528	528	528	527
70	533	533	532	532	531	530	528	528	529
71	535	534	534	533	533	533	532	531	530
72	540	540	540	539	539	538	538	538	537
73	541	540	540	539	539	538	537	537	536
74	547	547	546	546	545	545	544	543	543
75	549	548	547	546	546	545	544	543	543
76	537	536	535	534	533	532	532	531	530
77	549	548	547	546	545	544	544	543	542
117	512	511	510	510	508	508	507	506	505
118	507	506	506	505	504	503	502	502	501
119	505	504	502	502	501	500	499	498	497
120	510	510	509	508	507	506	505	504	503
121	513	512	511	511	510	509	508	507	507
122	525	524	523	522	521	521	520	519	518
123	510	510	509	509	508	508	507	507	506
124	512	511	511	510	510	509	508	508	507
125	509	508	507	506	505	505	504	503	503
126	515	514	513	512	512	512	511	510	509
127	510	510	509	509	508	507	506	506	505
128	517	516	515	515	514	513	512	511	511
129	523	523	522	522	522	521	520	520	520
130	527	526	525	525	524	524	523	522	522
131	538	537	537	537	536	536	535	534	534
132	539	538	537	537	536	536	534	533	533
133	544	544	543	543	543	542	541	541	541

№ п/п	Февраль					Март						
	6—9	9—11	12—14	15—17	18—20	8—10	11—13	14—16	17—19	20—22	23—25	26—28
1	505	505	505	505	505	506	507	507	507	507	508	508
2	504	504	504	504	504	505	506	507	507	507	507	507
3	515	515	515	515	515	514	514	514	514	514	514	514
4	522	523	523	523	523	524	524	524	524	523	523	523
5	516	517	517	517	517	518	518	517	517	516	516	515
6	532	532	532	533	533	535	535	535	535	535	534	534
7	536	536	536	536	537	537	537	537	536	536	536	536
8	534	534	534	534	534	537	537	537	537	538	538	538
9	540	540	540	540	540	540	541	541	542	542	542	543
10	540	540	540	541	541	544	544	544	545	545	546	546

№ п/п	Февраль					Март							
	6-9	9-11	12-14	15-17	18-20	8-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-25	26-28	
11	545	545	545	545	546	548	548	548	548	549	549	549	
12	502	503	503	503	504	504	504	504	504	504	504	505	
13	511	511	511	512	512	511	511	512	512	512	513	513	
14	517	517	517	517	518	518	518	519	519	519	520	520	
15	522	522	522	522	522	522	522	522	523	523	523	523	
16	528	528	528	529	528	529	529	530	530	530	530	530	
17	540	540	540	540	540	541	541	541	541	541	540	540	
18	542	542	542	542	542	544	544	544	544	544	544	544	
19	545	545	545	545	545	547	547	548	548	548	548	548	
20	547	547	547	547	547	550	550	550	551	551	552	552	
21	505	505	505	505	505	505	505	505	505	505	506	506	
22	508	509	509	510	510	509	509	509	510	510	510	511	
23	515	515	516	517	517	516	517	517	517	518	519	519	
24	517	517	517	517	518	518	519	519	519	520	520	521	
25	520	520	520	521	521	522	522	522	523	523	524	525	
26	523	523	523	523	523	523	524	524	525	525	526	527	
27	530	530	530	531	531	533	533	534	534	534	534	535	
28	532	532	532	532	532	534	535	535	535	536	536	537	
29	530	530	530	530	530	533	533	534	534	535	535	536	
30	532	532	532	533	533	536	536	537	537	538	538	539	
31	536	536	536	536	536	538	538	538	539	539	540	540	
32	538	538	538	538	538	540	540	541	541	542	542	543	
33	541	541	541	542	542	544	545	545	545	545	546	546	
34	547	547	547	548	548	549	549	549	549	550	550	550	
35	502	503	503	504	504	502	501	501	501	501	501	501	
36	507	507	508	508	507	502	502	502	502	503	504	504	
37	506	506	506	506	506	507	508	508	509	509	510	511	
38	510	510	510	510	510	511	511	511	512	512	512	513	
39	514	515	515	515	516	516	516	517	517	518	518	519	
40	518	518	518	518	518	520	520	520	522	523	524	525	
41	521	521	521	521	521	523	523	523	524	525	526	527	
42	527	527	527	527	527	529	529	530	531	532	532	533	
43	529	529	529	529	529	530	530	530	531	532	532	534	
44	530	530	530	530	530	532	533	533	534	535	536	537	
45	535	535	535	535	535	536	537	537	538	539	539	540	
46	538	538	538	538	538	539	540	540	540	541	542	542	
47	538	538	538	538	538	538	538	539	540	540	541	542	
48	539	539	539	539	539	542	542	543	543	544	544	545	
49	544	544	544	544	544	545	545	545	546	547	547	548	
50	502	502	502	502	502	505	505	505	506	507	507	508	
51	506	506	506	506	506	508	508	510	510	511	513	513	
52	513	513	513	513	513	516	516	517	518	519	519	520	
53	516	516	516	517	517	520	521	522	523	524	525	527	
54	521	521	521	521	521	522	522	524	525	527	528	529	
55	523	523	523	523	523	524	525	525	526	527	529	530	
56	525	525	525	526	526	528	529	530	530	530	532	533	
57	530	531	531	531	531	533	534	534	535	536	537	538	
58	533	533	533	533	533	533	534	535	536	537	538	539	
59	533	533	533	533	533	534	534	534	535	535	536	537	
60	535	535	535	535	535	537	537	537	538	539	540	540	
61	540	540	540	540	540	540	540	540	541	542	542	543	

