

# Навигация часть 1



# Навигация-

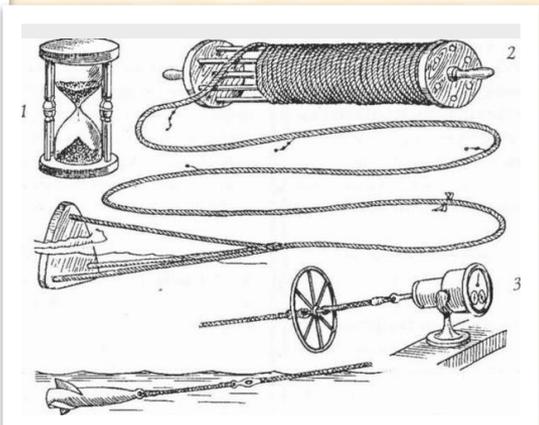
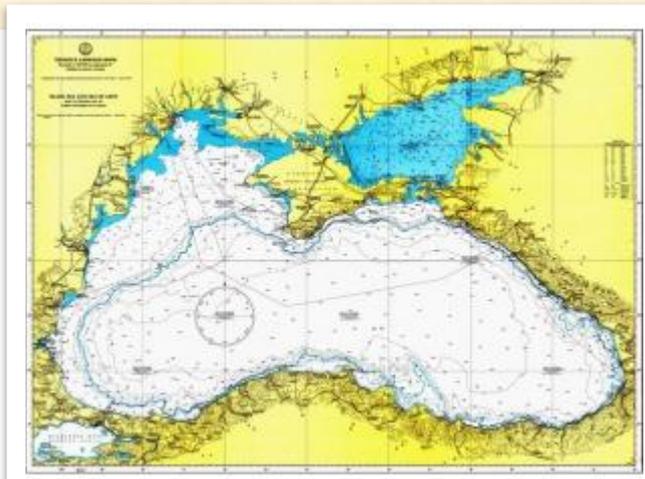
Основной раздел судождения, в котором разрабатываются теоретические обоснования и практические приёмы вождения судов

Основы морской навигации в современном понимании были созданы при начале использования магнитной стрелки **компаса** для определения курса судна. Первые упоминания об этом традиционно относятся к XI веку. Важным этапом развития навигации стало начало составления **карт в прямой равноугольной цилиндрической проекции** (Г. Меркатор, 1569), в более ранние времена в картографии не было единого стандарта. Большим шагом вперёд послужило изобретение в XIX веке механического **лага** — прибора, измеряющего скорость судна.

В конце XIX — начале XX веков успехи в развитии физики и исследовании электричества послужили основой создания электронавигационных и радиотехнических приборов судождения.

В России первое учебное пособие по морской навигации было написано в 1703 году Л. Ф. Магницким, преподавателем «Школы математических и навигацких наук», основанной Петром I двумя годами ранее. Большой вклад в разработку морской навигации внесли и другие русские мореплаватели и учёные: С. И. Мордвинов, Л. Эйлер, М. В. Ломоносов и другие.

Кругосветные плавания и географические научные экспедиции способствовали дальнейшему развитию науки судождения. Новый этап в развитии навигации и штурманского дела открыло изобретение **радио**.



# Компас

- устройство, облегчающее ориентирование на местности путем указания на магнитные полюса Земли. Существуют несколько принципиально различных видов компаса:

- магнитный компас
- гирокомпас
- астрономический компас
- радиокompас
- спутниковый компас.



# Магнитный компас

Принцип действия основан на **взаимодействии** поля постоянных магнитов компаса с горизонтальной составляющей магнитного поля Земли. Свободно вращающаяся магнитная стрелка поворачивается вокруг оси, располагаясь вдоль силовых линий магнитного поля т.о. стрелка всегда параллельна направлению линии магнитного поля.

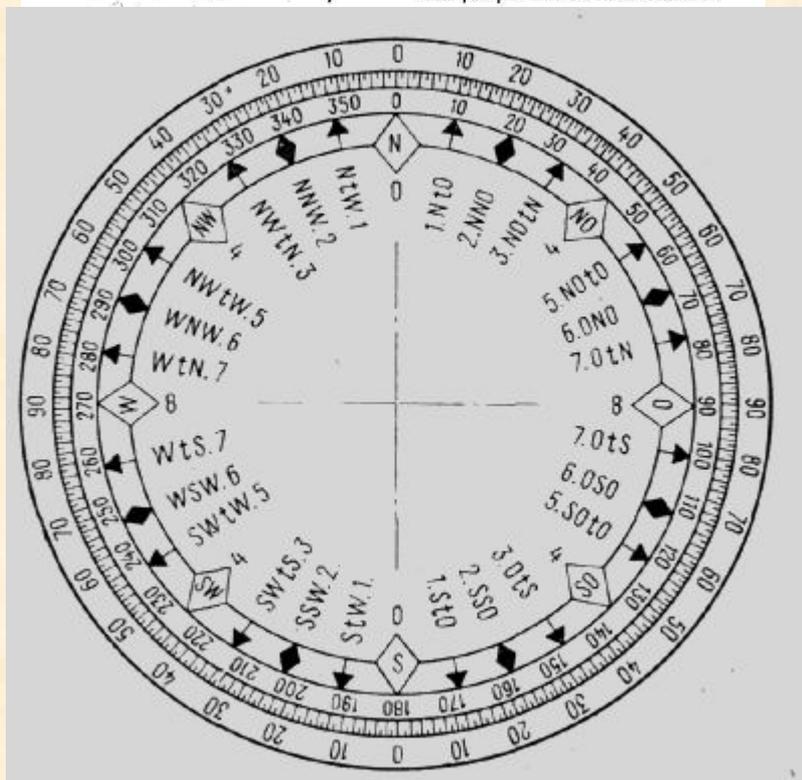
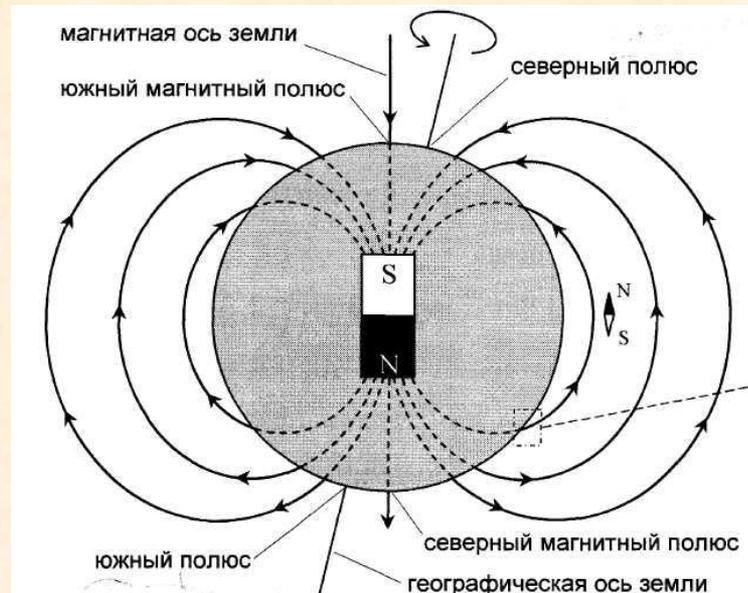
**Картушка** — подвижный диск (или кольцо) из немагнитного материала в магнитном компасе или из материала в репитерах гирокомпаса с равномерно нанесёнными по окружности делениями градусной или румбовой системы. Используется для удобства ориентирования по сторонам света. Направление на север — **N (норд)**, восток — **O (ост)**, запад — **W (вест)**, юг — **S (зюйд)** называется **главными румбами**.

