

Проект «Народный перевод»

# УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ИНСТРУКТОРОВ ПИЛОТОВ БПЛА

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ  
МАТЕРИАЛЫ



Переведено неофициально на русский язык в мае 2023 года.

Без ограничений на распространение.

Настоящая учебная программа разработана для подготовки инструкторов пилотов БПЛА. В программе представлены методика преподавания и методические материалы с расчётом времени, необходимого для обучения пилотов БПЛА.

### Оригинальная обложка:

#### Учебна програма для інструкторів пілотів БПЛА

#### Методика викладання та методичні матеріали з розрахунком часу необхідного для навчання

Перед початком занять відбувається шиккування. Старший інструктор доводить до особистого складу розклад занять, порядок навчання, умови та дисциплінарні обмеження. В настанові після вступного слова лунає заборона вживання будь якого алкоголю, категорична заборона куріння під час виконання вправ та проведення навчання. Час теоретичного заняття (однієї пари) складається з двох частин по 40-45 хвилин з перервою 5 хвилин. Між парами перерва складає 10-15 хвилин. Вказується місце куріння та загальний час проведення занять з місцями проведення теоретичної та практичної частин.

#### Вступне слово (3 хв.)

Учебний курс призначено для навчання особистого складу підрозділу навичкам, вмінням та початковим фаховим знанням, що необхідно мати для безпечного пілотування БПЛА типу квадрокоптер. Пілот повинен володіти загальними знаннями про тактико технічні характеристики (ТТХ) і бути обізнаним в експлуатаційних характеристик БПЛА, з якими буде працювати у повітряному просторі. Слід враховувати, що пілот в процесі польоту БПЛА знаходиться на відстані та приймає рішення дистанційно виходячи з поточних обставин та наявних у нього даних, а саме:

- наявність зв'язку;
- роздільну здатність зображення;
- швидкість польоту;
- швидкість набору висоти та зниження;
- наявного крену;
- турбулентність;
- латентність;
- дистанцію.

Відсутність пілота на борту повітряного судна під час виконання польоту вимагатиме деяких унікальних процедур для інтеграції БПЛА у повітряний простір. У практичній мірі всі процедури повинні бути ідентичними тим, які розроблені для пілотованих літаків. Деякі з проблем, які необхідно вирішити для інтеграції польотів БПЛА, включають наступне:

- планування польоту;
- визначення типу польоту;
- розрахунок польоту за маршрутом;
- політ за візуальними орієнтирами;
- процедури та дії пілота в надзвичайних ситуаціях:
  - відсутність, збій або раптове зникнення сигналу GPS;
  - збій або раптове зникнення зв'язку з пультом;
  - процедури запобігання перехоплення керування.

Розшифрування абрєвіатури БПЛА в нашому розумінні: «Безпека. Планування. Літання. Аналіз»

### Переведено участниками проекта «Народный перевод».

Данный текст является прямым переводом с украинского языка, составлен в научно-познавательных и справочных целях, не редактировался, не должен использоваться для обучения без осмысления и интерпретации с учётом обстоятельств его происхождения, не отражает позицию переводчиков и иных участников проекта «Народный перевод». Относитесь к написанному критически и в случае сомнений по сути и форме написанного обращайтесь к специалистам в соответствующем вопросе.

[народныйперевод.рф](http://народныйперевод.рф)

[t.me/svo\\_institute](http://t.me/svo_institute)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО .....	5
2. ПЕРВИЧНЫЙ ИНСТРУКТАЖ .....	6
3. ПРОГРАММА УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА .....	8
3.1. Программа первого дня .....	8
3.1.1. План занятия.....	8
4. МЕТОДИКА УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА.....	9
4.1. Практическая (полётная полевая) часть .....	9
4.2. Домашнее задание .....	13
5. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПЕРВОГО ДНЯ ОБУЧЕНИЯ .....	14
5.1. Понятие БПЛА (дрон), структура, органы управления, настройки.....	14
5.2. Общая схема конструкции .....	15
5.2.1. Шасси .....	15
5.2.2. Полётный контроллер .....	15
5.2.3. Аккумуляторные батареи.....	20
5.2.4. Камера.....	25
5.2.5. Блокировка подвеса .....	28
5.3. Базовые тактик-технические характеристики .....	28
5.4. Безопасность .....	37
5.5. Ориентация.....	38
5.5.1. Навигация .....	39
5.5.2. Ориентирование на местности.....	41
5.5.3. Ориентирование по компасу .....	42
5.5.4. Азимут .....	43
5.5.5. Изображение неровностей земной поверхности на плане и карте .....	44
5.5.6. Способы изображения Земли. Земля на плане и карте .....	45
5.5.7. Основные формы рельефа Земли .....	49
5.5.8. Гидросфера.....	51
5.5.9. Мировой океан .....	51
5.5.10. Континентальные поверхностные воды .....	52
5.6. Погода .....	56
5.6.1. Пояса атмосферного давления на Земле .....	56
5.6.2. Ветер, постоянные и переменные ветры .....	57
5.6.3. Влажность воздуха .....	58
5.6.4. Облака и туман.....	59

---

5.6.5. Воздушные массы, циклоны и антициклоны .....	60
5.6.6. Виды осадков и закономерности их распределения .....	61
5.6.7. Погода, её элементы, типы, изменение во времени .....	64

## ВВЕДЕНИЕ

Перед началом занятий построение обучаемых. Старший инструктор доводит личному составу расписание занятий, порядок и условия обучения, дисциплинарные ограничения.

В инструктаже после вступительного слова объявляется о категоричном запрете употребления любого алкоголя, курения во время выполнения упражнений и обучения.

Время теоретического занятия (одной пары) состоит из двух частей по 40-45 минут каждое с перерывом 5 минут. Перерыв между парами составляет 10-15 минут.

Определяется место курения и общее время проведения занятий с местами проведения теоретической и практической частей.

### 1. ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

(3 мин.)

Учебный курс предназначен для обучения личного состава подразделения навыкам, умениям и начальным профессиональным знаниям, необходимым для безопасного пилотирования БПЛА типа квадрокоптер. Пилот должен обладать общими знаниями о тактико-технических характеристиках (далее – ТТХ) и быть ознакомлен с эксплуатационными характеристиками БПЛА, с которыми будет работать в воздушном пространстве.

Следует учитывать, что в процессе полёта БПЛА оператор находится на удалении и принимает решение дистанционно, исходя из текущих обстоятельств и наличия у него данных, а именно:

- наличие связи;
- разрешающая способность изображения;
- скорость полёта;
- скорость набора высоты и снижения;
- наличие крена;
- турбулентность;
- латентность (временная задержка сигнала);
- дистанция.

Отсутствие пилота на борту воздушного судна при выполнении полёта потребует некоторых уникальных процедур для интеграции БПЛА в воздушное пространство.

На практике все процедуры должны быть идентичными тем, которые разработаны для пилотируемых самолётов. Некоторые из проблем, которые необходимо решить для интеграции полётов БПЛА, включают:

- а. планирование полёта;
- б. определение типа полёта;
- в. расчёт маршрута;
- г. полёт по визуальным ориентирам;
- д. процедуры и действия пилота в чрезвычайных ситуациях:
  - отсутствие, сбой или внезапное исчезновение сигнала GPS;
  - сбой или внезапное исчезновение связи с пультом;
  - процедуры предотвращения перехвата управления.

В нашем понимании аббревиатура БПЛА расшифровывается следующим образом: «Безопасность. Планирование. Лётная работа. Анализ».

## 2. ПЕРВИЧНЫЙ ИНСТРУКТАЖ

(10 мин.)

Во время занятий действует запрет на употребление любого алкоголя, категорический запрет курения при выполнении упражнений и в ходе обучения.

Время теоретического занятия (**одной пары**) состоит из двух частей по **40-45** минут с перерывом **5** минут. Между парами перерыв составляет **10-15** минут.

Указывается **место курения** и общее время проведения занятий с местами проведения теоретической и практической частей.

Объявляется информация об общем составе боевой группы и состав экипажа. Инструктор доводит курсантам принцип построения боевой группы и зону ответственности каждого. Группа формируется по следующему принципу:

- 1 пара:** пилот и оператор (второй пилот);
- 2 пара:** водитель и стрелок;
- 3 пара:** стрелок и сапер.

Выполняется перестроение в две шеренги с формированием пар экипажей: первым стоит пилот, за ним второй пилот или штурман.

Распределение на большие по составу **«боевые группы»** уместно провести при отсутствии достаточного количества инструкторов и учебных квадрокоптеров.

Оптимальное соотношение: **один инструктор** проводит **практическое обучение с двумя-тремя экипажами** общей численностью **четыре-шесть человек**. При этом используется один дрон. Инструктор проводит распределение и формирование боевой группы, указывает каждому зону ответственности. Группа распределяется по общему, указанному выше принципу:

- **1 пара:** пилот и оператор (второй пилот);
- **2 пара:** водитель и стрелок.

Или при большом количестве курсантов:

- **1 пара:** пилот и оператор (второй пилот);
- **2 пара:** водитель и стрелок;
- **3 пара:** стрелок и сапёр.

Для повышения уровня знаний **можно увеличить число групп до количества имеющихся учебных дронов**, но не более чем из расчёта **три экипажа одновременно на одного инструктора**. Во время обучения в составе одной группы выполняется замена экипажей попарно после выполнения экипажем каждого упражнения, с выполнением задачи каждым членом экипажа в пределах одной боевой позиции.

*Инструктор должен контролировать весь учебный процесс и вносить корректировки и замечания каждому*



**Рис. 1.** – Управление огнём артиллерии.



**Рис. 2.** – Артиллерийская разведывательная группа.

### 3. ПРОГРАММА УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

#### 3.1. Программа первого дня

(4 часа теория + 2 часа практика)

##### 3.1.1. План занятия

---

###### 3.1.1.1. Теоретическая часть (2 часа)

1. Понятие «БПЛА» общее и с расшифровкой аббревиатуры: «Безопасность. Планирование. Лётная работа. Анализ» (теория – 5 мин.).
2. Общая конструкция, состав и принцип работы дрона, камеры с настройками, аккумуляторы, карты памяти (теория – 40 мин.).
3. Базовые тактико-технические характеристики (скорость, датчики, характеристики аккумуляторов и т.п.) (теория – 10 мин.).
4. Безопасность – объяснение и ознакомление с понятием (теория – 5 мин.).
5. Ориентация, ориентирование на местности – сущность и принцип. Ориентирование с помощью компаса (теория + практика, 15 + 10 мин.).
6. Погода: ветер, облачность, туман, дым, осадки. Рекомендованные ссылки для скачивания: UAV Forecast, Windy.com (теория – 15 мин.).
7. Отработка навыков по разборке и сборке дрона (теория + практика).

---

###### 3.1.1.2. Практическая часть (теория, 2 часа)

1. Концепции безопасности (10 мин.).
2. Общее ознакомление с программами DJI, Autel (35 мин.):
  - интерфейс программ;
  - главное меню настройки пульта перед стартом.
3. Смарт пульты DJI, Autel. Главное меню настроек перед стартом (30 мин.).
4. Особенности программного обеспечения (15 мин.).



## 4. МЕТОДИКА УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

### 4.1. Практическая (полётная полевая) часть

(2 часа)

1. Инструктор выводит курсантов в составе групп в направлении соответствующей локации. Распределение по экипажам происходит на первичном инструктаже и сохраняется в течение всего процесса обучения.

2. По прибытии на место выполняется практическая часть теоретического занятия по ориентированию на местности. Для этого инструктор на примере показывает и объясняет процесс с обязательной обратной реакцией курсантов и получением от каждого из них ответа с правильными уверенными признаками понимания элементов определения местонахождения. Ориентация в пространстве с определением частей света и понимание своего местонахождения по внешним ориентирам с привязкой к карте местности (**желательно иметь планшет с установленным приложением «Крапива» или, в случае отсутствия, использовать программу Google maps**).

3. Проводится практическая часть по **выбору боевой позиции** с учётом особенностей местности и понимания приоритетности преобладающих высот.

4. **Первичная маскировка** и выбор мест взлёта и посадки с учётом направления ветра. Все действия выполняются с обязательными элементами маскировки. Никакого открытого пространства и выполнения упражнения в полный рост!

---

*Все упражнения должны выполняться в положении «с колена» или «сидя».*

---

5. В ходе занятия **внимание акцентируется на погодных условиях и состоянии воздуха**. Каждый курсант должен чётко осознавать приоритетность и реальное значение ветра во время учебного процесса на каждом занятии. Должно быть чёткое понимание данного ключевого фактора с учётом изменения направления ветра, давления и температуры воздуха на разных высотах. Обратит внимание на установку соответствующих программ по ссылке на ресурсы с прогнозом погоды. Например, UAV Forecast, Windy.com. Каждый может уже определить прогноз погоды и направление ветра на текущее и ближайшее время.

6. **Особое внимание уделить ориентирам на местности** вокруг выбранной позиции. Это должны быть естественные или искусственные заметные или уникальные элементы местности, здания, сооружения, водоёмы или что-либо другое, позволяющие определять своё местоположение на местности с высоты полёта с помощью камеры дрона и быстро определять место посадки при возвращении.

7. Извлечь дрон из сумки, которая **должна находиться на ремне** у курсанта-пилота. Развернуть/свернуть дрон в последовательности, указанной инструктором. Особое внимание обращать на защиту камеры, состояние и целостность лопастей винтов. Последующее **местонахождение защиты камеры** (крышки), после снятия, должно быть определено и сразу указано инструктором. Это – сумка/футляр для хранения и переноски дрона.

8. Выставить разложенный дрон на поверхность и собрать пульт. **Особое внимание** на направление камеры и **состояние поверхности** площадки. Камера от себя в направлении полёта. Пилот находится позади дрона, но должен видеть и наблюдать свободное движение камеры в момент калибровки, при включении дрона.

9. **Пульт должен находиться в руках курсанта.** Сначала устанавливается планшет или телефон. Подсоединить к пульту кабель с соответствующими разъёмами, находящийся в сумке курсанта.

10. **Затем** установить «стики» и включить пульт.

11. Включить дрон. Это действие выполняет второй пилот (оператор).

12. При коммутации пульта и дрона **комментировать данный процесс и обращать внимание** на световую индикацию лучей дрона и светодиодов пульта:

- а. Зелёный цвет индикаторов пульта в количестве четырёх делений указывает на полный заряд аккумуляторов пульта.
- б. Жёлто-красный часто мигающий индикатор на каждом заднем луче указывает на калибровку и тестирование систем дрона.
- в. Жёлтый часто мигающий индикатор указывает на процесс «сопряжения» пульта с дроном и регистрации в системе.
- г. Редко мигающий зелёный подтверждает нормальную связь пульт-дрон.
- д. Часто мигающий зелёный на лучах дрона краткосрочной сессией подтверждает наличие выбранной точки «**HOME POINT**».
- е. Затем с пульта прозвучит голосовое сообщение «ВЗЛЕТАТЬ»: «**TAKE OFF**».

---

***ДРОН ГОТОВ К ВЗЛЕТУ!***

---

13. **Зафиксировать внимание на параметрах, которые нужно отслеживать на экране:**

- а. Высота.
- б. Дальность.
- в. **Заряд аккумулятора.**

- г. Уровень сигнала от пульта управления.
- д. Количество спутников.
- е. Ориентиры.**
- ж. Состояние и показатель горизонтального уровня компаса.
- з. Замечания и запреты.
- и. Состояние изображения, качество и видимость изображения.**

Эти параметры **ТРЕБУЕТСЯ ПОВТОРЯТЬ ЗА ИНСТРУКТОРОМ** и на первое время «в голос» сопровождать каждый параметр. **Объяснить ключевую роль в этом процессе** «второго пилота» или «оператора».