№ п/п	Февраль					Март						
	6-9	9-11	12-14	15-17	18-20	8-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-25	26-28
62	544	544	544	544	544	544	544	544	544	545	546	547
63	543	543	543	543	543	544	544	545	545	545	547	547
64	540	540	540	540	541	544	544	546	547	547	548	548
65	504	504	504	504	504	507	508	509	510	512	513	514
66	507	507	507	507	508	512	514	515	515	517	518	519
67	509	509	509	510	510	514	514	515	516	517	518	519
68	514	514	514	514	515	519	519	521	522	523	525	527
69	516	516	516	516	516	520	522	522	524	525	526	527
70	520	520	520	520	520	523	524	525	526	527	527	529
71	520	520	520	520	520	523	524	525	527	528	529	531
72	526	526	526	527	527	530	531	531	532	533	535	536
73	527	527	527	527	527	530	531	531	532	533	534	535
74	533	533	533	533	533	535	536	537	538	538	539	541
75	534	534	534	535	535	538	539	540	541	542	542	543
76	525	525	525	525	526	529	530	530	531	532	533	534
77	538	538	538	539	539	542	542	543	544	545	545	546
117	497	497	497	497	497	499	500	501	501	502	502	503
118	493	493	493	492	492	494	495	496	497	497	498	499
119	489	489	489	489	489	496	497	497	498	500	501	502
120	493	494	494	495	496	500	501	503	504	504	505	506
121	495	495	496	496	497	501	502	502	503	504	504	505
122	508	508	508	509	509	514	515	516	517	518	519	519
123	501	502	502	502	502	502	502	502	502	502	503	503
124	501	501	501	501	501	502	502	502	503	503	503	504
125	494	493	492	492	492	494	495	495	497	498	499	499
126	499	498	498	498	498	501	502	503	504	504	505	505
127	492	492	492	492	492	495	497	498	499	500	501	502
128	499	499	498	498	498	500	500	500	500	501	501	502
129	513	513	513	513	513	514	514	515	516	516	516	517
130	512	512	512	512	513	517	517	518	519	520	520	521
131	528	528	528	528	529	531	532	532	532	532	533	533
132	523	522	522	522	522	525	526	527	528	529	529	530
133	534	533	533	533	533	535	535	536	537	537	538	539

ПРИЛОЖЕНИЕ IV

Фактические пятидневные аномалии температуры.
27 февраля—1 декабря 1974 г.