Средние линии четвертей между главными румбами называются **четвертичными румбами**: NE, SE, SW, NW. Четвертичные делятся еще пополам **трехбуквенными румбами**: NNE, ENE, ESE, SSE, SSW, WSW, WNW, NNW.

Последние еще пополам на **промежуточные румбы** (производные от трехбуквенных с добавлением t - «тень» заимствованным из нидерландского, где он является предложением, слившимся с артиклем дательного падежа — *te + den = ten*), которых 32. Промежуточные румбы составляют  $1/32$  от  $360^\circ = 11,25^\circ$ .

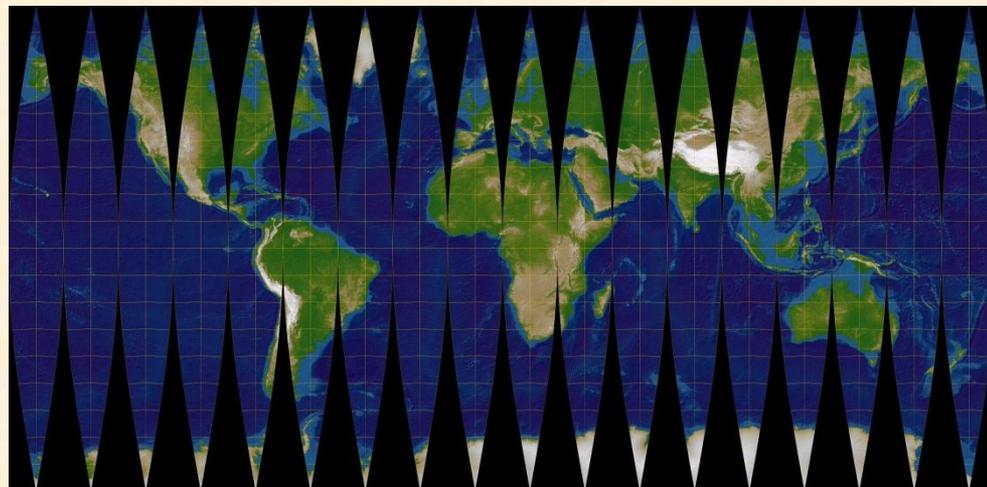
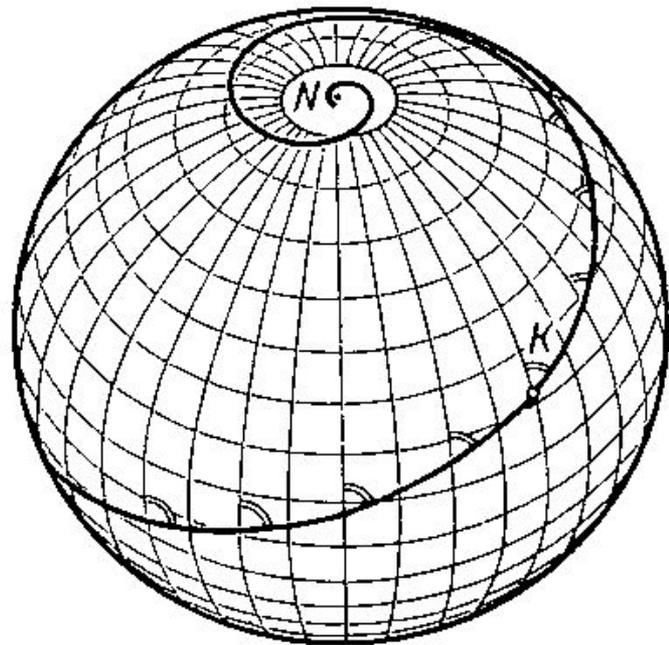
**В румбах указывают:**

- Направление ветра (в компас)
- Направление зыби (в компаса)
- Направление течения (из компаса)



# Навигационные карты

Равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора «Равноугольная» в названии проекции подчёркивает то, что проекция сохраняет углы между направлениями. Масштаб на карте в этой проекции не является постоянным, он увеличивается от экватора к полюсам, однако масштабы по вертикали и по горизонтали всегда равны, чем, собственно, и достигается равноугольность проекции. На картах в данной проекции всегда указывается, к какой параллели относится основной масштаб карты. Все локсодромы в ней изображаются прямыми линиями. Меридианы в проекции Меркатора представляются параллельными равноотстоящими линиями.



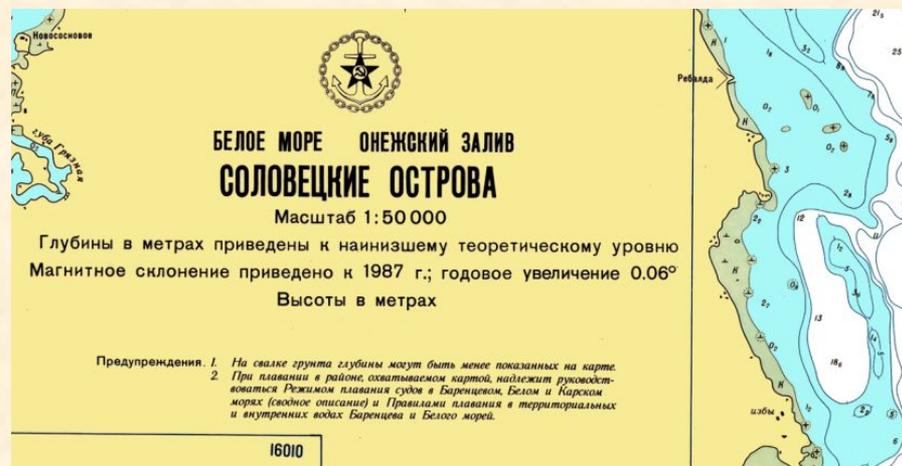
Параллели же представляют собой параллельные линии, расстояние между которыми равно расстоянию между меридианами вблизи экватора и быстро увеличивается при приближении к полюсам. Сами полюсы не могут быть изображены на проекции Меркатора (это обусловлено особенностями функции, отображающей координаты на сфере на координаты на плоскости), поэтому обычно карту в проекции Меркатора ограничивают областями до **80—85° северной и южной широты.**

## Важно помнить:

- 1) меридианы (долготы) и параллели (широты) на этих картах изображаются прямыми линиями и взаимно перпендикулярны;
- 2) курс судна из точки А в точку В по поверхности Земли на карте меркаторской проекции изображается прямой линией;
- 3) расстояние, равное 1' (минуте широты) = 1 морской миле.