*Алгоритм действий для отработки взлёта/посадки*

	<b>Команда инструктора</b>	<b>Действия обучаемого</b>
14.	<b>«СТИКИ СВЕСТИ К СЕБЕ И К СЕРЕДИНЕ!»</b>	Курсант должен понять, как это лучше сделать.
15.	После запуска двигателей	Курсант должен <b>МЕДЛЕННО отпустить</b> «стики», вернув их в среднее положение.
16.	<b>«ЛЕВЫЙ СТИК МЕДЛЕННО ОТВЕСТИ ОТ СЕБЯ И ОТПУСТИТЬ ДО СЕРЕДИНЫ!»</b>	Курсант должен понять, как это лучше сделать. Выполнить безопасно упражнение: взлететь <b>НА ВЫСОТУ 1,5-2 метра</b> .
17.	<b>«ПРАВЫЙ СТИК ОТВЕСТИ ОТ СЕБЯ, МЕДЛЕННО НАЖИМАЯ, И ОТПУСТИТЬ ДО СЕРЕДИНЫ!»</b>	Курсант должен понять, как это лучше сделать и отвести от себя дрон.
18.	<b>«ЛЕВЫЙ СТИК МЕДЛЕННО ОТВЕСТИ ОТ СЕБЯ И ОТПУСТИТЬ ДО СЕРЕДИНЫ!»</b>	Курсант должен понять, как это лучше сделать. Выполнить безопасно упражнение: взлететь <b>НА ВЫСОТУ 5-10 метров</b> .
19.	<b>«ПРАВЫЙ СТИК ВЕСТИ К СЕБЕ, МЕДЛЕННО НАЖИМАЯ, И ОТПУСТИТЬ ДО СЕРЕДИНЫ!»</b>	Курсант должен понять, как это лучше сделать <b>И ВЕРНУТЬ</b> к себе дрон.
20.	<b>«ПРАВЫЙ СТИК ВЕСТИ ОТ СЕБЯ, МЕДЛЕННО НАЖИМАЯ, И ОТПУСТИТЬ ДО СЕРЕДИНЫ!»</b>	Курсант должен понять, как лучше отвести от себя дрон на безопасное расстояние для снижения.
21.	<b>«ЛЕВЫЙ СТИК МЕДЛЕННО ВЕСТИ К СЕБЕ И ОТПУСТИТ ДО СЕРЕДИНЫ!»</b>	Курсант должен понять, как это лучше сделать. Безопасно выполнить упражнение: снизиться до <b>ВЫСОТЫ 1,5-2 метра</b> .

	<b>Команда инструктора</b>	<b>Действия обучаемого</b>
<b>22.</b>	<b>«ПРАВЫЙ СТИК ВЕСТИ К СЕБЕ, МЕДЛЕННО НАЖИМАЯ, И ОТПУСТИТЬ ДО СЕРДИНЫ!»</b>	Курсант должен понять, как это лучше сделать и подвести к себе дрон на безопасное расстояние.
<b>23.</b>	<b>«ЛЕВЫЙ СТИК ОТВЕСТИ К СЕБЕ ВНИЗ! УДЕРЖИВАТЬ! И ОТПУСТИТЬ ДО СЕРЕДИНЫ ПОСЛЕ ГОЛОСОВОГО СООБЩЕНИЯ «ПОСАДКА»!»</b>	Курсант должен понять, как это лучше сделать. Безопасно выполнить посадку: снизиться до ВЫСОТЫ 0,5-0 метров.

**24.** Второй пилот (оператор) должен сразу «принять» дрон на ладонь, заранее заняв место в зоне посадки, **НО С УЧЁТОМ ВСЕХ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ И МАСКИРОВКИ!**

**25.** Дрон после посадки и остановки двигателей должен быть сразу **выключен оператором. Из выключенного дрона** извлекается батарея.

**26.** Экипаж встречается в условном месте и **меняется ролями.**

**27.** Вся группа последовательно проходит весь процесс обучения, постепенно меняя экипажи.

**28.** Добавить следующее упражнение: выполнить простую фигуру пилотажа, посадку на соответствующую площадку и на руку партнёра/себе.

**29.** Дать практические советы и продемонстрировать выполнение некоторых действий для совершения кругового облёта вокруг объекта.

**30.** Повторить упражнение на максимальном zoom-увеличении.

**31.** Объяснить принцип и оптимальную высоту для выполнения задачи – 250 метров.

**32.** В процессе обучения каждый пилот обязательно должен комментировать изображение с камеры, во время которого приобретает первичные навыки ориентирования на местности.

**33.** Ветер влияет на движение дрона, и пилот должен понимать зависимость от погодных условий.

**34.** Постепенно ограничить до минимума время выполнения каждого упражнения.

Предварительный расчёт времени выполнения упражнений:

- первое упражнение взлёта и посадки – 3 мин. на одного пилота;
- второе упражнение и последующие – 5 мин. на один экипаж.

---

*Общее время выполнения упражнений первого дня определяется инструктором самостоятельно, исходя из уровня восприятия информации и состояния погоды, но не должно продолжаться более двух часов!*

---

## 4.2. Домашнее задание

1. Эксплуатационные **тактико-технические характеристики** дронов, на которых будут проводиться занятия по пилотированию.
2. Погода (установить программу типа: UAV Forecast, Windy.com.), наблюдение за прогнозом и изменениями погоды не менее, чем на четыре дня.
3. **Разработать чек-лист о порядке запуска дрона.**

Основные элементы и навыки, которые курсант должен получить и **усвоить за первый день**:

1. Способность разворачивать, сворачивать дрон.
2. Понимать параметры, которые нужно отслеживать на экране.
3. Уметь безопасно взлетать/садиться. Понимать, как это лучше сделать.
4. Способность взлететь от себя, выполнить простую фигуру, посадку на соответствующую площадку и на руку партнера/себе.
5. Понимать оптимальную высоту для выполнения задачи – 250 метров.
6. Приобрести **первичные навыки ориентирования на местности.**
7. Понимать **зависимость от погодных условий**. Получить ссылки на ресурсы с прогнозом погоды. Может определить прогноз на ближайшее время.

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПЕРВОГО ДНЯ ОБУЧЕНИЯ

### 5.1. Понятие БПЛА (дрон), структура, органы управления, настройки

Беспилотный летательный аппарат, сокр. БПЛА или «ДРОН» (англ. unmanned aerial vehicle, сокр. UAV; или англ. remotely piloted vehicle, сокр. RPV, нем. unbemanntes Luftfahrzeug) – воздушное судно, предназначенное для выполнения полета без физического присутствия пилота на борту.



*Рис. 3. – Беспилотный летательный аппарат, дрон.*

Всё управление полётом и контроль за полётом осуществляются удалённо:

- соответствующей программой, заблаговременно «загруженной в память» на борту БПЛА;
- соответствующей программой с помощью специальной станции управления, находящейся вне воздушного судна;
- с помощью специальной станции (пульта) управления, находящейся вне воздушного судна.

БПЛА применяются в военном деле, прежде всего, для ведения воздушной разведки – как тактической, так и стратегической. Беспилотники классов «нано», «мини» и «микро» всё шире применяются в боевых действиях на уровне взвода и отделения для получения текущей информации типа – «что за тем углом/холмом/лесом», для решения тактических задач военной разведки. Перспективным направлением их применения является решение задач в составе роя. Также БПЛА используются для корректировки огневых ударов по наземным целям и в качестве ударных.



Квадрокоптеры – это наиболее распространённые и развитые конструкции летательных аппаратов, имеющие четыре двигателя. Главным недостатком летательных аппаратов данной группы является невысокая отказоустойчивость, в случае потери одного из двигателей квадрокоптер теряет равновесие и падает. При установке мощных двигателей можно переносить полезную нагрузку до 5 кг.

Дополнительные двигатели приобрели гексокоптеры и октокоптеры, данный тип дронов относится к тяжёлым аппаратам, которые способны переносить грузы до 20 кг. Такие аппараты имеют сложную конструкцию и требуют специальной установки и программирования полётного контроллера. Дроны данной группы обладают высокой отказоустойчивостью, поскольку при выходе из строя одного из двигателей дрон может лететь на оставшихся.

## 5.2. Общая схема конструкции

Конструкции всех беспилотных летательных аппаратов похожи по своему построению и принципу работы, и состоят из нескольких компонентов.

### 5.2.1. Шасси

Шасси (фр., основа, рама) – это основа (корпус) всего беспилотника, на которую крепятся все остальные элементы.



*Рис. 4. – Составные компоненты квадрокоптера Autel.*

### 5.2.2. Полётный контроллер

Полётный контроллер представляет собой интегральную схему (печатную плату), на которой размещены датчики. На основе информации с датчиков контроллер

регулирует скорости вращения двигателей, отвечает за координацию, стабилизацию и управление дроном.

**Рис. 5.** – Полётный контроллер на базе процессора F745 с гироскопом MPU6000, барометром DPS310 и JSD AT7456E.



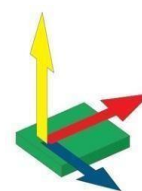
### **Программная память (англ. *flash memory*)**

Флэш-память – это место, где хранится основной код. В сложной программе она может занимать много места. Очевидно, что чем больше память, тем больше информации она может хранить. Память также актуальна при хранении данных в полёте, таких как координаты GPS, планы полёта, автоматическое движение камеры и т.д. Код, загруженный на флэш-память, остаётся на чипе даже после отключения питания.

**1. SRAM** – расшифровывается как «Статическая память с произвольным доступом» и представляет собой пространство на чипе, которое задействуется при выполнении расчётов. Данные, хранящиеся в оперативной памяти, теряются при отключении питания. Чем выше объём оперативной памяти, тем больше информации будет легко доступно для расчётов в любой момент времени.

**2. EEPROM** (также называемый E2PROM) – электрически стираемое программируемое постоянное запоминающее устройство (ЭСППЗУ) используется обычно для хранения информации, которая не изменяется во время полёта, например, настройки, в отличие от данных, хранящихся на SRAM, к которым могут относиться показания датчика и т. д. Контроллер полёта по сути является обычным программируемым микроконтроллером, только со специальными датчиками на борту. Как минимум, контроллер полёта будет включать 3-осевой гироскоп, но без автовыравнивания. Не все контроллеры полёта оснащаются указанными ниже сенсорами, но они также могут включать их комбинацию.

**Рис. 6.** – 3-осевые координаты.





---

## **Акселерометр**

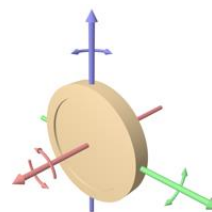
Измеряет линейное ускорение по трём осям (назовем их: X, Y и Z). Обычно измеряется в «G». Стандартное (нормальное) значение составляет  $g = 9.80665 \text{ м/с}^2$ . Для определения положения акселерометр должен быть установлен на контроллере полёта так, чтобы линейные оси совпадали с основными осями беспилотника.

---

## **Гироскоп**

Измеряет скорость изменения углов по трём угловым осям (назовем их: альфа, бета и гамма). Обычно измеряется в градусах в секунду. Обратите внимание, что в большинстве случаев все поступающие данные обрабатываются кодом контроллера полёта. Гироскоп должен быть установлен так, чтобы оси его вращения совпадали с осями БПЛА.

*Рис. 7. – Гироскоп.*



---

## **Инерционный измерительный блок (IMU):**

По сути, это небольшая плата, которая содержит как акселерометр, так и гироскоп (обычно многоосевые). Большинство из них включают трёхосевой акселерометр и трёхосевой гироскоп, другие могут включать дополнительные сенсоры, например, трёхосевой магнитометр, обеспечивающий в общей сложности девять осей измерения.

*Рис. 8. – DJI Mini2 проекция компонентов дрона.*



---

## **Магнитометр**

Электронный магнитный компас способен определять магнитное поле Земли и использовать эти данные для определения направления компаса беспилотника (относительно северного магнитного полюса). Данный сенсор почти всегда имеется при наличии GPS-входа и доступности от одной до трёх осей.

## ***Давление/Барометр***

Поскольку атмосферное давление изменяется при удалении от уровня моря сенсор давления можно использовать для получения достаточно точных показаний высоты БПЛА. Для расчёта максимально точной высоты большинство контроллеров полёта получают данные одновременно от сенсора давления и спутниковой системы навигации (GPS). При сборке обратить внимание – лучше, чтобы отверстие в корпусе барометра было накрыто куском поролона для уменьшения негативного влияния ветра на чип.

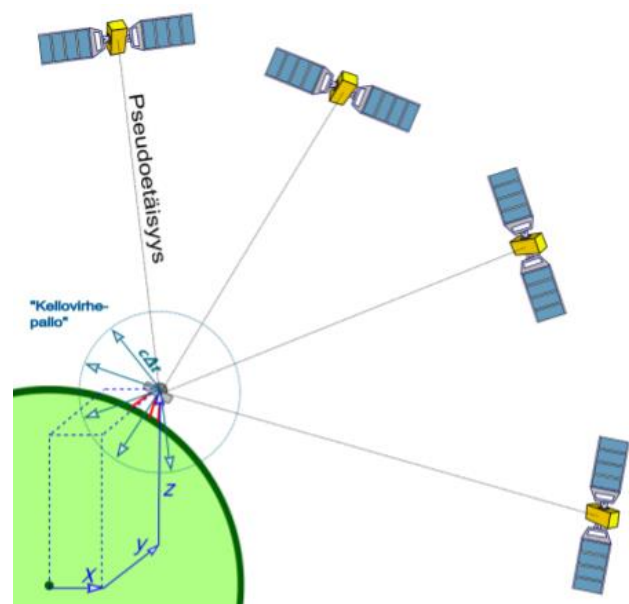
## ***Система глобального позиционирования (GPS)***

Для определения своего конкретного географического положения с использованием сигналов, посылаемых несколькими спутниками, обращающимися по орбите вокруг Земли.

Контроллер полёта может иметь как встроенный GPS-модуль, так и подключаемый с помощью кабеля. Не следует путать GPS-антенну с GPS-модулем, которая может выглядеть и как маленький чёрный ящик, и как обычная Disk-антенна.

Для получения точных данных местоположения GPS-модуль должен принимать данные от нескольких спутников, и чем больше, тем лучше.

**Рис. 9.** – Система глобального позиционирования для определения местоположения БПЛА.



## ***Датчики расстояния***

Они всё чаще используются на беспилотниках, поскольку GPS-координаты и датчики давления не могут сообщить – насколько далеко вы находитесь от земли (холмы, горы или здания), столкнётесь ли вы с объектом или нет. Датчик расстояния, обращённый вниз, может быть основан на ультразвуковой, лазерной или лидарной технологии (ИК-сенсоры могут иметь проблемы в работе при солнечном свете).



*Рис. 10. – Датчики визуального контроля DJI Mavic 3.*

---

### ***Другие системы и устройства***

- система приёма-передачи радиоволн соответствующего диапазона, обычно: 2,4; 2,4 – 5,8 ГГц;
- система управления камерой;
- устройства, обеспечивающие полёт дрона: двигатели, пропеллеры, регулировка оборотов.
- **аккумуляторы.**

---

*На основе информации от датчиков контроллер осуществляет регулирование скорости вращения двигателей, отвечает за координацию, стабилизацию и управление дроном.*

---

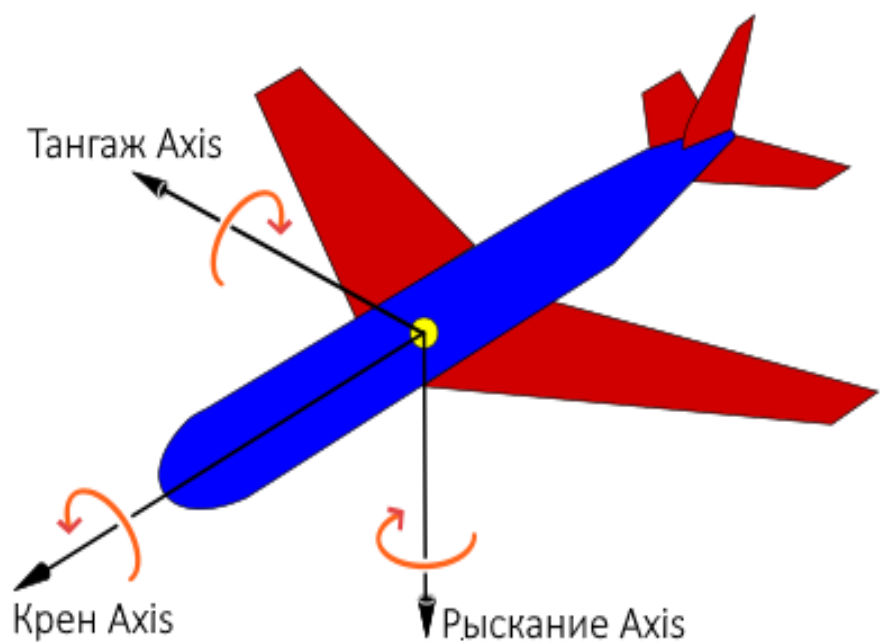
### Основные функции и задачи контроллера:

- сбор данных от датчиков;
- расчёт своего положения в пространстве;
- получение команд от внешних контроллеров с пульта управления;
- отправка сигналов управление на регуляторы оборотов (ESC – electronic speed controller);
- удержание дрона на заданной высоте;
- автоматический полёт по заданному маршруту;

- остановка или облёт препятствий;
- **автопосадка при полной потере питания.**

Контроллер управляет скоростью вращения моторов, подавая ШИМ-импульсы на регуляторы оборотов. ШИМ (PWM) – широтно-импульсная модуляция. Это процесс управления мощностью методом пульсирующего включения и выключения потребителя энергии. Скорость вращения двигателей определяется длительностью ШИМ-импульсов, передаваемых с контроллера.