№ п/п	Станция	Аномалия температуры	№ п/п	Станция	Аномалия температуры
1	Варшава	0,8	19	Куйбышев	—3,7
2	Будапешт	0,0	20	Астрахань	—4,1
3	Мурманск	3,2	21	Березово	—2,0
4	Ленинград	3,9	22	Свердловск	—5,6
5	Рига	2,1	23	Актюбинск	—7,5
6	Минск	1,4	24	Аральское Море	—6,2
7	Киев	1,8	25	Ташауз	—1,3
8	Кишинев	—3,4	26	Сургут	—6,1
9	Архангельск	3,2	27	Омск	—11,1
10	Вологда	4,0	28	Караганда	—12,4
11	Москва	1,9	29	Алма-Ата	—4,0
12	Курск	—1,1	30	Игарка	—4,2
13	Ростов	—3,2	31	Подкаменная Тун- гуска	—5,1
14	Минеральные Во- ды	—3,7	32	Новосибирск	—11,2
15	Сухуми	—1,8	33	Семипалатинск	—12,3
16	Усть-Цильма	2,3	34	Тбилиси	—1,0
17	Сыктывкар	0,7	35	Кзыл-Орда	—6,1
18	Киров	1,0	36	Байран-Али	2,1

ПРИЛОЖЕНИЕ V

Фактические пятидневные суммы количества осадков.
27 февраля—1 декабря 1974 г.

Номер района	Коли- чество осадков	Номер района	Коли- чество осадков	Номер района	Коли- чество осадков	Номер района	Коли- чество осадков
1	11	10	8	19	13	28	9
2	7	11	6	20	8	29	12
3	5	12	5	21	4	30	8
4	4	13	3	22	2	31	4
5	4	14	2	23	0	32	1
6	5	15	5	24	0	33	0
7	8	16	6	25	1	34	0
8	9	17	9	26	5	35	0
9	10	18	12	27	8	36	3

Примечание. Нумерация районов проведена с запада на восток, на-
чиная с более высоких широт.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. СПОСОБЫ СХЕМАТИЗАЦИИ И ИЗУЧЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ МАКРОПРОЦЕССОВ	4
<i>Лабораторная работа 1. Отработка практических приемов схематизации и количественной оценки атмосферных макропроцессов</i>	4
2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ДОЛГОСРОЧНОЙ СИНОПТИКИ	20
<i>Лабораторная работа 2.1. Разбивка атмосферных макропроцессов на естественные синоптические периоды и элементарные синоптические процессы</i>	20
<i>Лабораторная работа 2.2. Типизация синоптических процессов с помощью индексов циркуляции</i>	26
3. ТЕРМИНОЛОГИЯ И ОЦЕНКА ОПРАВДЫВАЕМОСТИ ДОЛГОСРОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ ПОГОДЫ	31
<i>Лабораторная работа 3. Ознакомление с терминологией и оценкой оправдываемости долгосрочных прогнозов погоды</i>	31
4. ПРОГНОЗ СИНОПТИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ И ПОГОДЫ НА 3 СУТОК	39
<i>Лабораторная работа 4. Отработка приемов составления прогноза особенностей циркуляции на среднем уровне тропосферы и прогноза синоптических процессов и погоды на 3 суток</i>	39
5. ПРОГНОЗ СИНОПТИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ И ПОГОДЫ НА СИНОПТИЧЕСКИЙ ПЕРИОД	65
<i>Лабораторная работа 5. Прогноз синоптического положения и погоды на остаток текущего и тенденцию следующего естественного синоптического периода</i>	65
6. ПОНЯТИЕ О МЕТОДИКЕ ПРОГНОЗА ПОГОДЫ НА 3—10 СУТОК ДЛЯ АРКТИКИ И О РАСЧЕТНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДАХ ПРОГНОЗА ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА 5—10 СУТОК СПОСОБОМ ГИДРОМЕТЦЕНТРА СССР	80
<i>Лабораторная работа 6.1. Методические особенности составления прогнозов погоды на 3—10 суток по Арктике</i>	80
<i>Лабораторная работа 6.2. Основы синоптико-гидродинамико-статистического метода Гидрометцентра СССР прогноза температуры и осадков на 5—10 суток</i>	89
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	94
ПРИЛОЖЕНИЯ	95