# Навигационные карты

**Морская навигационная карта (МНК)** используется для обеспечения судовождения и безопасности плавания. Карты данного вида обычно представлены в равноугольной нормальной цилиндрической проекции Меркатора. МНК отражают: береговую линию и характер берегов, рельеф дна, глубины и характеристики донного грунта, опасные для судовождения объекты и препятствия (скалы, камни, затонувшие суда), естественные и искусственные навигационные объекты, фарватеры, места для якорных стоянок, знаки разделения движения судов, информацию о приливах, а также данные об участках суши, попавших в поле карты (реки, рельеф, дорожная сеть, населённые пункты и другое).



По масштабу и назначению морские навигационные карты делятся на:

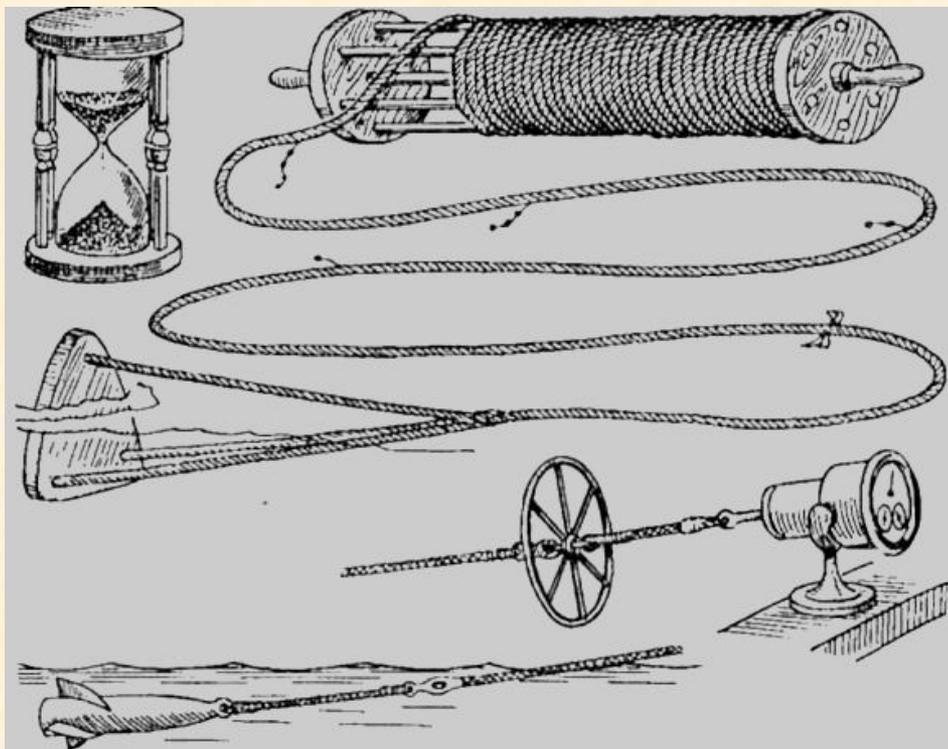
- **генеральные** (масштаб 1:5 000 000 — 1:1 000 000) - предназначены для общего изучения условий плавания и общих навигационных расчетов, предварительной прокладки перехода при плавании в открытом море в большом удалении от берегов.
- **путевые** (масштаб 1: 1 000 000 — 1: 100 000) - предназначены для обеспечения плавания между портами в значительном удалении от берега и вне его видимости.
- **частные** (масштаб 1: 100 000 — 1:25 000) - предназначены для обеспечения плавания в непосредственной близости от берега или в стесненных условиях (в узкостях, шхерах и т. д.)
- **морские планы** (масштаб 1:25 000 — 1: 500) - предназначены для руководства при входе в порты, бухты, на рейды, якорные места и т. д.

В СССР, а теперь в России, морские навигационные карты издаются ГУНиО МО РФ (ныне УНиО МО РФ) на листах размером 75×100, 50×75, 38×50 см. в масштабе от 1:500 до 1:10000000. Нумерация навигационных карт производится по схеме ABCDD, где А — морской район, В — масштаб, С — море или часть морского района, DD — номер карты в районе (увеличение нумерации по часовой стрелке начиная с севера).

# Лаг

- прибор, предназначенный для измерения скорости движения судна.

Первоначально представлял собой доску треугольной формы (сектор) с привязанной к ней верёвкой (линем, лаглинем) и грузом. На лине на одинаковом расстоянии друг от друга завязываются узлы. Доска выбрасывается за корму и пересчитывается количество узлов, ушедших за борт за определенное время (обычно 15 секунд или 1 минуту). Отсюда пошло измерение скорости судна в узлах, 1 узел численно равен 1 морской миле в час.



Первый **механический лаг** Томаса Уолкера, пришедший на смену ручному, представлял собой вертушку с лопастями, спускаемую с кормы судна. Она крутилась в потоке воды за кормой с разной скоростью, напрямую зависящей от скорости движения судна, а идущий от нее жесткий лаглинь накручивал в свою очередь механический счетчик, указывающий не только скорость, но и пройденное расстояние. Устройство было запатентовано в 1861 году в Англии. Применение механического лага позволило сделать счисление точнее, **ведь помимо скорости, он стал суммировать и пройденный путь**, что сильно повлияло на определение места судна.

# Основные понятия

Форма Земли (геоид) близка к сплюснутому эллипсоиду. Расхождение геоида с аппроксимирующим его эллипсоидом достигает 100 метров. Средний диаметр планеты составляет примерно 12 742 км, а окружность — 40 000 км. В судовождении можно пренебречь, без ущерба точности решений многих навигационных задач, и принять Землю за шар. При этом условии расчетный радиус Земли  $R=637110\text{м}$ .

