

#### **Лабораторное занятие 1 – 4.**

**Тема:** Код КН–01. Расшифровка синоптических телеграмм и составление приземной карты погоды. Чтение карты погоды.

**Цель:** Для установления характера атмосферных процессов, определяющих погоду в различных районах, необходимо, чтобы большая часть наблюдений за элементами погоды была нанесена на синоптические карты.

Синоптической картой называется географическая карта определенного вида и масштаба, на которой цифрами и условными знаками нанесены значения метеовеличин, соответствующих одному и тому же сроку наблюдений. Значения метеовеличин берутся из телеграмм. Чтение карты заключается в правильном понимании значения цифр и условных знаков, нанесенных на карту погоды. При этом необходимо учитывать логическую связь между элементами погоды.

#### **Методические рекомендации:**

- 1) Ознакомиться с расположением больших районов и индексов (номеров) метеорологических станций.
- 2) Изучить схему кода.
- 3) Изучить общие правила нанесения метеорологических данных и схему их расположения на карте погоды.
- 4) Научиться читать погоду.

#### **Вопросы для контроля:**

1. Что такое синоптическая карта погоды?
2. Какие коды используются для составления карты погоды?
3. Когда были внесены последние изменения в код КН-01?
4. Какие данные наносятся в цифрах кода?
5. Нарисуйте схему нанесения метеорологических данных на приземные карты погоды.

#### **Рекомендуемая литература:**

1. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 711 с.
2. Практикум по синоптической метеорологии./Под ред. В.И.Воробьева. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.
3. Практикум по синоптической метеорологии. / под ред. В.И. Воробьева. – СПб.: изд. РГГМУ, 2005. – 304 с.
4. Мусралинова Г.Т., Шушарина Л.М. Составление и обработка аэросиноптического материала: учебно-методическое пособие. – Алматы: Қазақ университеті, 2016.
5. Код для составления ежедневных метеорологических телеграмм на сухопутных станциях КН-01. – Л.: Гидрометеиздат, 1967.
6. Код для оперативной передачи данных приземных метеорологических наблюдений с сети станций Росгидромета. (КН-01 SYNOP). - М.: [б. и.], 2013. - 79 с.

#### **Лабораторная работа 5 – 6.**

**Тема:** Анализ приземной карты погоды

**Цель:** провести первичный анализ приземной карты за какой-либо срок и число.

От дискретных значений метеовеличин в локальных пунктах необходимо перейти к полям метеовеличин. Для этого проводится графический анализ приземных карт погоды. Анализ приземной карты сводится к проведению изобар, изолиний барических тенденций,

выявлению центров циклонов и антициклонов, выделению явлений погоды (подъем карты), проведению линий атмосферных фронтов, нанесению траекторий барических центров.

#### **Методические рекомендации:**

- 1) провести изобары на основных картах через 5 гПа (кратные 5) сплошными линиями простым чёрным карандашом, на кольцевых картах – через 2,5 гПа. Выявить центры циклонов и антициклонов. Подписать изобары целым числом гектопаскалей. Замкнутые – в каком-либо одном месте, разомкнутые – с двух сторон.
- 2) провести изотенденции через 1 гПа/3ч тонкими прерывистыми линиями. В центрах областей падения давления поставить букву **П** красным карандашом, в центрах областей роста – букву **Р** синим карандашом. Рядом с буквами П и Р соответствующим цветом проставляют значения максимального изменения давления (без знака).
- 3) Осадки, туманы и другие явления погоды на основных картах погоды выделяют условными обозначениями, приведенными в табл. 2.6 (практикум по син. метеорологии).
- 4) Выявление атмосферных фронтов – наиболее сложная и ответственная операция синоптического анализа. Она будет рассмотрена позднее при изучении атмосферных фронтов.
- 5) Траектории барических центров наносят за прошедшие 12 (24) часов, проставляют дату и величину давления, наблюдавшегося в центре барического образования.

#### **Вопросы для контроля:**

1. В чём заключается первичный анализ карт погоды?
2. Почему в отдельных случаях надо проводить орографические изобары?
3. Что характеризуют изотенденции и как они проводятся на картах погоды?
4. При «подъёме» карты какие явления погоды выделяются и каким цветом?
5. Как учитывается барический закон ветра?