Направление и ход полёта дрона «в ручном» режиме управления устанавливаются джойстиком (стиком) газа и вращением углов в трёх плоскостях: крен, тангаж, рыскание (англ. – throttle, roll, pitch, yaw).



**Рис. 11.** – БПЛА:  
крен, тангаж, рыскание.

### 5.2.3. Аккумуляторные батареи

Современные электронные устройства используют два основных типа аккумуляторов:

- литий-ионный;
- литий-полимерный.

---

#### **Что такое литий-полимерный аккумулятор?**

Основным преимуществом литий-полимерных аккумуляторов является возможность их быстрой зарядки. Они также устанавливаются в современных дронах. Причина заключается в их гибкости и лёгкости.

**Рис. 12.** – Аккумуляторная батарея DJI Mavic 3.



Литий-полимерные аккумуляторы, как и литий-ионные, тоже имеют анод и катод. Однако в них вместо жидкого электролита используется гелеобразный. Это одна из причин, почему они более долговечные, и не нужно беспокоиться об утечке электролита.

Вместе с тем со временем такой гелеобразный материал становится твёрже, уменьшая способность ионов свободно двигаться, сокращая срок службы аккумулятора.

---

### ***Литий-полимерный аккумулятор: ключевые отличия***

#### **1. Ценообразование**

Литий-полимерные аккумуляторы, как правило, не используются в дешёвой технике.

#### **2. Плотность мощности**

Плотность мощности означает количество энергии, содержащейся в аккумуляторе, по сравнению с его весом. Поэтому аккумулятор с более высокой плотностью мощности имеет более длительное время работы. Литий-ионные устройства могут удерживать до четырех раз больше заряда по сравнению с литий-полимерными аккумуляторами аналогичного размера. Это делает их более предпочтительными для использования в компактных электронных устройствах. С другой стороны, литий-полимерные аккумуляторы обычно должны быть закрыты в твёрдый корпус. Это еще больше увеличивает размеры, что делает такие аккумуляторы непригодными для небольших устройств.

#### **3. Напряжение и состояние заряда**

Напряжение отдельного LiPo-элемента колеблется от примерно 4,2 В (полностью заряжен) до примерно 2,7-3,0 В (полностью разряжен), где номинальное напряжение составляет 3,6 или 3,7 В (примерно среднее значение самого высокого и самого

низкого значений) для элементов на основе оксида лития. Для сравнения: литий-железо-фосфатный (LiFePO<sub>4</sub>) элемент от 3,6-3,8 В (полностью заряжен) до 1,8-2,0 В (полностью разряжен). Точные значения напряжения работы элемента должны быть указаны в спецификации продукта. Аккумуляторные батареи с LiPo-элементами, соединёнными последовательно и параллельно, имеют отдельные контакты для каждого элемента.

Специализированное зарядное устройство может контролировать заряд каждого элемента, чтобы все элементы были заряжены до одинакового номинала напряжения – имели одинаковое состояние зарядки (SOC).

*Рис. 13. – Зарядная станция для аккумуляторных батарей DJI Mavic 3.*



#### **4. Безопасность**

Литий-полимерные аккумуляторы более безопасные, нежели литий-ионные устройства из-за их прочной упаковки. Литий-полимерный аккумулятор в твёрдом корпусе может противостоять внешнему давлению, что уменьшает опасность. Гелеобразный электролит в литий-полимерном аккумуляторе имеет меньшую вероятность утечки, чем литий-ионный электролит.

#### **5. Скорость пассивного разряда**

Устройство, запитываемое от литий-полимерного аккумулятора, разряжается невероятно медленно. Скорость пассивного разряда литий-полимерных аккумуляторов значительно ниже по сравнению с литий-ионными, устройство не разрядится, пока оно не используется. При этом длительное хранение литий-полимерного аккумулятора более простое, чем литий-ионного.

#### **6. Универсальность**

Малоизвестное преимущество литий-полимерных аккумуляторов заключается в том, что они достаточно универсальные. Они используются не только в мобильных телефонах, повербанках или ноутбуках. Литий-полимерные аккумуляторы



применяются в беспилотных летательных аппаратах. Простая причина заключается в их модификации. Литий-полимерные аккумуляторы существуют в любых формах и размерах благодаря гелевой основе. Существуют литий-полимерные аккумуляторы от 1000 мАч до 10 000 мАч и выше.

**Рис. 14.** – Аккумуляторная батарея DJI Mini 2.



## 7. Срок полезного использования

Как правило, литий-ионные аккумуляторы служат дольше, чем литий-полимерные. Среднестатистический литий-ионный аккумулятор может работать два-три года, тогда как **литий-полимерный имеет гораздо более короткий срок службы, так как электролит на основе геля начинает затвердевать.**

## 8. Общее техническое обслуживание

Литий-ионные аккумуляторы практически не требуют обслуживания. С другой стороны, литий-полимерные аккумуляторы требуют небольшого обслуживания. Например, программное обеспечение для дрона предоставляет точную информацию об аккумуляторе. Вы можете откалибровать аккумулятор своего дрона, чтобы узнать больше о его общей производительности.

Для хранения литий-полимерных аккумуляторов их необходимо зарядить примерно до отметки 30%. Подобным образом для зарядки литий-полимерных аккумуляторов больших размеров требуется специальное зарядное устройство.

**Рис. 15.** – Специальное зарядное устройство AUTEL HUB.



## 9. Портативность

Как литий-ионный часто используется в небольшой бытовой технике.

**Рис. 16.** – Аккумуляторная батарея AUTEL PRO II.



Литий-полимерный аккумулятор:

- дороже в изготовлении;
- не используется в более дешёвой технике;
- более безопасный;
- прочная упаковка;
- быстрая зарядка;
- универсальный;
- может иметь любую форму и размер;
- гибкий и лёгкий;
- медленный пассивный разряд;
- более простое длительное хранение;
- требует небольшого обслуживания.

---

### ***Интерфейс приложения DJI Fly – раздел Батарея***

Все батареи должны быть подписаны, им присвоен порядковый номер, например: «1», «2», ... и на корпусе указано количество использованных циклов, например: «10.». В случае полной разрядки на батарее должен быть нанесён особый знак, например, «\*» для предотвращения случайного использования вместе с другими.

Аккумуляторные батареи имеют соответствующие заявленным производителем характеристики только в условиях бережного и безопасного использования с соблюдением всех требований производителя. Помните о режиме хранения и применения.

---

***Обязательно выполнить регулярную проверку состояния аккумуляторной батареи с помощью соответствующего раздела Aircraft Battery приложения пилотной программы DJI Fly!***

---



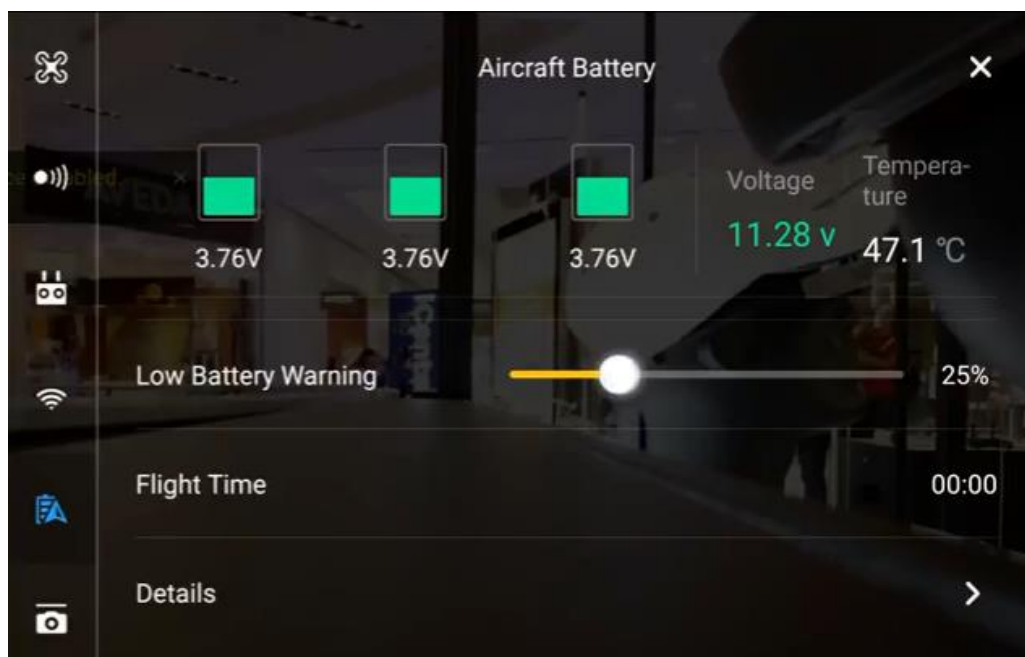


Рис. 17. – Вид экрана раздела Aircraft Battery приложения программы DJI Fly.

#### 5.2.4. Камера

Как уже отмечалось выше, задачу по разработке новой камеры для Mavic 3 фирма DJI снова возложила на лучших из лучших – компанию Victor Hasselblad AB. Знаменитый шведский разработчик специально для нового M3 спроектировал и создал 5K аэрофотоаппарат Hasselblad L2D-20c, встроив CMOS матрицу профессионального формата 4/3 в невероятно компактное пространство.

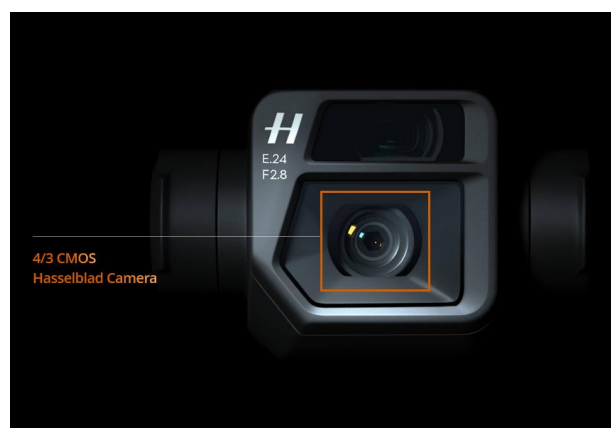
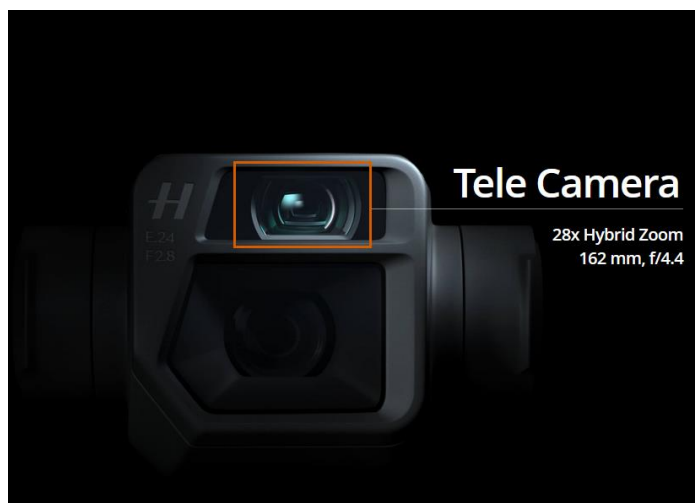


Рис. 18. – Камера Hasselblad дрона Mavic 3.



Tele Camera – это вторая/вспомогательная 4K зум-камера, встроенная в один корпус с основной Hasselblad L2D-20c и с возможностью использования гибридного зума с 28-кратным увеличением.

**Рис. 19.** – Теле-камера дрона Mavic 3.

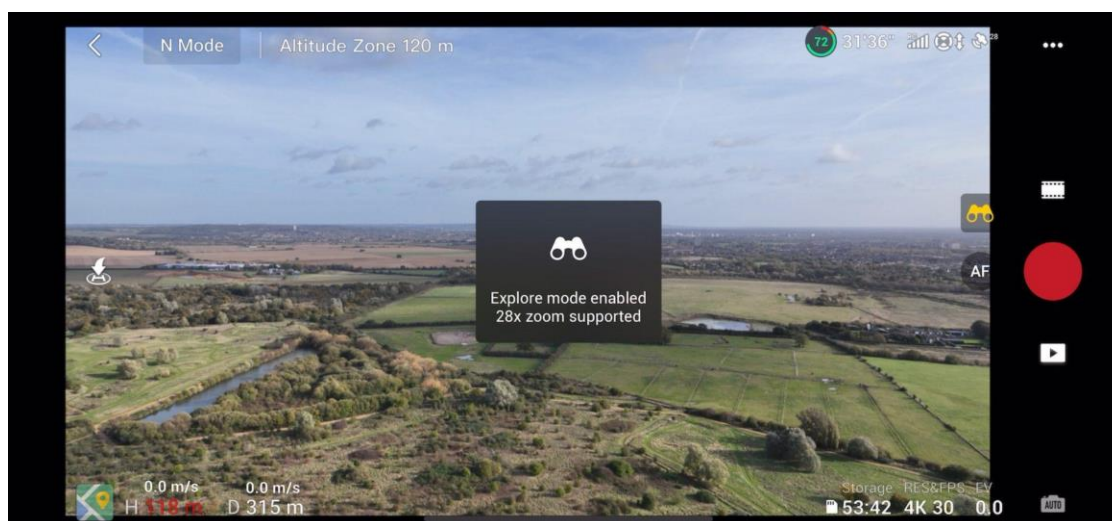


Разработчик позиционирует её как вспомогательную и рекомендует использовать для изучения местности для последующей съёмки и как инструмент для создания новых творческих возможностей. Камера построена на 1/2-дюймовой CMOS матрице, имеет диафрагму f/4.4 и эквивалентное фокусное расстояние 162 мм. Вторая камера активируется при включении режима исследования (Explore Mode).

### **Режим исследования**

Если сцены или объекты находятся на удалённом расстоянии лучше использовать телекамеру для увеличения масштаба и экономии времени, или записывать с расстояния, не мешая объекту съёмки.

Для начала работы со второй камерой Mavic 3 необходимо в приложении DJI Fly активировать режим Explore (иконка в виде бинокля) в приложении DJI Fly.



**Рис. 20.** – DJI Fly – активация режима Explore.

Телекамера доступна только при использовании режима Explore. Также Mavic 3 автоматически перейдет на телекамеру, если при включенном режиме Explore зум камеры превышает 7-кратное значение.

Рекомендуемые карты памяти:

- SanDisk Extreme PRO 64 Гб V30 A2 microSDXC;
- SanDisk High Endurance 64 Гб V30 microSDXC;
- SanDisk Extreme 128 Гб V30 A2 microSDXC;
- SanDisk Extreme 256 Гб V30 A2 microSDXC;
- SanDisk Extreme 512 Гб V30 A2 microSDXC;
- Lexar 667x 64 Гб V30 A2 microSDXC;
- Lexar High-Endurance 64 Гб V30 microSDXC;
- Lexar High-Endurance 128 Гб V30 microSDXC;
- Lexar 667x 256 Гб V30 A2 microSDXC;
- Lexar 512 Гб V30 A2 microSDXC;
- Samsung EVO 64 Гб V30 microSDXC;
- Samsung EVO Plus 128 Гб V30 microSDXC;
- Samsung EVO Plus 256 Гб V30 microSDXC;
- Samsung EVO Plus 512 Гб V30 microSDXC;
- Kingston 128 Гб V30 microSDXC.



**Рис. 21.** – Установка карты памяти.

### 5.2.5. Блокировка подвеса

Mavic 3 оснащён встроенной блокировкой подвеса, которая предотвращает сотрясение 3-х осевого подвеса и камеры, обеспечивая дополнительный уровень безопасности при транспортировке и хранении.