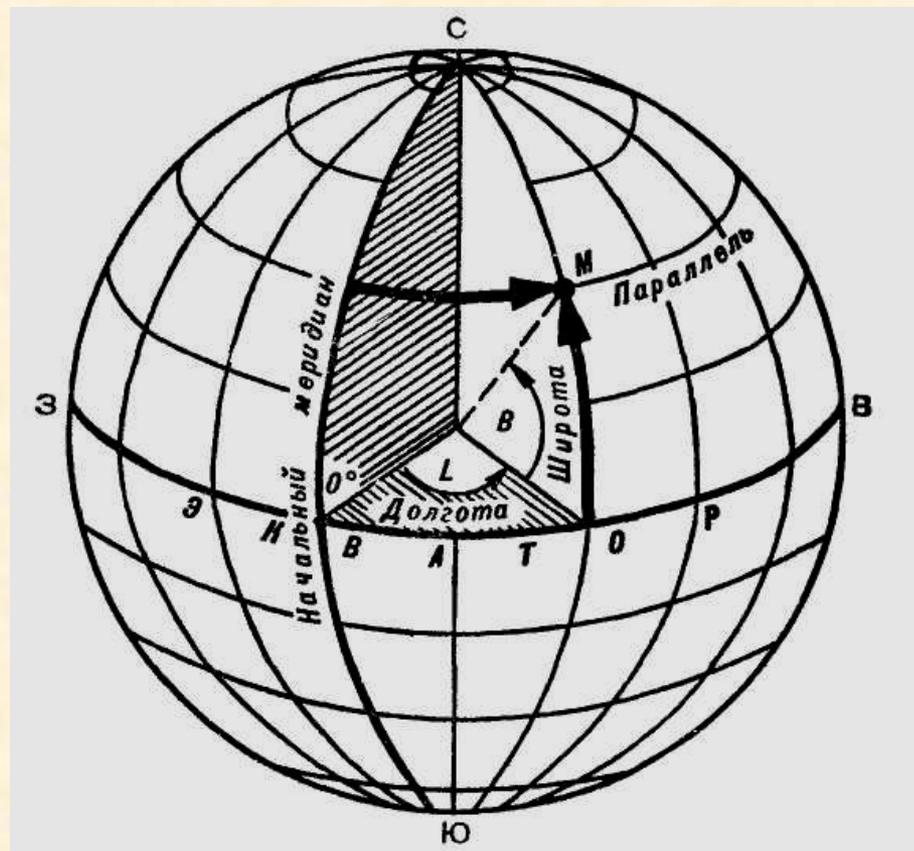
**Параллель** — линия сечения поверхности планеты плоскостью, параллельной плоскости экватора.

**Меридиан** — обозначающий линию сечения поверхности плоскостью, проходящей через ось вращения или симметрии.

Для записи географических координат может использоваться любой эллипсоид (или геоид), но чаще всего используются WGS84 и Красовского (на территории РФ).

Пример :

1. Форт Тотлебен -  $60^{\circ}05'09''\text{ N } 29^{\circ}50'55''\text{ E}$
2. Остров Гюгланд -  $60^{\circ}04'\text{ N } 27^{\circ}00'\text{ E}$
3. Барбадос -  $13^{\circ}10'00''\text{ N } 59^{\circ}33'00''\text{ W}$



**Широта** — Угловое отстояние параллели, проходящей через заданную точку, от земного экватора. Широта экватора  $0^{\circ}00',0$  и используется для начала отсчета широт до  $90^{\circ}$  на Север и Юг. К численному обозначению добавляют буквенное: N – северная, S – южная.

**Долгота** — Угловое отстояние меридиана, проходящего через заданную точку, от земного экватора. Долгота города Гринвича принята за  $0^{\circ}00',0$  и используется для начала отсчета долготы до  $180^{\circ}$  на Запад и Восток. К численному обозначению добавляют буквенное: E – восточная, W – западная.

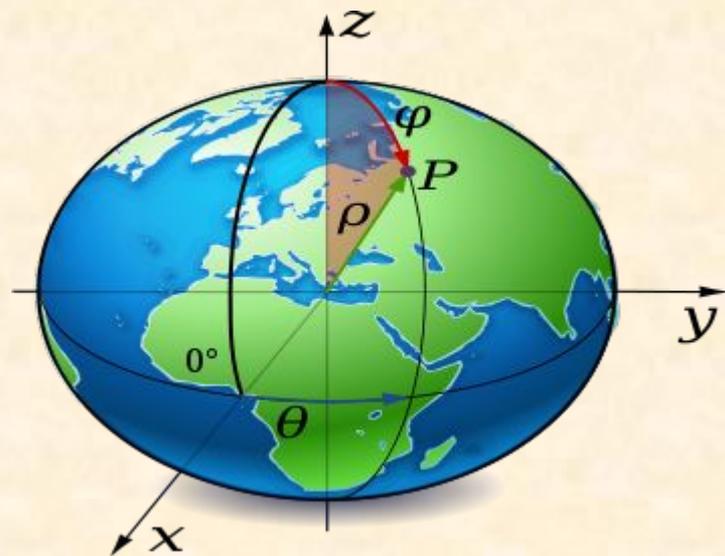
# Модели Земли

**Датум** — набор параметров, используемых для смещения и трансформации референц-эллипсоида в локальные географические координаты.

*«Понятие «Датум» используется в геодезии и картографии для наилучшей аппроксимации к геоиду в данном месте. Датум задается смещением референц-эллипсоида по осям:  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , а также поворотом декартовой системы координат в плоскости осей на угол  $rX$ ,  $rY$ ,  $rZ$ . Также необходимо знать параметры референц-эллипсоида  $a$  и  $f$ , где  $a$  — размер большой полуоси,  $f$  — сжатие эллипсоида.»*

Чаще всего с датумами приходится сталкиваться в GPS-приемниках, в ГИС-системах и в картографии при использовании какой-либо локальной координатной сети. Преобразование координат в таких системах из одного датума в другой может, в общем случае, выполняться автоматически.

**Неверная установка датума (либо неправильное его преобразование) в итоге дает горизонтальные и вертикальные ошибки определения места величиной от нескольких до сотни и даже больше метров.**



- **WGS84** (World Geodetic System 1984). Глобальный датум, использующий геоцентрический общемировой эллипсоид, вычисленный по результатам точных спутниковых измерений. Используется в системе GPS. В настоящее время принят как основной в США.
- **Пулково-1942** (СК-42, Система координат 1942) Локальный датум, использующий эллипсоид Красовского, максимально подходящего к европейской территории СССР. Основной (по распространенности) датум в СССР и постсоветском пространстве.
- **ПЗ-90** (Параметры Земли 1990) Глобальный датум, основной (с 2012 года) в Российской Федерации.
- **NAD27** (Nord American Datum 1927). Локальный датум для североамериканского континента.
- **NAD83** (Nord American Datum 1983). Локальный датум для североамериканского континента.