#### **Рекомендуемая литература:**

1. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 711 с.
2. Практикум по синоптической метеорологии./Под ред. В.И.Воробьева. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.
3. Практикум по синоптической метеорологии. / под ред. В.И. Воробьева. – СПб.: изд. РГГМУ, 2005. – 304 с.
4. Мусралинова Г.Т., Шушарина Л.М. Составление и обработка аэросиноптического материала: учебно-методическое пособие. – Алматы: Қазақ университеті, 2016.
5. Код для составления ежедневных метеорологических телеграмм на сухопутных станциях КН-01. – Л.: Гидрометеиздат, 1967.
6. Код для оперативной передачи данных приземных метеорологических наблюдений с сети станций Росгидромета. (КН-01 SYNOP). - М.: [б. и.], 2013. - 79 с.

#### **Лабораторная работа 7 – 10.**

**Тема:** Код КН-04. Расшифровка аэрологических телеграмм. Составление и анализ карт абсолютной и относительной топографии.

**Цель:** составить карты абсолютной (АТ) и относительной топографии (ОТ) и провести их первичный анализ.

На высотные карты погоды наносят данные одновременных метеорологических наблюдений, характеризующих условия в свободной атмосфере. Данные вертикального зондирования атмосферы передаются с помощью кода КН-04.

#### **Методические рекомендации:**

- 1) изучить схему кода вертикального зондирования атмосферы КН-04;
- 2) нанести на бланки карт данные абсолютной и относительной топографии;
- 3) научиться правильно читать погоду;
- 4) провести первичный анализ карт АТ и ОТ.

Обработка карт абсолютной топографии состоит в следующем:

- 1) проведение изогипс, выявление областей низкого и высокого значений геопотенциала, а на картах относительной топографии (ОТ) – областей тепла и холода; проведение изотерм;
- 2) выделение зон сухого и влажного воздуха;
- 3) проведение линии фронтов;
- 4) проведение изаллогипс;
- 5) перенесение с приземной карты положений центров основных барических образований.

Изогипсы проводят сплошным простым черным карандашом через 4 гп. дам (кратные 4). Выше 400 гПа – через 8 гп. дам. Подписываются аналогично изобарам. На картах ОТ в центрах низкого значения геопотенциала делают надпись простым карандашом «ХОЛОД», а в центрах высокого значения – «ТЕПЛО».

Изотермы проводят красным карандашом сплошными линиями через 2°С (кратные 2) на картах АТ<sub>850</sub>. В центрах областей тепла ставят букву Т (красным карандашом), а в центрах областей холода – букву Х (синим карандашом). Линии фронтов проводят только на карте АТ<sub>850</sub> по признакам этой карты, а на карту  $OT_{1000}^{500}$  фронты переносят с приземной карты погоды.

Изаллогипсы проводят прерывистыми чёрными линиями через 4 гп. дам, начиная с 4-х. В центрах областей понижения геопотенциала красным карандашом ставят букву П с индексом, обозначающим максимальное понижение поверхности. В центрах областей повышения геопотенциала синим карандашом ставят букву Р с индексом максимального повышения поверхности. На карте  $OT_{1000}^{500}$  вместо букв П и Р ставят буквы Х (синим карандашом) и Т (красным карандашом). Основные барические образования с приземной карты переносят условными знаками.

#### **Вопросы для контроля:**

1. Как проводятся изотермы на картах барической топографии?
2. Чему соответствуют изогипсы на картах АТ и как они проводятся?
3. Что такое изаллогипсы?
4. Чему соответствуют изогипсы на картах ОТ и как они проводятся?
5. Как анализируется влажность на КБТ?

#### **Рекомендуемая литература:**

1. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 711 с.
2. Практикум по синоптической метеорологии./Под ред. В.И.Воробьева. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.
3. Практикум по синоптической метеорологии. / под ред. В.И. Воробьева. – СПб.: изд. РГГМУ, 2005. – 304 с.
4. Мусралинова Г.Т., Шушарина Л.М. Составление и обработка аэросиноптического материала: учебно-методическое пособие. – Алматы: Қазақ университеті, 2016.
5. Код для составления ежедневных метеорологических телеграмм на сухопутных станциях КН-01. – Л.: Гидрометеиздат, 1967.
6. Код для оперативной передачи данных приземных метеорологических наблюдений с сети станций Росгидромета. (КН-01 SYNOP). - М.: [б. и.], 2013. - 79 с.

## Лабораторная работа 11.

**Тема:** Расчет дифференциальных характеристик поля давления.

**Цель:** вычислить значения градиентов давления по приземной карте двумя способами и лапласианы давления по двум станциям. Сопоставить знаки лапласианов с характером кривизны изобар. Для этих же пунктов рассчитать  $\frac{\partial H}{\partial n}$  и  $\nabla H$ .