---

#### ***Меры предосторожности при использовании***

1. Нормальная рабочая температура фиксатора подвеса составляет от -10 до 40°C. В случае выхода температуры за пределы этого диапазона замок может не заблокировать или разблокировать не полностью. Приложение DJI Fly предложит использовать его в пределах температурного диапазона. Для экстренного использования в особых ситуациях можно вручную повернуть три оси, не повредив сам подвес, однако это не рекомендуется.
2. Встроенный замок подвеса может разблокироваться из-за внешнего воздействия. В таком случае включить питание дрона, а затем выключить для повторной блокировки.
3. После блокировки подвеса могут возникать вибрации каждой оси.

### 5.3. Базовые тактик-технические характеристики

Самыми популярными коммерческими дронами (95% всего количества) являются модели DJI и Autel, на вооружении – модели Mavic, Matrice и Air.

Коммерческие устройства DJI очень простые в освоении и управлении. Однако Россия использует программное обеспечение от производителя для отслеживания украинских беспилотников. DJI предлагает услугу Aegroscore, позволяющую увидеть – кто и откуда запускает БПЛА, а также, где во время полёта находится оператор. С её помощью российские войска быстро отслеживают находящиеся поблизости подразделения Вооружённых Сил Украины и обстреливают их из миномётов и артиллерии.

Изделия DJI Mavic 3 E и DJI Matrice 300 считаются техникой для профессионалов. Модули обоих дронов снимают качественное видео с очень высоким уровнем детализации и максимальным битрейтом (поток данных без задержки), достигающим более 100 Мбит/с. Система видеопередачи OcuSync 3.0 гарантирует более стабильную связь между аппаратом и контроллером, за исключением случайных помех, но не от военных систем радиоэлектронной борьбы (далее – РЭБ).



*Рис. 22. – Стандартный контроллер RC-N1.*

Скорость полёта достигает 72 км/ч, максимальная высота – 1500 м, встроенные датчики помогают избегать помех, время полёта – до 40 минут, передача видео возможна на расстоянии даже более 8 километров.



*Рис. 23. – Пульт управления  
DJI RC PRO.*

**DJI Mavic 3** – это одна из лучших моделей производителя, выпущенная на рынок в 2021 году. Квадрокоптер получил пропеллеры с низким уровнем шума и 8 датчиков для обнаружения препятствий.





**Рис. 24.** – Комплект DJI Mavic 3.

*Основные ТТХ аппарата DJI Mavic 3*

Параметр	Значение
Взлётная масса, г	895
Скорость, м/с (км/ч)	до 19 (72)
Скорость набора высоты, м/с	до 8
Время полёта, мин.	46
Радиус дистанционного управления, км	15

*Примечание:*

Параметры замерены при полёте Mavic 3 с постоянной скоростью 10 м/с (32,4 км/ч) в безветренной среде на уровне моря до полной разрядки (0%) батареи.

Базовая комплектация промышленного беспилотника **Matrice 300 RTK** не включает сенсоры, батареи и зарядное устройство. У этого квадрокоптера водонепроницаемый корпус, поэтому может работать в дождь, а также при температуре от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ . Он оборудован двумя съёмными ножками-опорами, которые можно открутить для облегчения конструкции, а также складными опорами для винтов.

Максимальное время полёта составляет 55 минут, однако с максимальной нагрузкой (2,7 кг) оно сокращается до 31 минуты, скорость – до 82 км/ч.

Дрон снимает с помощью широкоугольной камеры FPV с углом обзора 145° и передает видео в разрешении 1080p на расстояние до 15 км.

Технология DJI AirSense информирует оператора об окружающих условиях, таких как температура и скорость ветра, присутствие самолётов и БПЛА в радиусе 20 км.

Хорошая оптическая камера позволяет снимать видео в формате 4K с высоты до 6 км и передавать её на пульт оператору, а тепловизор может отслеживать ситуацию ночью.



*Рис. 25. – Изделие Matrice 300 RTK.*

БПЛА **Autel EVO II Pro V2** – один из гражданских квадрокоптеров, используемый для военных целей. Он даёт качественное изображение с 8K камеры.



*Рис. 26. – Изделие Autel EVO II Pro.*

**Рис. 27.** – Пульт управления  
Autel EVO II PRO RC.



Аппарат оснащён 12 датчиками компьютерного обзора, расположенными со всех сторон для обнаружения препятствий в полёте. Снизу установлены два ультразвуковых сенсора, помогающие точно зависать над нужными объектами.

Дрон может улететь от оператора на расстояние до 25 км и проводить в воздухе до 40 минут с максимальной скоростью перемещения 72 км/ч.

За съёмку отвечает 20-мегапиксельная камера с разрешением 6К, встроенным HDR-режимом, а также регулируемой диафрагмой и широким диапазоном ISO 12800 и хорошим зумом без потери качества.

Управлять БПЛА Autel EVO II можно непосредственно со смартфона с помощью фирменного программного обеспечения.



**Рис. 28.** – Комплект Autel EVO II Pro V2.



Модель **Autel EVO II 640t Dual** – это квадрокоптер с тепловизором InfiRay. Его дальность полёта составляет 25 км, время полёта – до 39 минут, скорость – до 72 км/ч, дальность связи с оператором – 9 км.

Компактный складной аппарат получил высококачественную 8K-камеру с разрешением 48 МП.

Беспилотник совмещает в одном модуле тепловые датчики с разрешением 640x512, датчики технического обзора 8K и ядро от производителя FLIR, что делает его одной из лучших тепловизионных систем в низкой ценовой категории. Устройство может отправлять инфракрасные изображения с расстояния до 100 м или записывать их.



*Рис. 29. – Комплект Autel EVO II 640t Dual.*

Британская армия приобрела 30 «**нанодронов Bug**» для наблюдения за целями на расстоянии до 2 км, что является последним шагом в военном использовании спорных летательных аппаратов.



**Рис. 30.** – Запуск «нанодрона Bug».

Дроны достаточно малы, чтобы их можно было держать в ладони, и весят 196 г, примерно столько же, сколько большой смартфон. У беспилотника 40-минутное время автономной работы и «скрытый низкий визуальный профиль», что затрудняет его обнаружение противником.

Разумная альтернатива для использования в качестве разведчика: «DJI Mini 2» и «Fly More Combo».

Разработчик предлагает дрон в двух комплектациях:

- стандартная «DJI Mini 2»;
- расширенная «Fly More Combo».





**Рис. 31.** – Комплект « DJI Mini 2».



**Рис. 32.** – 4K-камера « DJI Mini 2».



**Рис. 33.** – Пульт управления «DJI Mini 2».

**Рис. 34.** – Аккумуляторная батарея «DJI Mini 2».



*Основные ТТХ аппарата «Fly More Combo»*

Параметр	Значение
Взлётная масса, г	<249

Параметр	Значение
Габариты(ДхШхВ), мм:	
в сложенном состоянии	138x81x58
в разложенном состоянии	159x203x56
в разложенном состоянии (с пропеллерами)	245x289x56
Размер по диагонали, мм	213
Макс. скорость набора высоты, км/ч:	
режим S	18
режим N	10,8
режим C	7,2
Макс. скорость снижения, км/ч	
режим S	12,6
режим N	10,8
режим C	5,4
Макс. скорость горизонтального полёта (над уровнем моря в штиль), км/ч:	
режим S	57,6
режим N	36
режим C	21,6
Макс. высота полёта, м	500
Макс. допустимый потолок над уровнем моря, м	4000
Макс. время полёта, мин.	31 (на скорости 16,92 км/ч в штиль)
Ветроустойчивость, м/с (баллы по шкале Бофорта)	8,5-10,5 (5)
Макс. угол наклона, град.:	
режим S	40
режим N	25
режим C	25
при сильном ветре	до 40
Макс. угловая скорость, град/с:	
режим S	130
режим N*	60
режим C*	30
* – можно настроить на 250 град/с моб. Программой DJI Fly.	
Диапазон рабочих температур, °C	0 – +40
Диапазон рабочих частот, ГГц	2.400-2.4835, 5.727-5.850
Мощность передатчика (EIRP), мВт:	
2.400-2.4835 ГГц:	FCC ≤ 398; CE ≤ 100; SRRC ≤ 100
5.725-5.850 ГГц:	FCC ≤ 398; CY ≤ 25; SRC = 398
Спутниковое позиционирование	GPS + ГЛОНАСС + GALILEO

## 5.4. Безопасность

---

*При использовании гражданских моделей БПЛА нужно учитывать, что гражданский дрон постоянно на радиосвязи, и его легко запеленговать.*

---

Военный БПЛА выходит в заданную точку и полностью замолкает. Только в точке возврата он выходит на связь для получения дальнейших команд.

---

### **Минусы:**

- а. Ограниченная видимость зависит от типа камер, так как пилот дистанционно не сможет рассмотреть пространство вокруг дрона, в отличие от пилота в кабине;
- б. Дроны ненадёжные. Сенсорные технологии не всегда себя оправдывают. Реакция человека значительно лучше, поэтому БПЛА ломаются и терпят крушения гораздо чаще, чем управляемые пилотами самолёты.
- в. Неосторожность. Считается, что пилоты дронов допускают ошибки чаще, чем пилоты, например, истребителей, так как их безопасности ничто не угрожает.
- г. Возможность взлома системы.
- д. Дроны можно просто украсть или сломать.
- е. Системы дронов часто дают сбой и быстро ломаются.
- ж. Недостаточная ёмкость батареи. Заряда хватает на десятки минут, но этого не всегда достаточно для выполнения задачи.
- з. Мощность аккумулятора определяет высоту подъёма БПЛА.
- и. Неправильное использование угрожает жизни окружающих. Нарушение правил безопасности может создавать существенную угрозу безопасности или повлечь телесные повреждения, нанести «большой материальный ущерб» или привести к гибели людей.

---

### **Плюсы:**

- а. Пилот находится на удалении и принимает решения в процессе полёта БПЛА исходя из текущей обстановки и имеющихся у него данных. Это влияет на ряд факторов, связанных и обусловленных отсутствием пилота:
  - минимальный размер;
  - небольшой вес;
  - скрытность. Многие дроны почти не издадут звука и незаметны в воздухе;
  - сравнительно низкая цена. Покупка дрона обойдётся гораздо дешевле, чем приобретение самолётов и вертолётот.
- б. Хорошее качество съёмки.
- в. Камеры для дронов продаются отдельно. Чёткость съёмки удобно настраивать.



- г. Стоимость обучения пилотов.
- д. Срок обучения.
- е. Возможность дистанционного управления.

## 5.5. Ориентация

Позиционирование в пространстве осуществляется с помощью GPS (NAVSTAR GPS). Эта система мониторинга была создана и реализована Министерством обороны США. Она начала функционировать в 1994 году с 24 спутниками (в 2019 году на орбите высотой 20200 км находился 31 спутник).

Каждый GPS-спутник непрерывно передает радиосигнал, который состоит из двух несущих, трёх-четырёх кодов и навигационного сообщения.

GPS использует принцип множественного доступа с кодовым разделением (CDMA).

Первоначально GPS была разработана как военная система, но также была доступна для гражданских лиц. Однако для сохранения военного преимущества Министерство обороны США предоставляет два уровня GPS-позиционирования:

- для военного использования – Служба точного позиционирования (PPS);
- для общего пользования – Служба стандартного позиционирования (SPS).

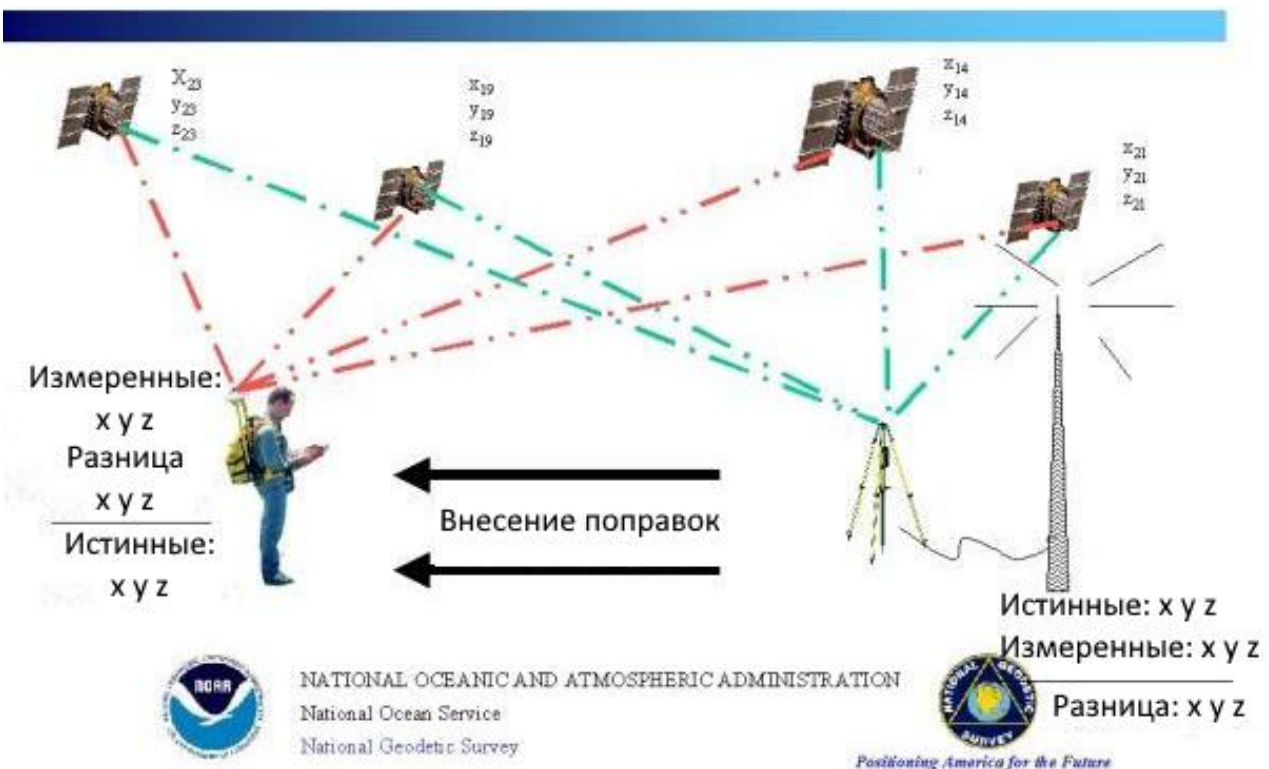
Система GPS имеет два кода (и две несущие):

- а. Первый код является неточным кодом (C/A-код), и относится к Службе стандартного позиционирования (SPS), доступной для гражданского использования всеми пользователями.
- б. Второй код – это точный код (P/Y-код), которым модулируются обе несущие, и он относится к Службе точного позиционирования (PPS), предназначенной для военных пользователей США.