**Важно знать какой датум используется в вашем GPS и на вашей карте!**

# Расстояние, скорость, глубина.

Для навигационных целей расстояние в море измеряется в морских милях. **Одна морская миля равна одной минуте широты.**

Морская миля = 1852 м = 1' = 1/60°

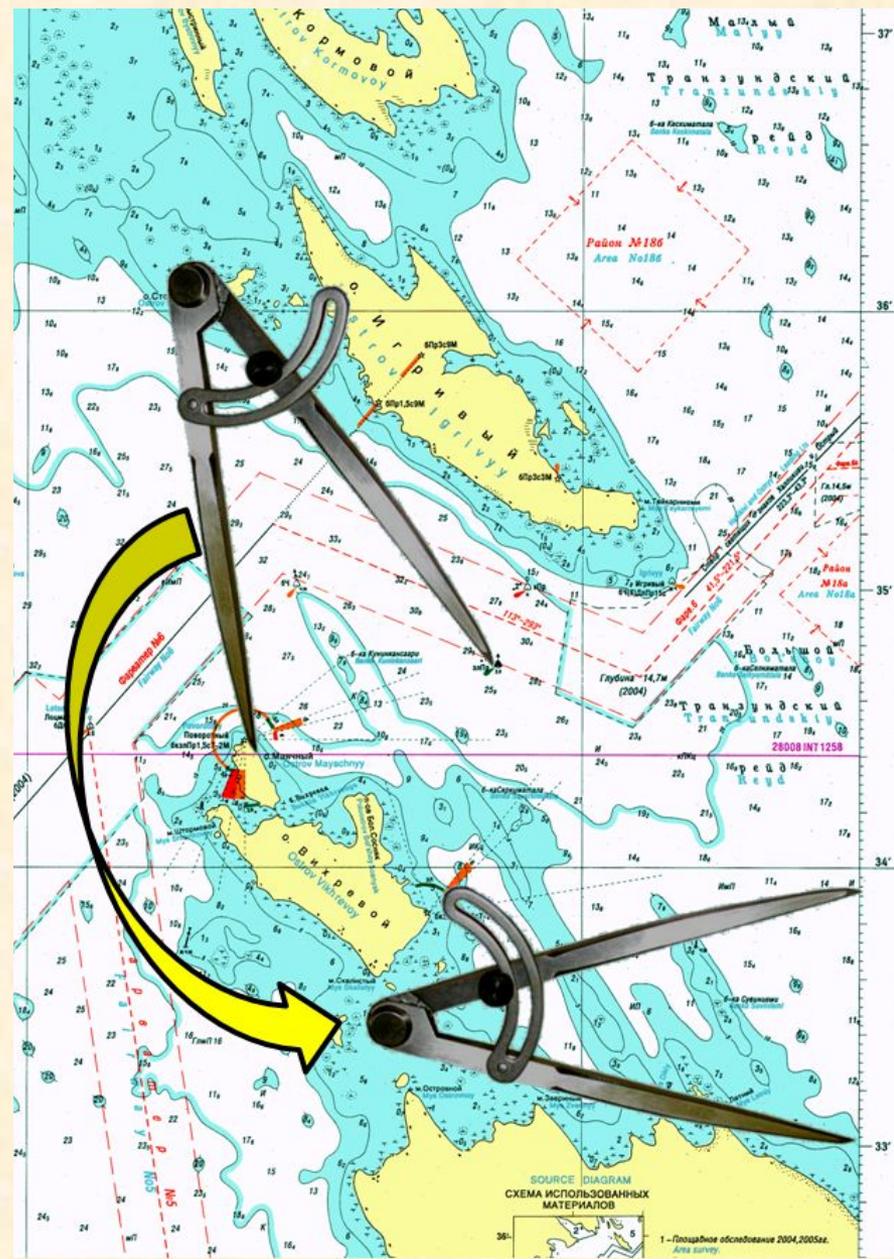
Кабельтов (1/10 морской мили) = 182,5 м

Для измерения расстояния на карте используют вертикальную(широтную) шкалу рамки карты.

**Скорость** измеряют в узлах.

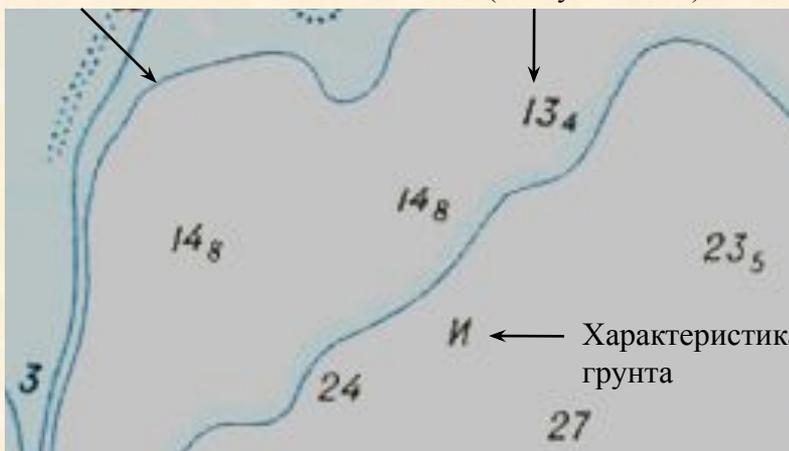
Узел = 1 морская миля в час.