Наиболее важными дифференциальными характеристиками поля давления является градиент и лапласиан давления. Численное значение градиента давления (геопотенциала) представляет собой первую производную, рассчитанную вдоль нормали к изобарам (изогипсам) методом конечных разностей. За направление градиента в метеорологии принято направление от высокого значения к низкому. Обычно он выражается в гПа/100км. Лапласиан давления характеризует степень циклоничности (антициклоничности) барического поля.

### Методические рекомендации:

Градиент давления рассчитывается одним из следующих способов:

- 1) определяется расстояние по нормали между двумя изобарами в сотнях километров.

Тогда численное значение горизонтального градиента давления  $grad P = \left| \frac{\delta p}{\delta n} \right|$  гПа/100

км, где  $\delta p$  - разность давлений соответствующих изобарах (5 гПа),  $\delta n$  - расстояние между изобарами в сотнях километров.

- 2) вдоль нормали к изобарам, проходящей через точку, в районе которой нужно получить значение градиента, методом интерполяции определяют значения давления в пунктах, находящихся по обе стороны от этой точки на расстоянии 50 км. Тогда  $grad p = \left| p_1 - p_2 \right|$  гПа/100 км, где  $p_1$  и  $p_2$  - давление в пунктах, расположенных на расстоянии 50 км по обе стороны от исходной точки.

Аналогично вычисляются горизонтальные градиенты геопотенциала.

Лапласиан давления вычисляется по формуле:

$$\nabla^2 p = \frac{1}{(\delta S)^2} (p_1 + p_2 + p_3 + p_4 - 4p_0) \text{ гПа}/10^4 \text{ км}^2,$$

где  $p_i$  - давление в соответствующих узлах прямоугольной расчетной сетки,  $\delta S$  - шаг сетки в сотнях километров.

Если расчеты производятся всегда по одной и той же расчетной сетке и решается только задача сравнения значений лапласианов, то постоянный множитель  $\frac{1}{\delta S}$  перед скобкой в формуле опускается. Расчет по восьми точкам более точный.

### Вопросы для контроля:

1. Какие знаете характеристики поля давления?
2. Как вычислить значение и определить направление барического градиента?
3. Запишите формулу для вычисления оператора Лапласа.
4. Какой знак лапласиана в циклоне?

### Рекомендуемая литература:

1. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 711 с.

2. Практикум по синоптической метеорологии./Под ред. В.И.Воробьева. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.
3. Практикум по синоптической метеорологии. / под ред. В.И. Воробьева. – СПб.: изд. РГГМУ, 2005. – 304 с.
4. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. Ч.1.

### Лабораторная работа 12.

**Тема:** Расчет скорости геострофического, градиентного и действительного ветров.

**Цель:** вычислить скорости геострофического и градиентного ветров по формулам для двух пунктов. Для тех же пунктов по приземной карте рассчитать скорость ветра на уровне флюгера и сопоставить с реальным ветром.

Наибольшее практическое применение в практике синоптического анализа нашла геострофическая модель связи полей ветра и давления. Возникающее в этом случае установившееся горизонтальное прямолинейное движение воздуха, обусловленное балансом сил барического градиента и Кориолиса называется геострофическим ветром.

Иногда производят расчеты скорости ветра по данным о распределении давления (геопотенциала) с учетом кривизны изобар (изогипс), т.е. рассчитывают градиентный ветер, обусловленный действием силы барического градиента, центробежной силы и силы Кориолиса.

#### Методические рекомендации:

Если градиент измерять в гПа/100 км или гп. дам/100 км, то формулы для расчета геострофического ветра следующие:

$$V_g = \frac{5,4}{\sin \varphi} \frac{\partial p}{\partial n} \text{ м/с}, \quad V_g = \frac{6,7}{\sin \varphi} \frac{\partial H}{\partial n} \text{ м/с}.$$

Когда значение градиента оценивается по расстоянию между изобарами (изогипсами) следует пользоваться формулой

$$V_g = \frac{27}{\delta n \sin \varphi} \text{ м/с}.$$

Скорость градиентного может быть получена при решении уравнения:

$$V_{gr} - V_g = \pm \frac{1}{l} \frac{V_{gr}^2}{r}.$$

Знак перед правой частью определяется характером кривизны изобар: при антициклонической ставится знак «+», при циклонической – «-».

Скорость действительного ветра может быть приближенно рассчитана по формулам:

$$V = 0,7V_g \text{ (море)}, \quad V = 0,4V_g \text{ (суша)}.$$

#### Вопросы для контроля:

1. Каково соотношение скоростей градиентного и геострофического ветра?
2. Как вычисляются скорости геострофического и градиентного ветра?
3. Чему равна скорость действительного ветра на суше и море?
4. Нарисуйте схему расположения относительно вектора градиентного ветра действующих сил при циклонических и антициклонических изобарах (изогипсах АТ).