---

*Точность PPS в два раза лучше SPS (точность по PPS = 1,5-15 м в течение 95% времени против точности по SPS = 3-30 м).*

---



**Рис. 35.** – Система дифференциальной коррекции GPS.

*Пилот должен иметь навыки управления дроном в условиях отказа навигационной системы после попадания под действие РЭБ, отказа компаса или пользования дроном внутри помещения.*

### 5.5.1. Навигация

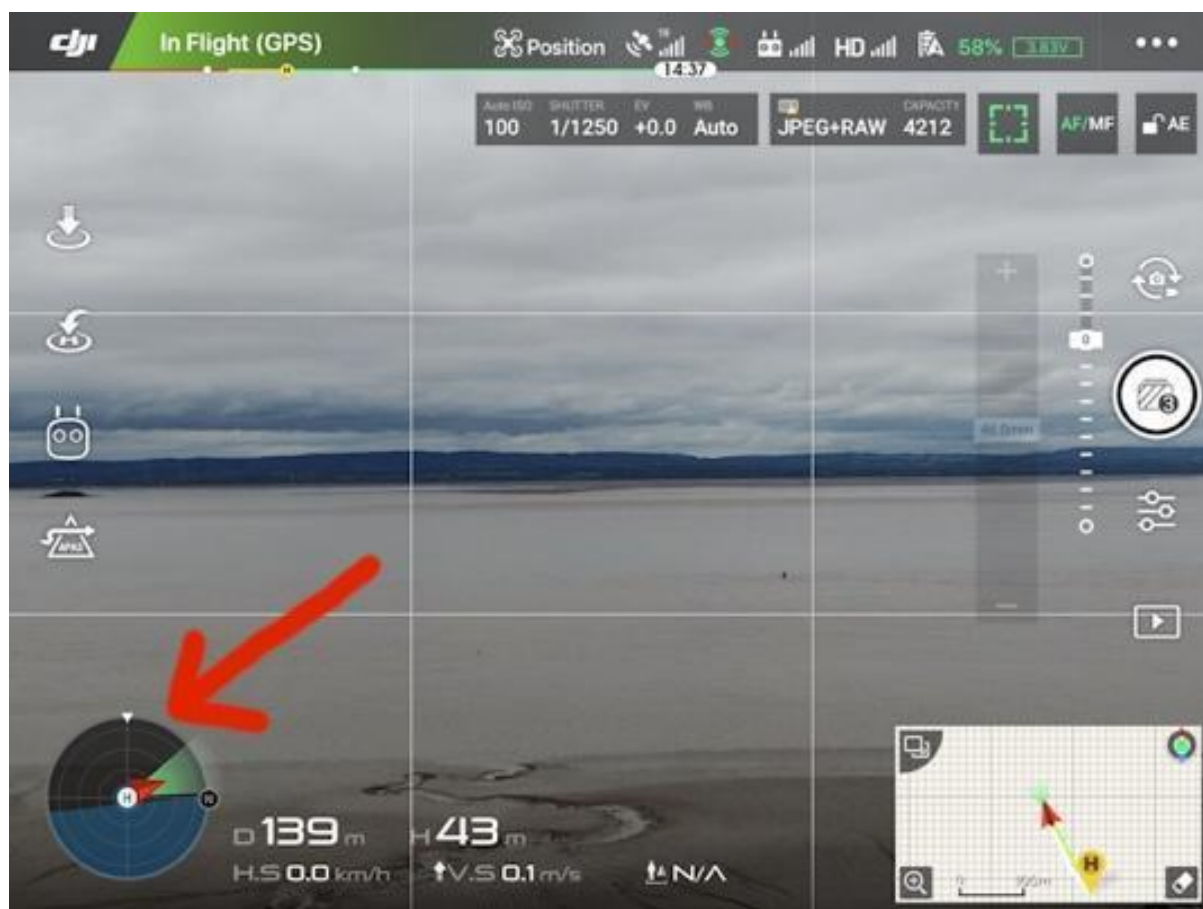
В общем значении навигация – процесс управления некоторым объектом (в том числе информационным), который имеет свойственные только ему методы передвижения в определённом пространстве.

В навигации можно выделить следующие две составляющие: теоретический обоснование и практическое применение методов управления объектом маршрутизации (её вид – маршрутизация в информационных сетях), выбор оптимального пути прохождения объекта в пространстве. В информационных технологиях, информационных системах рассматривается навигация:

- в WWW;
- на Веб-странице, на Веб-сайте.

На каждой странице Википедии вверху левой колонки имеется группа ссылок под названием «навигация».

Аэронавигация (воздушная навигация) – наука о методах вождения летательных аппаратов по заданным курсу и высоте с соблюдением определённого времени полёта.



*Рис. 36. – Пример процесса аэронавигации.*

Способы, используемые для навигации в воздухе, зависят от используемого пилотом правила полёта:

- по правилам визуального полёта (ПВП);
- правилам полёта по приборам (ППП).

Во втором случае пилот будет осуществлять навигацию исключительно с использованием пилотажных приборов и средств радионавигации, таких как радиомаяки, или следовать указаниям радарного управления, выдаваемых системой управления воздушным движением.

В случае ПВП он будет в значительной степени осуществлять навигацию с помощью методов «вычисления координат» в сочетании с визуальными наблюдениями (лоцманская проводка) со ссылкой на соответствующие карты. Это может дополняться радионавигационными средствами.

Основные виды аэронавигации:



- полёт по наземным ориентирам;
- компасная аэронавигация;
- радионавигация;
- астронавигация.

Под радионавигацией понимаются радиотехнические методы и средства получения информации о положении и движении, а также управления подвижными объектами для информационного обеспечения точного перемещения подвижного объекта по определённой траектории и его точного вывода в заданный пункт в назначенное время оптимальным для данных условий способом.

При решении навигационных задач перемещение объекта должно выполняться по определённой траектории. Проекцию траектории полёта на земную поверхность называют линией пути. Траектория состоит из совокупности точек, в которых последовательно должен находиться объект. Точку, в которой находится движущийся объект, называют его местонахождением.

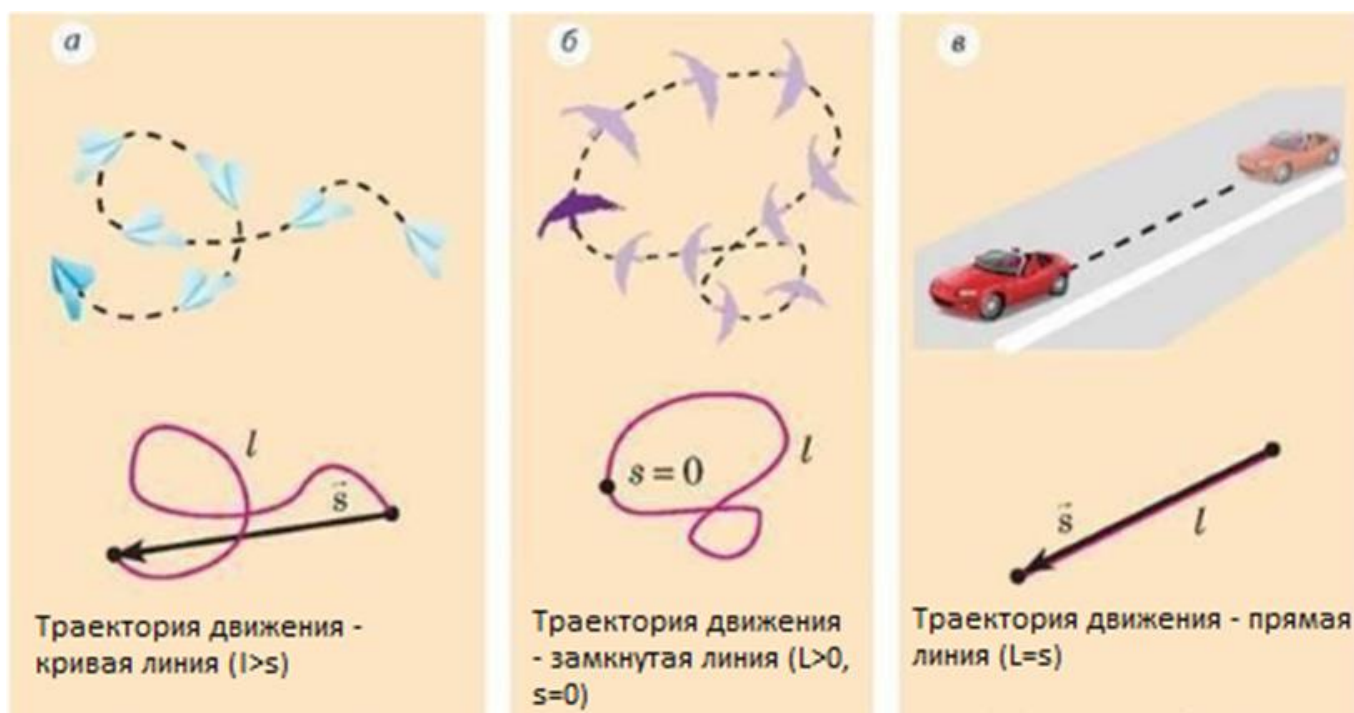


Рис. 37. – Виды траектории движения.

### 5.5.2. Ориентирование на местности

Ориентироваться на местности – умение определить свое местонахождение относительно сторон горизонта.

Стороны горизонта:

- основные – север, юг, запад и восток;

- промежуточные – северо-восток, юго-восток, юго-восток и северо-запад.

Определять стороны горизонта можно по природным объектам:

- а. Муравейники почти всегда расположены с южной стороны дерева, пня или куста.
- б. Кора у одиночных деревьев с северной стороны более толстая, часто покрыта мхом.
- в. В ясный день можно ориентироваться по Солнцу. В полдень, в 12 часов, Солнце находится на юге. Поэтому тень от предметов будет направлена на север. Линию тени север-юг называют полуденной линией.
- г. Надёжно ориентироваться можно по Полярной звезде, которая всегда указывает направление на север с точностью до 1°.

*Как запомнить:*

Для определения сторон горизонта по направлению на север нужно стать лицом на север и развести руки в стороны. Справа будет восток, слева – запад, а сзади – юг.

Алгоритм ориентирования по Полярной звезде:

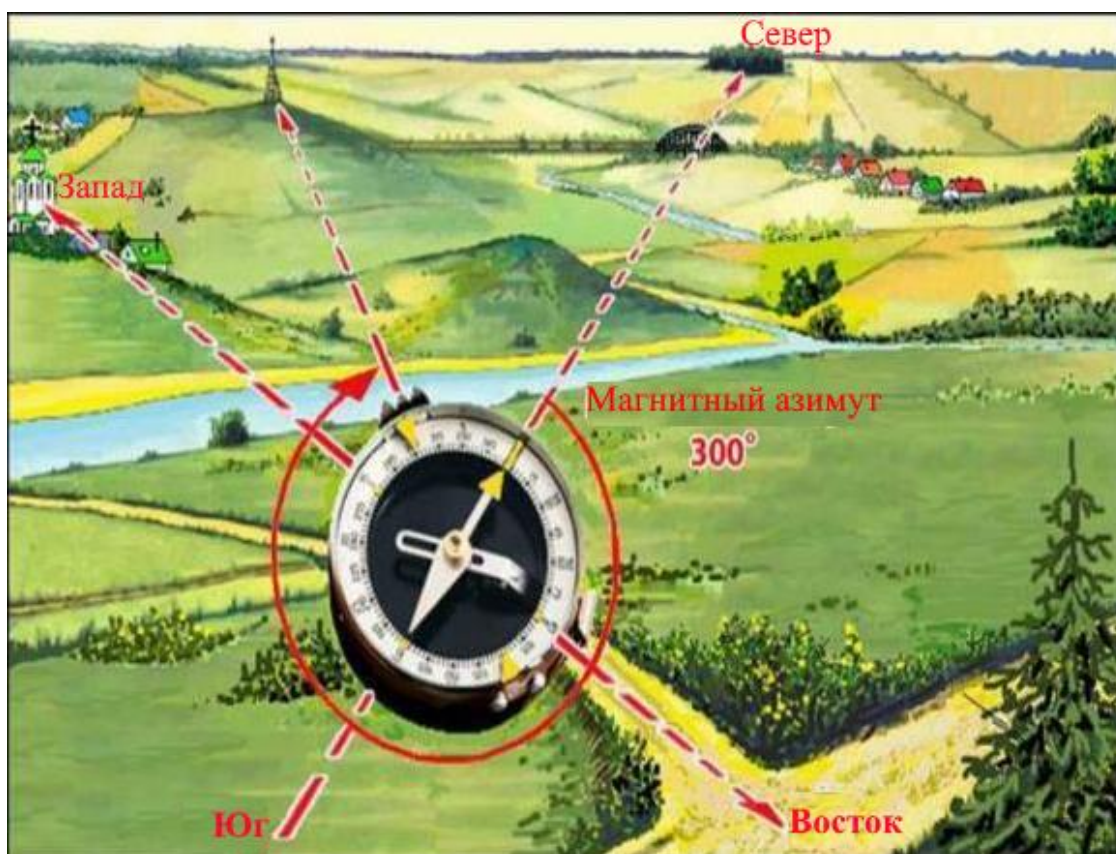
- а. Найти созвездие Большой Медведицы в виде «ковша» из семи ярких звёзд.
- б. Провести воображаемую линию через две крайние звезды «ковша».
- в. Отложить на линии пять раз расстояние, равное расстоянию между двумя крайними звёздами.

### **5.5.3. Ориентирование по компасу**

Чаще всего направление относительно сторон горизонта определяют с помощью компаса. Его намагниченная стрелка всегда одним концом показывает на север, а другим – на юг. Магнитный компас был изобретён в Китае. В регионе Средиземного моря компас появился примерно в XII веке.

Последовательность действий для ориентирования по компасу:

- а. Установить компас на горизонтальную поверхность.
- б. Освободить намагниченную стрелку с помощью специального рычага.
- в. Подождать, пока стрелка успокоится.
- г. Повернуть корпус компаса, пока отметка N (North – север) не совпадёт с направлением, указанным тёмным концом стрелки.



*Рис. 38. – Ориентирование с помощью магнитного компаса.*

#### 5.5.4. Азимут

Азимут – это горизонтальный угол между направлением на север и направлением на выбранный объект. Угол отсчитывают только по часовой стрелке. Величина азимута может изменяться от  $0^{\circ}$  до  $360^{\circ}$ .

Румб – это угол между направлением на предмет и ближайшим концом меридиана.

Меридианы указывают направление север-юг.

Алгоритм определения азимута по плану:

- а. Сориентировать план с помощью компаса. Для этого необходимо повернуть план таким образом, чтобы его направление на север совпало с направлением, которое указывает компас.
- б. Установить компас в той точке плана, откуда нужно определить азимут на тот или иной предмет.
- в. Сориентировать компас по сторонам горизонта.
- г. Определить азимут по шкале компаса, поворачивая кольцо до тех пор, пока воображаемая линия не соединит прорезь, мушку и изображение объекта, на который определяется азимут.



### 5.5.5. Изображение неровностей земной поверхности на плане и карте

Рельеф – это все неровности земной поверхности.

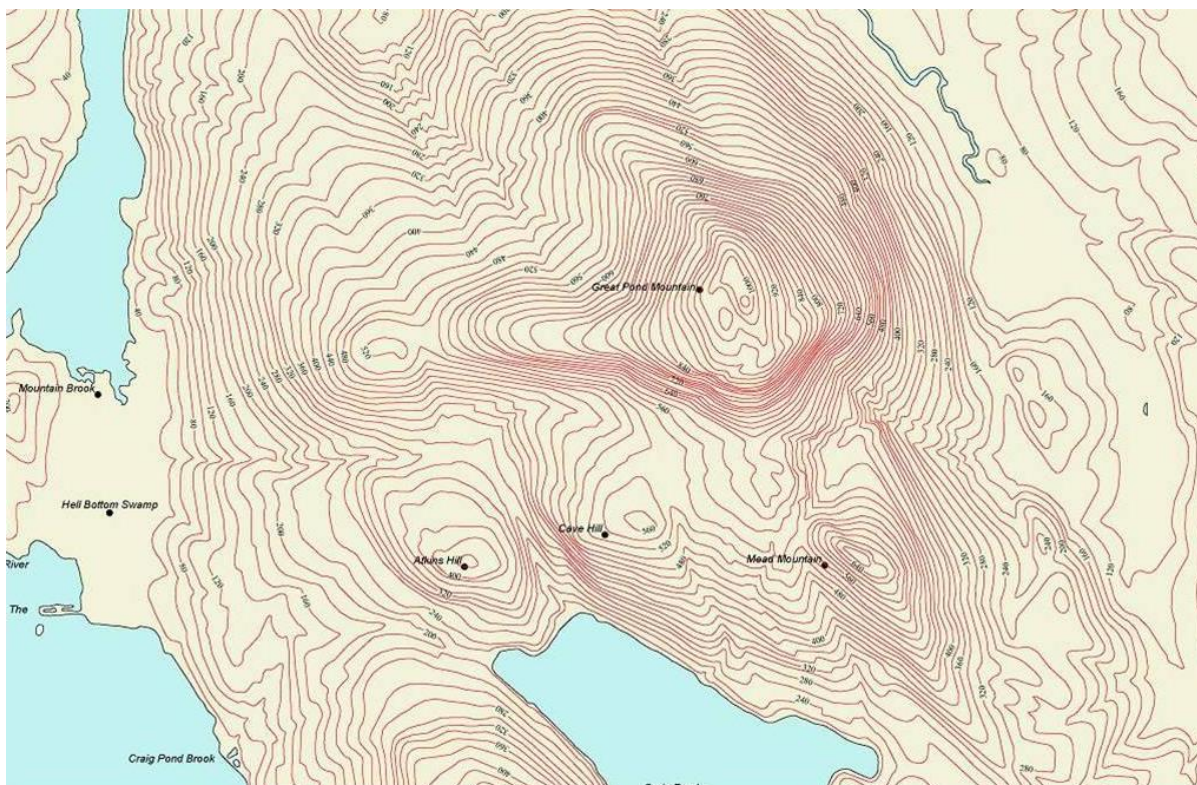
На плане и карте рельеф передают с помощью горизонталей или послойной окраски.

Горизонталь (изогипса) – линия на плане или карте, соединяющая точки местности с одинаковой абсолютной высотой относительно уровня Мирового океана.