**Глубина** измеряется обычно в метрах. На английских картах в футах. Фут = 30,48 см.

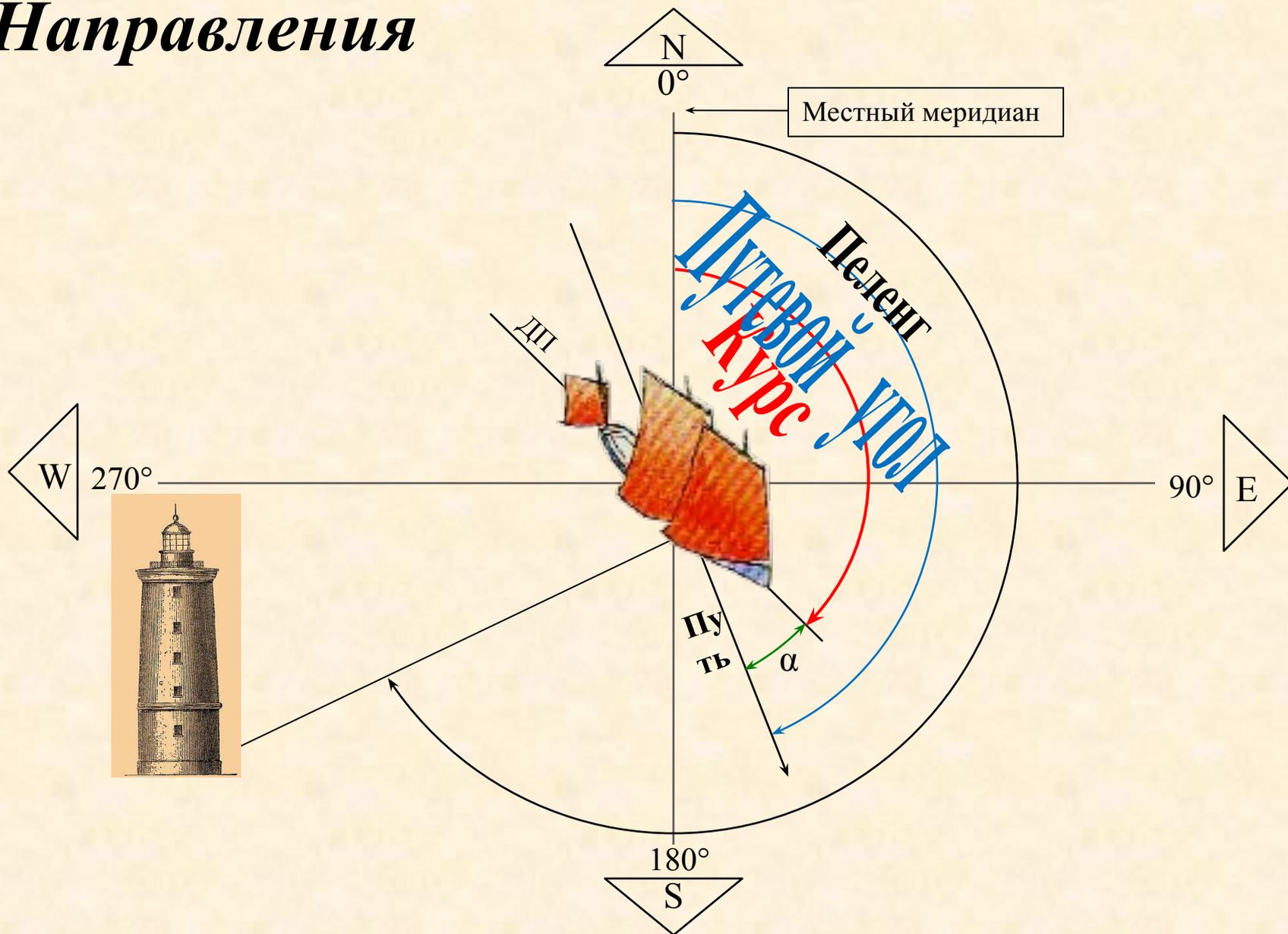


Изобата

Значение глубины  
(снизу десятые)



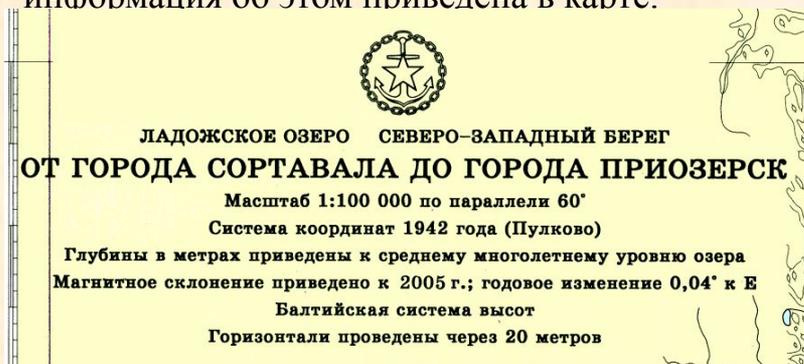
# Направления



Гичка идет с путевым углом ПУ = 159°, держит курс К = 136° т.е. дрейф составляет  $\alpha = 23^\circ$  под ветер. Маяк по пеленгу П = 235°.

# Магнитное склонение (d)

Положение истинного и магнитного полюсов Земли создает необходимость учитывать угол между истинным и магнитным меридианами, который называется **магнитным склонением**. Магнитное склонение изменяется из года в год и информация об этом приведена в карте.



При работе с картой используют **истинное направление**, в то время как магнитным компасом указывает **направление магнитное**.

**Истинный курс** (на карте) = **магнитный курс** (на компасе) + **магнитное склонение d**.

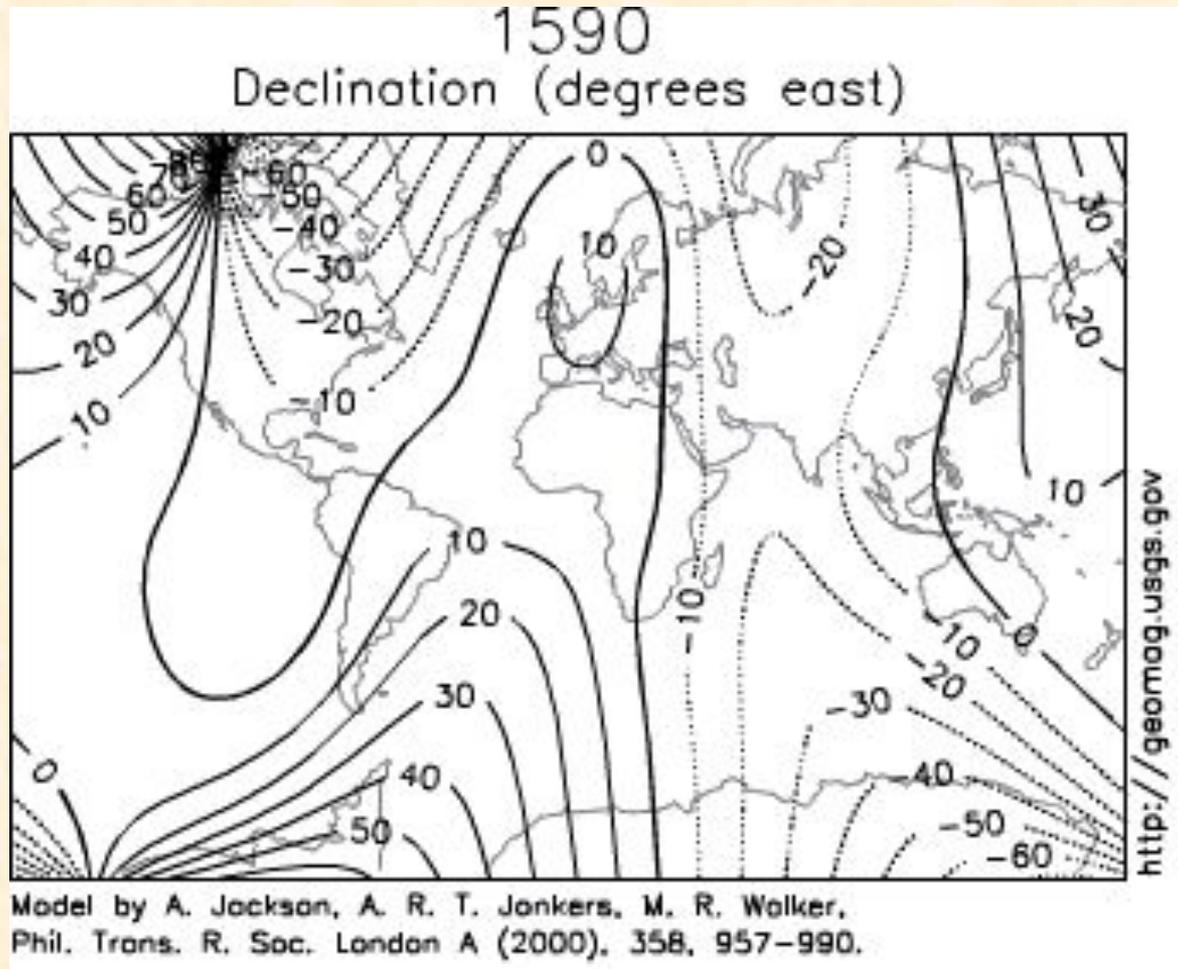
**Восточное** склонение подставляем со знаком «+». (+E)

**Западное** склонение подставляем со знаком «-». (-W)

Что бы задать курс рулевому:

- 1) Построить линию между текущим положением лодки и точкой назначения.
- 2) Измерить значение истинного курса ИК (угол между северной частью меридиана и направлением в точку назначения).
- 3) Вычислить по данным с карты магнитное склонение.
- 4) Вычислить магнитный курс по формуле :  $МК = ИК - d$ . Помня что восточное склонение берем со знаком +, западное со знаком —.