#### Рекомендуемая литература:

1. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 711 с.
2. Практикум по синоптической метеорологии./Под ред. В.И.Воробьева. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.
3. Практикум по синоптической метеорологии. / под ред. В.И. Воробьева. – СПб.: изд. РГГМУ, 2005. – 304 с.
4. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. Ч.1.

### **Лабораторная работа 13.**

**Тема:** Определение характеристик ВФЗ.

**Цель:** определить и вычислить характеристики ВФЗ.

Высотными фронтальными зонами (ВФЗ) называются переходные зоны между высокими холодными циклонами и высокими теплыми антициклонами. Они действительно являются синоптическими объектами макромасштаба и играют существенную роль в атмосферных процессах, прежде всего в процессах цикло- и антициклогенеза. Размеры ВФЗ огромны.

#### **Методические рекомендации:**

На картах  $AT_{500}$ ,  $AT_{300}$ ,  $OT_{1000}^{500}$ ,  $OT_{500}^{300}$  ВФЗ отображается в виде области значительного сгущения изогипс. Центральная изогипса в этой области называется *осевой*. Часть ВФЗ между осевой изогипсой и центральной областью образующего ее циклона называется *циклонической периферией ВФЗ*, а часть между осевой изогипсой и антициклоном — *антициклонической периферией ВФЗ*.

Основной характеристикой ВФЗ является её интенсивность ( $I$ ), которая определяется её температурным контрастом. ВФЗ, где  $I \geq 16$  гп. дам/1000 км ( $8^\circ/1000$  км) считается динамически значимой.

#### **Вопросы для контроля:**

1. Что такое ПВФЗ?
2. В виде чего отображается ВФЗ на картах АТ?
3. Что является основной характеристикой ВФЗ?
4. Как её определить?

#### **Рекомендуемая литература:**

1. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 711 с.
2. Практикум по синоптической метеорологии./Под ред. В.И.Воробьева. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.
3. Практикум по синоптической метеорологии. / под ред. В.И. Воробьева. – СПб.: изд. РГГМУ, 2005. – 304 с.
4. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. Ч.1.

### **Лабораторная работа 14 – 15.**

**Тема:** Анализ поля температуры воздуха.

**Цель:** рассчитать адвективные изменения температуры у поверхности земли по двум пунктам. Дать оценку вклада адвективных изменений в фактические изменения температуры. Дать качественную оценку знака и интенсивности адвекции температуры в конкретном районе.

Локальные изменения температуры у земли и в свободной атмосфере связаны со смещением областей тепла и холода в направлении и со скоростью воздушных потоков на данном уровне, т.е. адвективное изменение, с трансформационным изменением этих областей и изменением температуры за счет вертикального переноса поля температуры со скоростью вертикальных движений за время  $\Delta t$ :

$$\Delta T = \Delta T_a + \Delta T_w + \Delta_{mp}.$$

Адвективные изменения температуры находят путем построения траектории с учетом перестройки барического поля. Разность значений температуры в начале и в конце траектории является её адвективным изменением.

Учёт трансформационных изменений в синоптической практике производится на основе эмпирических соотношений. Определение изменений температуры за счет вертикальных движений производится чаще всего графическим путем на бланке АД.

#### **Методические рекомендации:**

Траектории воздушных частиц построить методом геострофических траекторий. Оценку вкладов адвективных изменений температуры дать путем нахождения отношения адвективных изменений к фактическим.

Качественную оценку знака и интенсивности адвекции температуры воздуха делают по формуле:

$$\frac{\partial T}{\partial t_g} = -\frac{1}{l} \frac{\partial H}{\partial n} \frac{\partial T}{\partial v} \sin \varepsilon,$$

где  $\frac{\partial H}{\partial n}$  - градиент геопотенциала;  $\frac{\partial T}{\partial v}$  - градиент температуры;  $\varepsilon$  - угол адвекции, т.е.

угол между градиентом температуры и геопотенциала.

#### **Вопросы для контроля:**

1. С чем связаны локальные изменения температуры воздуха?
2. Как определяется изменение температуры за счёт вертикальных движений?
3. Охарактеризуйте физический смысл и оцените вклад каждого слагаемого в формуле, описывающей локальные изменения температуры воздуха.
4. Как учитываются адвективные изменения температуры воздуха?

#### **Рекомендуемая литература:**

1. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 711 с.
2. Практикум по синоптической метеорологии./Под ред. В.И.Воробьева. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.
3. Практикум по синоптической метеорологии. / под ред. В.И. Воробьева. – СПб.: изд. РГГМУ, 2005. – 304 с.
4. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. Ч.1.