Горизонталы на карте проводят через определённые промежутки по высоте, например, через 5, 10 или 20 метров.

Бергштрихи – короткие чёрточки, указывающие свободным концом на направление снижения склона.

При близком расположении горизонталей склон крутой, если расстояние увеличенное – пологий.



**Рис. 39.** – Горизонталы и бергштрихи.

Существует два вида высоты: абсолютная и относительная.

#### **Абсолютная высота**

Абсолютная высота – это высота местности, определённая от уровня Балтийского моря (на Земле за начало отсчёта высот принят уровень Балтийского моря (Кронштадтского футштока)).

Абсолютная высота точек, расположенных выше уровня моря – положительная, а ниже – отрицательная. Так, выше расположены горы суши, ниже – отдельные низменности.

*Например:*

Абсолютная положительная высота самых высоких гор мира Гималаев равна 8848 м над уровнем моря, а абсолютная отрицательная высота – это уровень Мертвого моря (-395 м).

На планах и топографических картах абсолютная высота определяется по горизонталям. Абсолютные высоты вершин холмов или гор показывают на планах и картах цифрой с точкой. На местности определить абсолютную высоту можно по реперу – геодезическому знаку, указывающему высоту над уровнем моря данной точки земной поверхности. По плану или топографической карте её определяют как разницу абсолютных высот двух точек.

---

### ***Относительная высота***

Относительная высота - это превышение одной точки земной поверхности над другой.

### **5.5.6. Способы изображения Земли. Земля на плане и карте**

Аэрофотоснимки могут быть плановые (сняты перпендикулярно к поверхности) или перспективные (ось съёмки наклонена под определённым углом). Представленная на них местность снята с небольшой высоты, поэтому изображение достаточно детальное.

Космический снимок – это фотография участка Земли или другого небесного тела, сделанная с космического летательного аппарата (спутника, МКС и т.д.).

---

### ***Масштаб***

Масштаб – это дробная величина, которая показывает, во сколько раз изображение местности на карте, плане или глобусе уменьшено по сравнению с его действительными размерами на Земле. То есть масштаб показывает, сколько сантиметров на местности содержится в одном сантиметре на карте.

Масштаб может быть:

- численный (1:1 000 000);
- именованный (в 1 см – 10 км);
- линейный (в виде линейки).

*Например:*

Масштаб карты 1:300 000. Это означает, что в 1 см на данной среднемасштабной карте содержится 3 км расстояния на местности.

Чем в меньшее количество раз местность уменьшена при изображении её на бумаге, тем больше масштаб изображения, и наоборот. Так, масштаб 1:25 000 будет крупнее, чем масштаб 1:1 000 000, ведь в первом случае в 1 см – 250 м, а во втором – в 1 см – 10 км. Понятно, что на более крупном масштабе местность будет изображена более детально.

---

*Следовательно, чем больше цифра в масштабе после единицы, тем он мельче.*

---

Линейный масштаб используют для того, чтобы избежать расчётов. На карте циркулем измеряют расстояние между нужными точками, а затем прикладывают циркуль к масштабу и определяют искомое расстояние на местности.

Однако не всегда на карте имеется возможность измерить расстояние в целых сантиметрах. Для более точного определения расстояний один из отрезков линейного масштаба (крайний левый) делят на более мелкие деления в 1-2 мм.

---

## **Карта**

Карта – уменьшенное обобщённое изображение на плоскости большого участка земной поверхности, выполненное с помощью условных знаков в определённой проекции и масштабе.

На карте обязательно нанесена сетка из линий, которые ориентируют по сторонам горизонта.

*Пример:*

Вертикальные линии – это меридианы, указывающие направление север-юг.

Горизонтальные линии – это параллели, указывающие направление запад-восток.

Классификация карт:

**а. По масштабу:**

- крупномасштабные (от 1:5 000 до 1:200 000). Общегеографические карты такого масштаба являются топографическими;
- среднемасштабные (от 1:200 000 до 1:1 000 000). Общегеографические карты такого масштаба называются обзорно-топографическими;
- мелкомасштабными (от 1:1 000 000 и меньше). Общегеографические карты такого масштаба называются обзорными.



**б. По назначению:**

- учебные;
- туристические;
- синоптические;
- метеорологические;
- навигационные;
- путей сообщения;
- прочие.

При составлении карты обязательно возникают искажения длины, углов, площади и формы, которые являются следствием переноса шарообразной формы Земли на плоскость. Существуют различные проекции, которые минимизируют конкретные виды искажений.

Украина находится в умеренных широтах, где проходит линия минимальных искажений конической проекции.

---

***Условные знаки***

Условные знаки на картах делятся на масштабные, внемасштабные, линейные, пояснительные.

Масштабные условные знаки передают действительные размеры объектов, выраженные в масштабе карты. Масштабные условные знаки состоят из контура. Например, контур леса или болота и его заполнение, которое обозначают цветом или штриховкой.

Внемасштабные условные знаки применяют к объектам, не выраженным в масштабе карты. Это могут быть геометрические фигуры, буквенные символы, схематические рисунки. Такими знаками на карте обозначают населённые пункты, месторождения полезных ископаемых, электростанции и другие объекты.

Линейными условными знаками на картах передают линейные объекты: реки, дороги, границы, линии связи. Например, к ним также относятся изолинии – линии с одинаковыми значениями абсолютных высот (изогипсы), температуры (изотермы), магнитных склонений (изогоны), атмосферного давления (изобары), морских глубин (изобаты), осадков (изогиеты), солёности (изогалины). Все эти условные знаки по своей длине и конфигурации являются масштабными, а по ширине – внемасштабными.

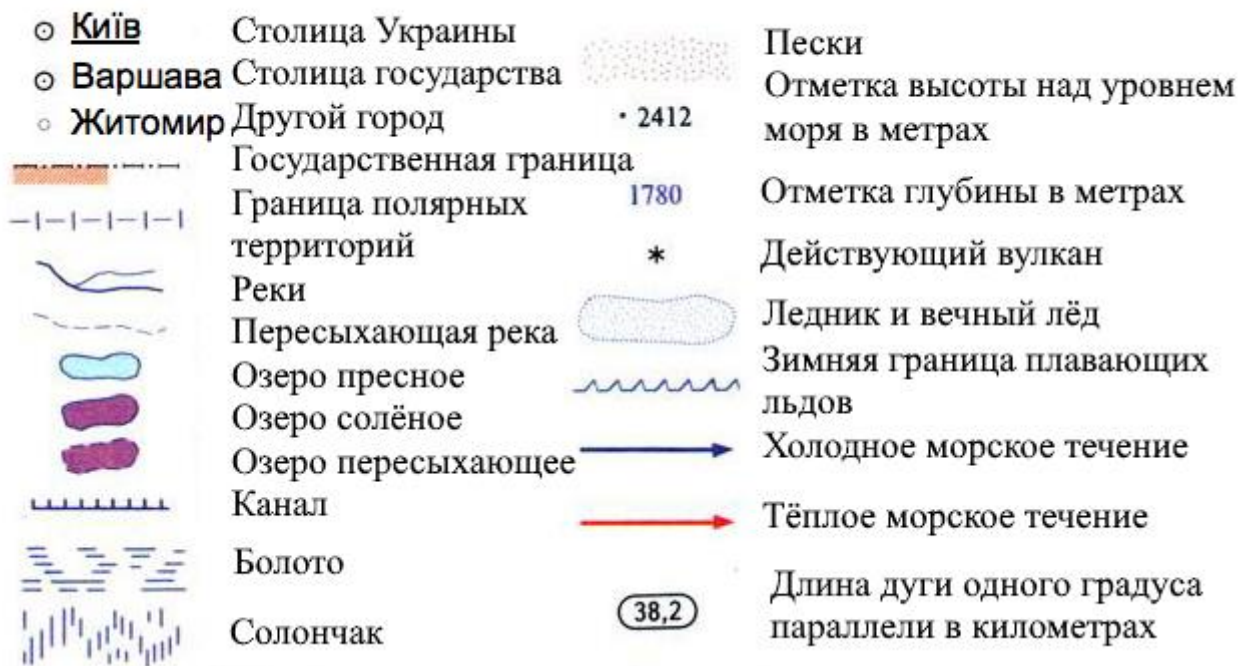
Пояснительные условные знаки - это, например, стрелки, указывающие направление течения реки, ветра и т.п.

**План**

План – чертёж небольшого участка Земли в определённом масштабе, выполненный с использованием условных знаков (без использования проекции, так как проекция применяется для изображения больших участков местности из-за кривизны).

Масштаб плана от 1:5000 и крупнее. Планы всегда ориентированы по сторонам горизонта. Основные направления север-юг обозначаются стрелкой. Направленная вверх стрелка показывает на север, вниз – на юг. Соответственно, восток будет справа, а запад – слева.

**Условные обозначения**



**Рис. 40.** – Условные обозначения.

**Сравнение плана и карты**

План	Карта
Нет параллелей и меридианов	Есть параллели и меридианы
Направление горизонта указано стрелкой	Направление север-юг показывают меридианы, запад-восток – параллели
Разные условные обозначения	
Рельеф изображён с помощью горизонталей	Рельеф изображен с помощью горизонталей и послойной окраски
Более детальное изображение	Изображены самые крупные и важные объекты (высокая степень обобщения)

### 5.5.7. Основные формы рельефа Земли

Рельеф – совокупность форм земной поверхности, различных по очертаниям, размерам, происхождению, истории развития и образованных под действием внутренних и внешних процессов.

К крупнейшим (планетарным) формам земной поверхности относятся материки и океанические впадины.

Основные формы рельефа – это равнины и горы.

Мелкие формы рельефа – это речные долины, овраги, каньоны, дюны, барханы и т.д.

---

#### **Равнины**

Равнины – относительно ровные участки земной поверхности, имеющие перепады относительных высот не более 200 метров.

Равнинам в тектонической структуре соответствуют *платформы*.

По высоте равнины делятся на:

- низменности (от 0 до 200 м над уровнем моря);
- возвышенности (от 200 до 500 м над уровнем моря);
- плоскогорья (500-700 м над уровнем моря).

Среди возвышенных равнин различают:

- плато – возвышенные равнины, отделённые от окружающих низменностей крутыми уступами.
- кряжи – остатки разрушенных возвышенностей, например, Донецкий кряж.

Первичными называют равнины, которые когда-то были морским дном, но со временем земная кора поднялась, море отступило, а его дно стало сушей (Западно-Сибирская равнина, Причерноморская низменность).

Вторичные равнины образуются в результате разрушения гор, например, на территории Африки и Восточно-Сибирское плоскогорье. Или в результате речных наносов. В Украине в значительной степени речными наносами Днепра образованы Приднепровская и Полесская низменности.

По форме равнины делятся на:

- плоские (Западно-Сибирская равнина);
- холмистые (Волынская возвышенность, Приднепровская возвышенность).



**Рис. 41.** – Карта рельефа Украины.

## **Горы**

Горы – обширные, высоко приподнятые над прилегающими равнинами участки земной коры с сильно расчлененным рельефом.

Горная страна – большая территория с горными рельефами и острыми вершинами.

Горный хребет – линейно вытянутая форма рельефа, ограниченная склонами, расходящимися в противоположные стороны.

Гребень – самая высокая часть горного хребта. Перевалы – пониженные места горных хребтов, соединяющие долины, лежащие с обеих сторон от хребта.

Горам в тектонической структуре соответствуют области складчатости.

По высоте горы делятся на:

- низкие (до 1 000 м): Урал, Крымские горы;
- средние (1 000-2 000 м): Карпаты, Скандинавские горы;
- высокие (более 2 000 м): Гималаи, Анды.

Высота гор зависит от вида составляющих их горных пород и скорости подъёма (роста гор). Так, горы, сложенные неустойчивыми породами (песчаник, известняк и другие), быстро разрушаются и, несмотря на свой «молодой возраст», имеют отдельные вершины и являются относительно невысокими. Например, Карпаты – это молодые горы альпийской складчатости, но по высоте они средние.

По возрасту горы делятся на:

- молодые (процесс горообразования еще не завершён, моложе 60 млн. лет): Альпы, Памир;
- старые (возраст образования превышает 60 млн. лет): Урал, Скандинавские горы.

Причиной разнообразия гор Земли является также их происхождение.

Самые высокие точки:

- Карпатские горы: пик Герлаховский (2655), на Украине – Говерла (2061);
- Крымские горы: Роман-Кош (1545), Ай-Петри (1234).

### 5.5.8. Гидросфера

Гидросфера – водная оболочка Земли. Водами гидросферы покрыто около 70,8% земной поверхности.

Составные части гидросферы:

- Мировой океан (океаны, моря, заливы, проливы);
- континентальные поверхностные воды, ледники и подземные воды (реки, озёра, болота, искусственные водоёмы, многолетняя мерзлота);
- атмосферные воды (водяной пар, облака, осадки).

На Земле одновременно происходят большой и малый круговороты воды.

---

*Процесс перемещения воды на земном шаре – большой (мировой) круговорот воды в природе: океан – атмосфера – суша – океан.*

---

Сначала вода испаряется из океанов, морей, рек и тому подобное. Поднимаясь вверх, водяной пар охлаждается и снова превращается в жидкость. Затем эта жидкость выпадает на землю дождём, градом, а зимой – снегом. Любые атмосферные осадки стекают по земной поверхности, например, в реки, озёра, а часть их просачивается в землю. Со временем вода вновь возвращается в океан.

Случается, что вода, которая испаряется с поверхности океана, возвращается в виде атмосферных осадков сразу в тот же океан.

---

*Это малый круговорот воды в природе: океан - атмосфера - океан*

---

### 5.5.9. Мировой океан

Площадь Мирового океана – 361 млн. км<sup>2</sup> (71% всей земной поверхности; 3/4 территории Земли, и только 1/4 её поверхности приходится на сушу).



В Мировом океане сосредоточено 96,5% всех водных ресурсов Земли, поэтому его считают главной частью гидросферы. Поверхность Мирового океана называют акваторией.

---

### ***Море***

Море – часть океана, глубоко заходящая в сушу или обособленная от океана островами и полуостровами.

Различают окраинные, внутренние и межостровные моря.

Окраинные моря размещаются по окраинам материков и мало вдаются в сушу.

Внутренние (средиземные и полузамкнутые) моря располагаются внутри материка или между материками, и соединяются с океаном одним или несколькими проливами. Например, Чёрное, Средиземное и Азовское моря с Атлантическим океаном.

Межостровные моря расположены между островами.

---

### ***Залив***

Залив – часть океана или моря, глубоко вдающаяся в сушу, но имеющая свободную связь с океаном.

В отдельных случаях название залив исторически закрепилось за такими частями.

---

### ***Пролив***

Пролив – относительно узкая часть водного пространства, соединяющая два соседних водоёма и разъединяющая участки суши.

---

### ***Части суши***

Материки – самые большие части суши, со всех сторон окружённые океанами и морями: Евразия, Африка, Северная Америка, Южная Америка, Антарктида, Австралия.

Полуостров – участок суши, с трёх сторон окружённый водой, а с четвёртой соединённый с массивом суши. Например, Крымский полуостров.

Остров – сравнительно небольшой участок суши, со всех сторон окружённый водами океана или моря. Например, остров Змеиный.

#### **5.5.10. Континентальные поверхностные воды**

Континентальные поверхностные воды – воды рек, озёр, болот, ледников, искусственных водоёмов, каналов.



## **Река**

Река – естественный водный поток, движущийся в углублении, созданном его движением.

Речная система – главная река с притоками. Речная долина – низменность от истока до устья, по которому течет река.

Если стать лицом по течению реки, справа будет правый приток, соответственно, левый – с противоположной стороны.