# *Изменение магнитных склонений за 1590—1990 гг.*





# Магнитное склонение

## Задача 2.

Рулевой гички идущей проливом Бьёркёзунд держит курс  $МК = 145^\circ$ ; магнитное склонение снятое с карты  $d = 8^\circ \text{ E}$  (2002), годовое изменение  $0,04^\circ \text{ E}$ .

Какой истинный курс (ИК) должен нанести штурман на карту если плавание проходит в 2020 году?



### Решение:

Магнитное склонение к 2020 году будет:

$$8^\circ \text{ E} + (0,04^\circ \cdot 18 \text{ лет}) = 9^\circ \text{ E}$$

$$ИК = МК + d = 145^\circ + (+9^\circ) = 154^\circ$$



# Магнитное склонение

## Задача 3.

Истинный курс для следования из точки А до точки Б ИК = 32°

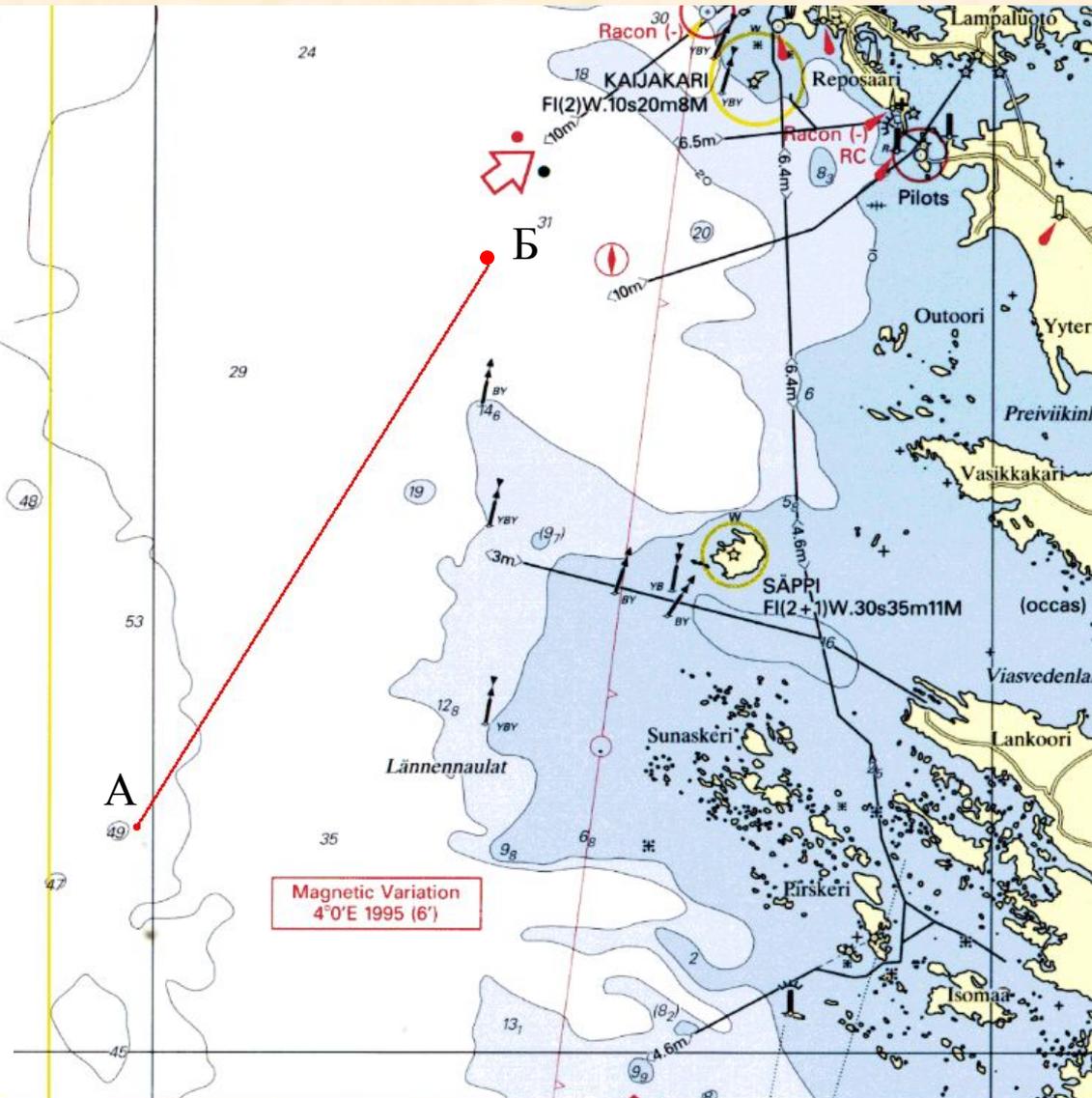
На основании данных карты вычислить компасный курс при условии что плавание проходит в 2013 году?

### Решение:

Магнитное склонение к 2013 году будет:

$$4^{\circ} \text{ E} + (6' \cdot 18 \text{ лет}) = 5,8^{\circ} \text{ E}$$

$$\text{МК} = \text{ИК} - d = 32^{\circ} - (+5,8^{\circ}) = 26,2^{\circ}$$



# Девияция ( $\delta$ )

— ошибка показаний магнитного компаса, вызванная влиянием на него собственного магнитного поля судна, вызывающего отклонение стрелки компаса от истинного направления на магнитный полюс.