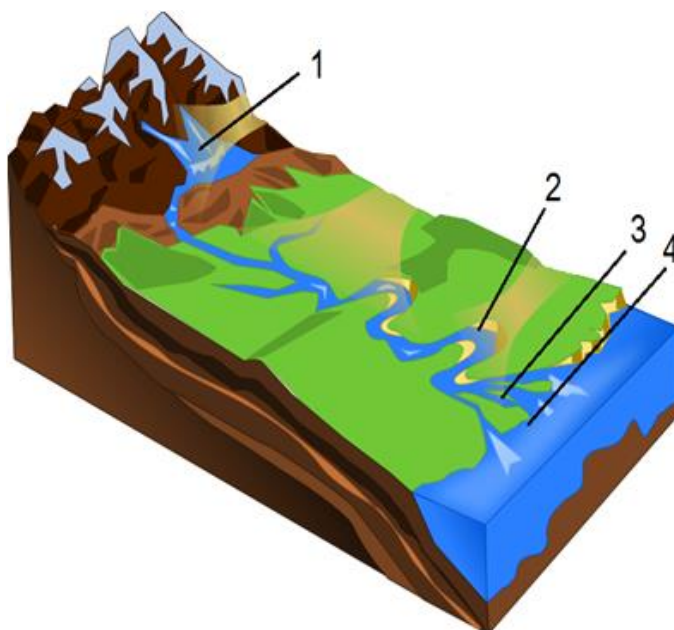
Части реки:

- а. Исток – начало реки (может быть источник, болото, ледник и т.д.).
- б. Устье – конец реки, где она впадает в другую реку, озеро, море и т.п.
- в. Русло – углубление в речной долине, по которому постоянно текут воды реки.
- г. Пойма – часть речной долины, которая затапливается при наводнении.
- д. Террасы – ступенчатые уступы на берегах реки, которые были поймами.
- е. Дельта – равнина в низовьях, созданная наносами и изрезанная протоками.
- ж. Порог – мелководный скалистый участок в русле реки.
- з. Водопад – крутое падение воды с отвесного уступа в русло реки.
- и. Бассейн реки – территория, на которой река с притоками собирает поверхностные и подземные воды.
- к. Водораздел – граница между бассейнами соседних рек.

Условные обозначения:

- 1 – исток;
- 2 – меандр (изгиб, излучина);
- 3 – дельта;
- 4 – устье.

**Рис. 42. – Схема элементов реки.**



Режим реки – изменение уровня воды в реке в течение года.

Наводнение – длительное периодическое поднятие уровня воды в реке.

Паводок – кратковременное поднятие уровня воды в реке.

Межень – самый низкий уровень воды в реке.

Ледостав – время, когда река покрыта льдом.

Ледоход - сход льда из реки.

Водное питание реки – постоянное пополнение реки водами. Оно бывает:

- снеговое;
- дождевое;
- ледниковое;
- подземное;
- смешанное.

Большинство рек суши питаются по смешанному типу с преобладанием одного из источников питания. У рек с преобладанием ледникового питания половодье летом, снегового – весной (реки умеренных широт).

По характеру течения реки бывают:

- горные (прямое русло, узкая долина и быстрое течение);
- равнинные (русло с изгибами, широкая долина и плавное течение).

Разрушительная работа реки называется эрозией.

Меандры – плавные кругообразные изгибы русла реки. Река в них течёт быстрее вдоль вогнутого берега, размывая его. Поэтому излучины постоянно увеличиваются, пока не произойдет их прорыв. Тогда часть бывшего русла остаётся сбоку, постепенно заиливается и образует старичное озеро – старицу.

---

## **Озеро**

Озеро – замкнутое природное углубление, заполненное водой. От моря озеро отличается отсутствием связи с океаном.

По происхождению:

- тектонические – образованные в разломах и опусканиях земной коры (Байкал, Танганьика);
- вулканические – образованные в кратерах потухших вулканов (озёра Камчатки, Исландии);
- ледниковые – образованные в котловинах, возникших под давлением ледника (Большое Солёное, Большое Медвежье, Ладожское);
- остаточные – остатки древних морских бассейнов, отделившихся в период поднятия побережья (Каспийское и Аральское моря – озёра, Чад);

- карстовые – расположенные в полостях, образованных после растворения водой горных пород (Шацкие озёра);
- лиманные – находящиеся на морских побережьях, в устьях древних рек (Маракайбо, Днестровский лиман). Открытые лиманы пресные, закрытые – солёные, запрудные – котловина образовалась вследствие перегораживания долины реки оползнями, обвалами (Синевир, Тана);
- старицы – участки старого русла реки в долинах равнинных рек.

По режиму:

- сточные – из которых река вытекает. Пресные, например, озеро Байкал – самое глубокое озеро в мире (1602 м), содержит запасы пресной воды мира (вытекает река Ангара).
- бессточные – солёные. Например, озеро Балхаш, которое наполовину пресное, а наполовину солёное. Западная часть озера мелководная с пресной водой, в неё впадает большая река (80% всего притока воды). Восточная часть глубокая и с большой солёностью.

---

### **Болото**

Болото – чрезмерно увлажненный участок суши со своеобразной растительностью и слоем торфа не менее 30 см.

Болота занимают 5% территории суши. Для образования необходимо много осадков, близкое расположение подземных вод, плоский рельеф, близкое залегание водонепроницаемого слоя пород .

По условиям питания:

- низинные – питаются грунтовыми водами;
- верховые – питаются атмосферными осадками;
- переходные – имеют смешанное питание, то есть как грунтовыми водами, так и атмосферными осадками.

Роль в природе:

- увлажняют воздух прилегающей территории;
- смягчают климат.

Место обитания многих видов животных и ценных видов растений. Место накопления торфа, используемого в качестве удобрения, топлива и химического сырья.

После осушения имеют высокое плодородие. Регулируют сток поверхностных вод.

---

## **Искусственные водоёмы**

Искусственные водоёмы - водоёмы, созданные человеком.

Водохранилища – большие искусственные водоёмы, созданные для накопления и хранения воды. Эту воду человек использует для выработки электроэнергии, орошения, удовлетворения питьевых потребностей и т.д.

Каналы – искусственные реки. Создают для судоходства, осушения и орошения земель.

Пруды - создают в оврагах или специальных углублениях и используют для орошения садов, огородов, ухода за животными, разведения рыбы, птиц.

---

## **Формы рельефа: овраг и балка**

Формы рельефа также образуются временными потоками вод.

Овраги – глубокие, широкие и достаточно протяжённые крутосклонные долины V-образной формы, возникающие вследствие эрозии рыхлых горных пород временными ливневыми водопотоками при мощных осадках, таянии снега, льда или ледников.

Балка – сухая или с временным водопотоком долина с плоским дном; конечная стадия развития оврагов.

## **5.6. Погода**

### **5.6.1. Пояса атмосферного давления на Земле**

Атмосферное давление – сила, с которой воздух давит на земную поверхность.

Единицы измерения атмосферного давления – миллиметры ртутного столба (мм рт. ст.), Паскали (Па). Нормальным давлением считается давление ртутного столба высотой 760 мм на широте 45° над уровнем моря при температуре 0°C.

Давление измеряется с помощью барометра.

Воздух давит на разные участки земной поверхности неодинаково. Это можно объяснить неравномерным нагревом поверхности Земли, от которой, в свою очередь, нагревается воздух. Итак, атмосферное давление зависит от температуры воздуха. При повышении температуры давление снижается, при снижении – наоборот.

От нагрева воздух расширяется, поднимается вверх и меньше давит на поверхность. При охлаждении, наоборот, сжимается и опускается вниз.

Важным фактором также является высота над уровнем моря. С поднятием вверх толщина верхних слоев атмосферы уменьшается, как уменьшается и плотность

воздуха, поэтому в тропосфере давление снижается на каждый 1 км подъёма на 100 мм ртутного столба.

На Земле существует три пояса с преобладанием низкого давления и четыре – с преобладанием высокого давления. Их образование связано с неравномерным распределением солнечного тепла на планете и свойством воздуха изменять объём и вес в зависимости от температуры.

Изобары – линии на карте, соединяющие точки с одинаковым давлением на земной поверхности.

### 5.6.2. Ветер, постоянные и переменные ветры

Ветер – движение воздуха из зоны высокого атмосферного давления в зону низкого атмосферного давления в горизонтальном или близком к нему направлении. Ветер характеризуется скоростью, силой и направлением.

Скорость ветра измеряют в метрах в секунду (м/с) или в километрах в час (км/ч).

Силу ветра определяют по давлению движущегося воздуха на предметы. Её измеряют в килограммах на квадратный метр (кг/м<sup>2</sup>). Чем больше разница в значениях атмосферного давления, тем больше скорость и сила ветра.

Направление ветра определяют по положению той стороны горизонта, откуда он дует. Отсутствие каких-либо признаков ветра называется штилем.

Флюгер – прибор для определения направления и, иногда, скорости ветра.

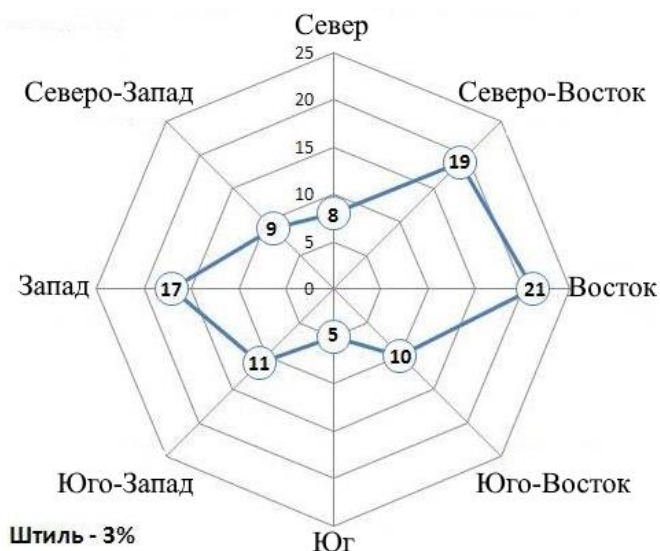


*Рис. 43. – Флюгер.*

Анемометр – прибор для определения скорости ветра.

Роза ветров – диаграмма, отображающая направления ветров, преобладающих в определённой местности. Длина её лучей пропорциональна повторяемости ветров данного направления.

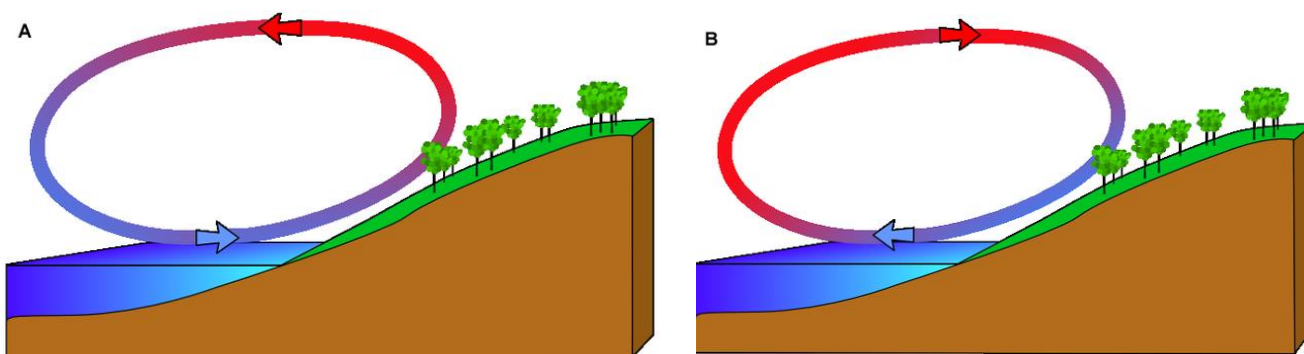
**Рис. 44.** – Роза ветров.



Западные ветры – постоянные ветры, которые дуют в умеренных широтах.

Местные ветры (бриз, фен, бора) – дуют над сравнительно небольшой территорией и значительно влияют на погоду в данной местности:

- фен – тёплый и сухой ветер, дующий с гор в долины;
- бора – сильный холодный порывистый ветер, дующий со склонов гор к тёплому морю.
- бриз – переменный ветер, дующий с суточной периодичностью на побережье морей, крупных озёр и некоторых крупных рек. Меняет своё направление дважды в день. Дневной, или морской – бриз движется с водной поверхности на сушу, а ночной, или береговой – с охлажденного побережья суши на водоём.



Условные обозначения:

а – дневной бриз; б – ночной бриз.

**Рис. 45.** – Схема бриза.

### 5.6.3. Влажность воздуха

Испарение – это переход воды из жидкого состояния в газообразное.



Испарение над определённым участком земной поверхности будет продолжаться до тех пор, пока воздух достигнет состояния насыщения водяным паром. Этот процесс зависит от температуры: чем она выше, тем больше водяного пара может вместить в себя каждый кубический метр воздуха.

Влажность воздуха – мера, указывающая на содержание водяного пара в воздухе.

Абсолютная влажность – количество водяного пара, содержащегося в воздухе в данный момент времени при данной температуре.

Относительная влажность – это степень насыщения воздуха водяным паром.

#### **5.6.4. Облака и туман**

Когда воздух становится перенасыщенным, водяной пар переходит в жидкое или твёрдое состояние. Вследствие сгущения водяного пара в приземных слоях атмосферы образуются туманы, а на определённой высоте от поверхности Земли – облака.

Туман образуется при охлаждении ночью земной поверхности и нижнего, прилегающего к ней слоя воздуха., Содержащийся в нем водяной пар сгущается. Такие приземные туманы образуются и над сушей, и над водной поверхностью.

Облака образуются, при переходе водяного пара в жидкое или твёрдое агрегатное состояние на значительной высоте над Землей. Основными компонентами облаков являются капельки воды и кристаллики льда. В зависимости от преобладания тех или иных облака бывают водяные, ледяные и смешанные.

Облачность – степень покрытия неба облаками.

---

#### ***Перистые облака***

Перистые облака имеют вид белых полосок. Они лёгкие и прозрачные, состоят преимущественно из кристалликов льда, размещаются на высоте более 6000 м, а потому осадки из них на Землю не выпадают.

---

#### ***Слоистые облака***

Слоистые и слоисто-дождевые облака низкие, мощные, часто имеют серую или темную окраску и напоминают туман. Эти облака являются смешанными и состоят как из капелек воды, так и из кристалликов льда. Из них выпадают затяжные дожди, туман, снег.

## ***Кучевые облака***

Кучевые и кучево-дождевые облака появляются летом. Это белые облака, которые постепенно растут вверх, темнеют и могут разрядиться ливнем.



*Перистые облака*



*Слоистые облака*



*Кучевые облака*

***Рис. 46. – Виды облаков.***

### **5.6.5. Воздушные массы, циклоны и антициклоны**

Воздушные массы – значительные объёмы воздуха тропосферы с однородными свойствами: температурой (тёплые и холодные), влажностью (сухие (континентальные) и влажные (морские)), давлением, прозрачностью.

Основные типы воздушных масс:

- экваториальные (тёплые, влажные);
- тропические (тёплые, преимущественно сухие);
- умеренные (температура меняется по сезонам, преимущественно влажные);
- арктические и антарктические (холодные, сухие, прозрачные).

Между воздушными массами с различными свойствами возникают узкие переходные зоны с наибольшей разницей температуры, давления и скорости ветра – атмосферные фронты.

Атмосферные фронты бывают тёплые и холодные.

Тёплый атмосферный фронт формируется, когда тёплый воздух наступает, а холодный отступает перед ним. Тёплый воздух, двигаясь быстрее холодного, медленно поднимается вверх и охлаждается. При этом водяной пар сгущается, образуются облака, из которых затем выпадают продолжительные осадки.

Холодный атмосферный фронт формируется, когда холодный воздух движется в сторону тёплой воздушной массы. Двигаясь вперед, холодный и тяжелый воздух подтекает под тёплый и вытесняет его вверх. С этим фронтом связаны похолодание, образование кучево-дождевых облаков, грозы, ливни.

Циклоны – область приземного слоя атмосферы с низким атмосферным давлением, где ветры дуют от периферии к центру. Благодаря силе вращения Земли воздух в циклонах Северного полушария движется против часовой стрелки, а в Южном – по часовой. В центре циклона преобладает восходящее движение воздуха, что приводит к снижению давления. Поднятие воздуха способствует сгущению водяного пара, образованию облаков и осадков.

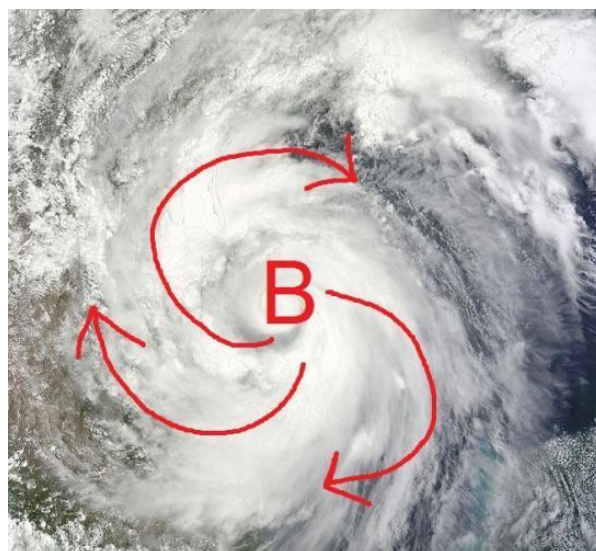
*Летом циклон приносит прохладную, дождливую или облачную погоду, а зимой – повышение температуры, оттепель, осадки.*

Антициклоны – область повышенного атмосферного давления, где воздух растекается от центра к периферии. В центре антициклона преобладает нисходящее движение воздуха, что обуславливает рост давления и повышение температуры. Благодаря нагреванию воздух постепенно становится сухим, что не способствует образованию облаков и осадков.

*Летом антициклон приносит жаркую, ясную погоду, а зимой – холодную, ясную погоду.*



**Рис. 47.** – Циклон.



**Рис. 48.** – Антициклон.

#### 5.6.6. Виды осадков и закономерности их распределения

Атмосферные осадки – влага, выпадающая из облаков или выделяемая из воздуха на поверхность Земли в твёрдом или жидком состояниях. Изогеты – линии на географической карте, соединяющие точки с одинаковым количеством осадков.

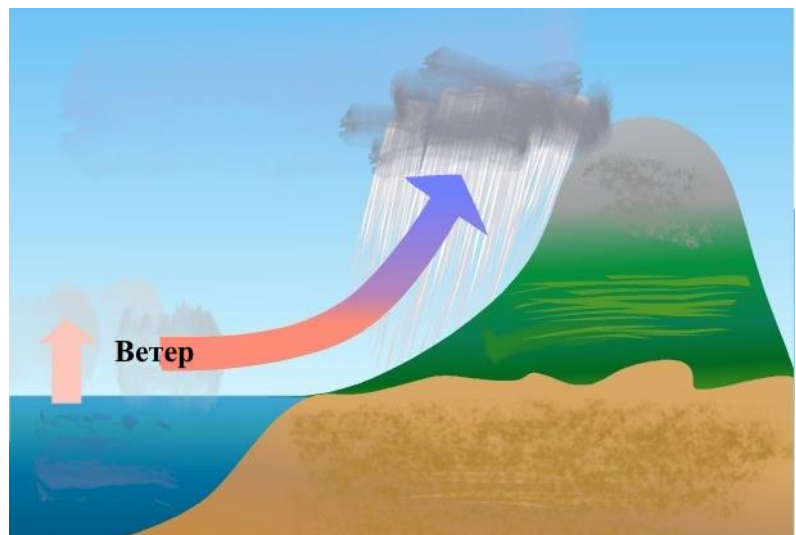
Количество осадков измеряют (в миллиметрах или сантиметрах) по слою воды с помощью осадкомеров различных конструкций и пьювиографа, который непрерывно фиксирует изменения интенсивности дождя.

Основные факторы формирования осадков:

- восходящее движение воздуха;
- наличие в воздухе достаточного количества водяного пара для образования осадков;
- образование атмосферного фронта;
- повышение рельефа.

Основным поставщиком воды в атмосферу является Мировой океан, поэтому над ним в целом осадков выпадает больше, чем над сушей. У экватора выпадает наибольшее количество осадков (от 2000 до 3000 мм в год), так как там зона низкого атмосферного давления.

Преобладает восходящее движение воздуха. При поднятии тёплого насыщенного водяным паром воздуха он охлаждается, конденсируется, происходит механизм образования дождевых облаков.



**Рис. 49.** – Образование осадков.

В тропических широтах количество осадков значительно уменьшается, так как там атмосферное давление повышено. В пустынях выпадает менее 250 мм. Преобладают нисходящие движения. Опускаясь, воздух нагревается, и его относительная влажность уменьшается, облака не образуются.

С приближением к умеренным широтам количество осадков увеличивается, поскольку в этой зоне заниженное атмосферное давление, хорошо развиты восходящие потоки воздушных масс и действуют атмосферные фронты и циклоны. Так, на большей части Европы выпадает от 600 до 1000 мм осадков.

Количество осадков от умеренных к полярным широтам уменьшается. Это обусловлено снижением температуры и содержания влаги в воздухе и преобладанием нисходящих потоков воздуха.

В приполярных широтах Северного полушария зона высокого атмосферного давления, количество осадков колеблется в пределах 150-300 мм в год. Холодный воздух тяжёлый, сосредотачивается на поверхности Земли; низкие температуры не дают воздуху «собрать» много водяного пара.

В Южном полушарии в целом выпадает больше осадков, чем в Северном, поскольку в нём преобладают водные пространства. Но общие особенности распределения осадков здесь такие же, как и в Северном полушарии.

Широтное распределение осадков на земном шаре нарушается из-за влияния отдельных ветров, океанических течений и рельефа. Так, очень много осадков выпадает в зоне действия муссонов. Однако наибольшее количество осадков на Земле наблюдают на южных склонах Гималаев. Здесь в городке Черапунджи в среднем выпадает 11 000 мм осадков в год. Основной причиной этого является поднятие влажного воздуха, вызванное наличием склонов гор. Усиливает образование осадков в этой местности летний муссон с Индийского океана.

---

### **Дождь**

Дождь – вода, которая выпадает из облаков и достигает земли в виде капель.

Образуется при конденсации водяного пара, когда размер облачной капли воды превышает 0,5 мм. Различают слабые, умеренные и сильные (ливневые) дожди.

---

### **Снег**

Снег – это твёрдые атмосферные осадки, выпадающие из облаков в виде ледяных кристалликов.

Образуется из снежных облаков при температуре ниже 0°C. Льдинки-кристаллы образуются тогда, когда водяной пар быстро охлаждается и переходит из газообразного состояния в твердое, минуя жидкое (сублимация).

---

### **Град**

Град – это атмосферные осадки в виде сильных ледяных частиц неправильной формы, которые образуются из кучево-дождевых облаков при температуре ниже 0°C.

Льдинки не успевают растаять и падают с облаков со значительной скоростью.

---

### **Туман**

Туман – вид атмосферных осадков в виде скопления продуктов конденсации водяного пара (капелек воды) на поверхности Земли.

Образуется непосредственно из атмосферного воздуха при охлаждении воздуха от земной поверхности или при испарении из тёплой воды в холодный воздух. Во время тумана видимость плохая.

### ***Роса, иней и изморозь***

Роса – капельки воды, образующиеся на поверхности почвы и растений, когда ночью поверхность Земли и приземные слои воздуха быстро охлаждаются, а водяной пар конденсируется.

Иней – тонкий слой кристалликов льда на земной поверхности. Он образуется так же, как и роса, только при температуре ниже 0°C. Часто с инеем путают изморозь.

В отличие от инея, изморозь – это рыхлые белые скопления кристалликов льда, налипающие на ветках деревьев, проводах и других предметах во время сильных морозов и туманов.

### **5.6.7. Погода, её элементы, типы, изменение во времени**

Погода – это состояние нижнего слоя атмосферы в данной местности в определённый момент (или промежуток) времени.

Основными характеристиками погоды являются:

- температура воздуха;
- атмосферное давление;
- ветер;
- влажность;
- облака и облачность;
- осадки, гроза и тому подобное.

Главной особенностью погоды является её изменчивость.

Факторы, обуславливающие изменчивость погоды:

- изменение угла падения солнечных лучей в течение суток, месяца, года, что влияет на температурные условия каждой территории;
- неоднородность рельефа и движение воздушных масс;
- образование циклонов и антициклонов.

Различают периодические и непериодические изменения погоды.

Периодические изменения погоды связаны с движением Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца. Это, в частности, суточные и сезонные изменения температуры и влажности воздуха, направления ветра.

Непериодические изменения погоды обусловлены перемещением воздушных масс, атмосферных фронтов, циклонов и антициклонов.



Тип погоды – это общая характеристика погоды, включающая её основные элементы.

По температурным условиям погоду разделяют на три типа:

- безморозная;
- с переходом температуры через 0°C;
- морозная.

Безморозная погода преобладает в течение года в основном в экваториальных и тропических широтах.

Погода с переходом через 0°C характерна для переходных сезонов – весны и осени – и бывает только в умеренных широтах.

Морозную погоду наблюдают в умеренных и полярных широтах.

Метеорология – наука о земной атмосфере, явлениях и процессах, которые в ней происходят. Объектом изучения метеорологии являются метеорологические элементы.

Прогноз погоды – информация о состоянии погоды в будущем.

Предсказывать погоду можно синоптическими методами или по местным признакам.

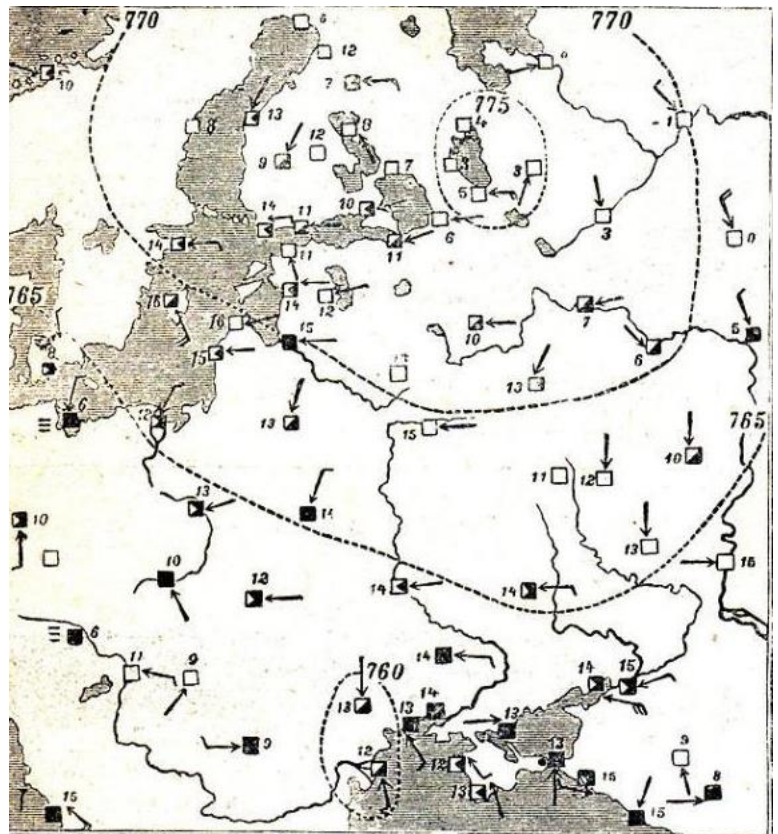
Синоптические методы – постоянные научные наблюдения за состоянием погоды с помощью различных приборов, в том числе и космических; составление синоптических карт, на которых условными обозначениями наносят результаты одновременных наблюдений за погодой на сети метеорологических станций.

---

### ***Синоптическая карта***

По местным признакам – использование народных наблюдений за предвестниками изменений погоды, народных примет.

Рис. 50. – Синоптическая карта.



**Давление**

При поднятии на 1 км температура воздуха снижается на  $6^{\circ}\text{C}$ , а атмосферное давление на 100 мм рт.ст. С углублением  $t$  почвы повышается на  $3^{\circ}\text{C}$  на каждые 100 метров. Нормальное давление (0 м над уровнем моря) = 760 мм рт. ст.

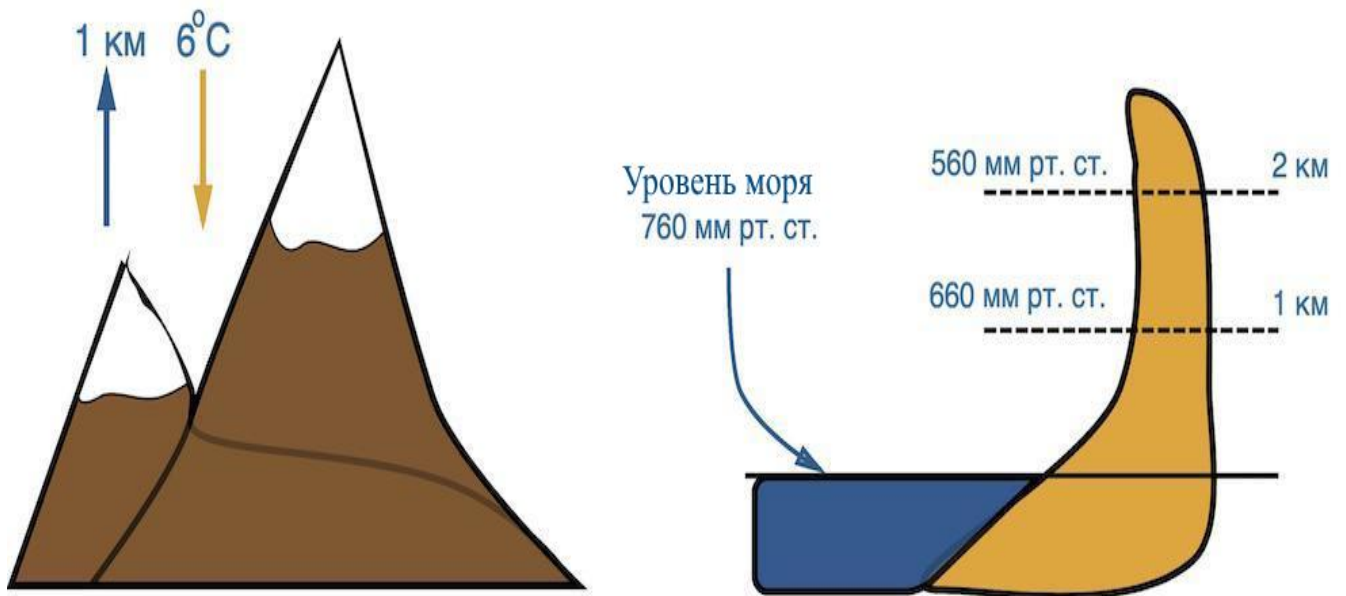


Рис. 51. – Изменение температуры и давления воздуха с высотой.

## Программы прогноза погоды и ветра

UAV Forecast, Windy.com.



Рис. 52. – Скриншот экрана программы UAV Forecast.

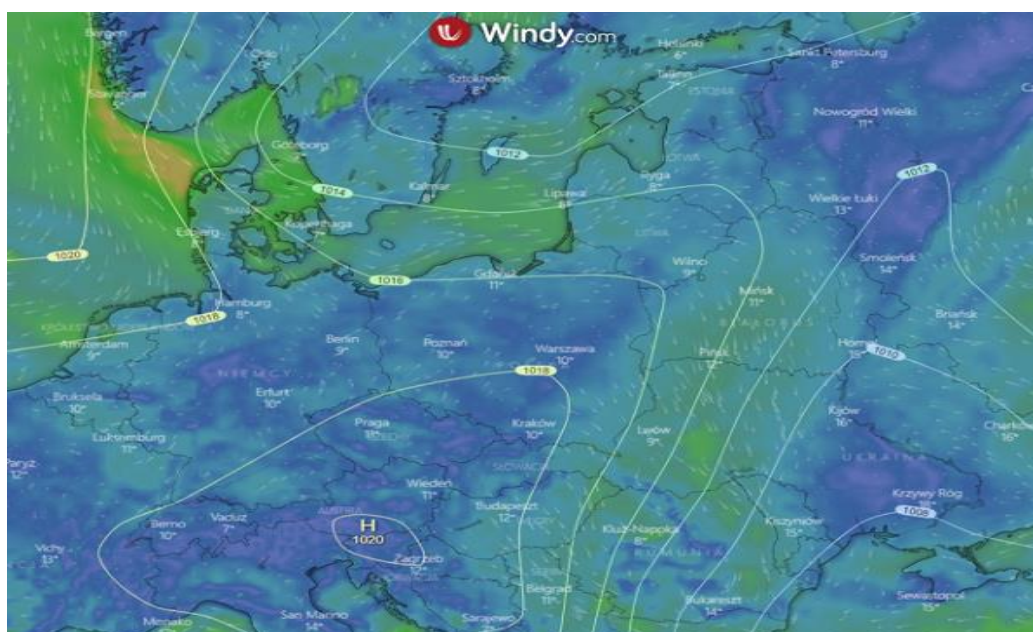


Рис. 53. – Скриншот экрана программы Windy.com.

Справочно:

1 га = 10 000 м<sup>2</sup>

Расстояние 1° вдоль любого меридиана = 111,1 км, примерно 111 км.

Расстояние 1° дуги экватора (0° ш.) = 111,3 км, примерно 111 км.

Экватор = примерно 40 тыс. км.