Причин возникновения девиации может быть несколько:

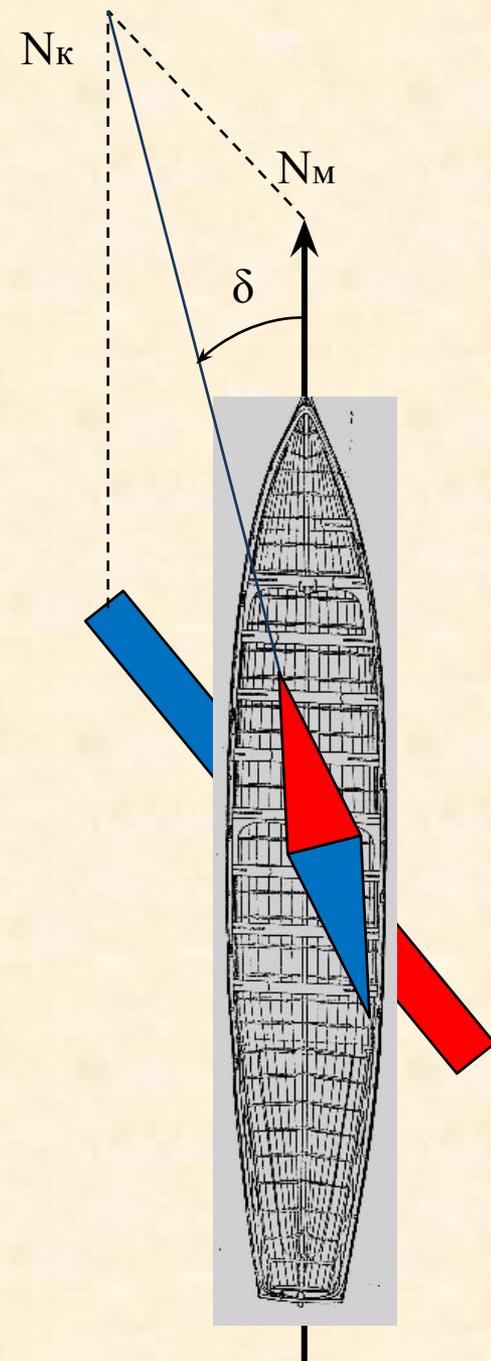
- Наличие на борту энергоустановки (двигатель, генератор и пр.)
- Особенности конструкции судна
- Электропроводка и радиостанция

Девияция в общем случае зависит от курса, на разных курсах она будет разной.

Девияцию уменьшают методами компенсации, а также исключением или ослаблением её причин. Поскольку магнитные характеристики носителя могут меняться со временем, мероприятия по уничтожению девиации проводят регулярно. Однако так как полностью уничтожить девиацию невозможно, то составляют таблицу остаточной девиации на различных курсах.

$$\text{КК} + \delta = \text{МК} \quad \text{МК} + d = \text{ИК} \rightarrow \text{ИК} = \text{КК} + \delta + d$$

кк	б	кк	б	кк	б	кк	б
0°	+2°,3	100	-3°,3	180°	-1°,7	280°	+4°,5
10	+1,7	110	-3,7	190	-0,7	290	+4,3
20	+1,3	120	-4,0	200	+0,3	300	+4,0
30	+1,0	130	-4,3	210	+1,3	310	+3,7
40	+0,5	140	-4,0	220	+2,0	320	+3,5
50	+0,0	150	-3,7	230	+2,7	330	+3,0
60	-0,7	160	-3,3	240	+3,5	340	+2,7
70	-1,5	170	-2,5	250	+4,0	350	+2,5
80	-2,0	180	-1,7	260	+4,3	360	+2,3
90	-2,7			270	+4,5		

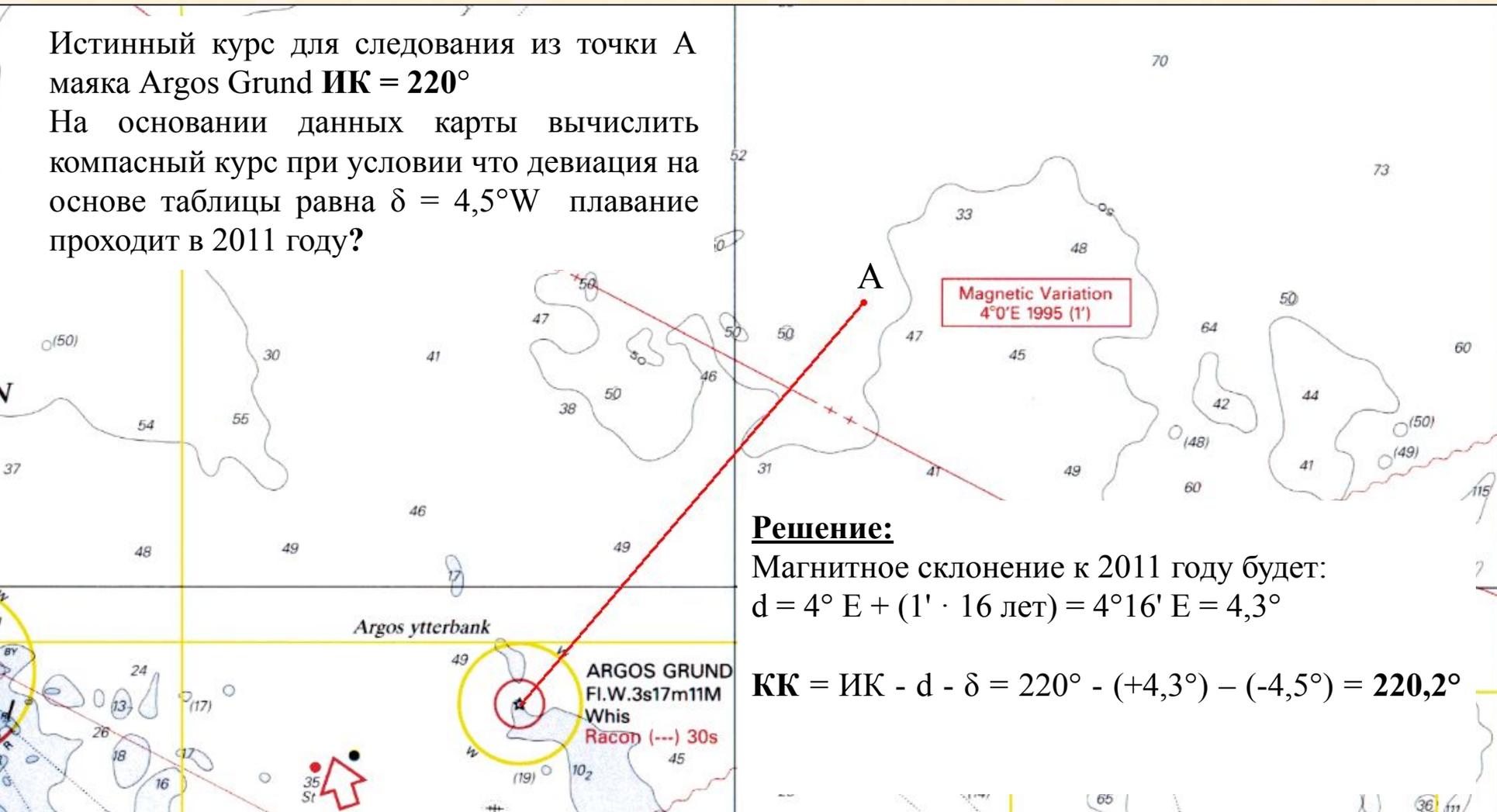


# Магнитное склонение и девиация

## Задача 4.

Истинный курс для следования из точки А маяка Argos Grund ИК =  $220^\circ$

На основании данных карты вычислить компасный курс при условии что девиация на основе таблицы равна  $\delta = 4,5^\circ W$  плавание проходит в 2011 году?



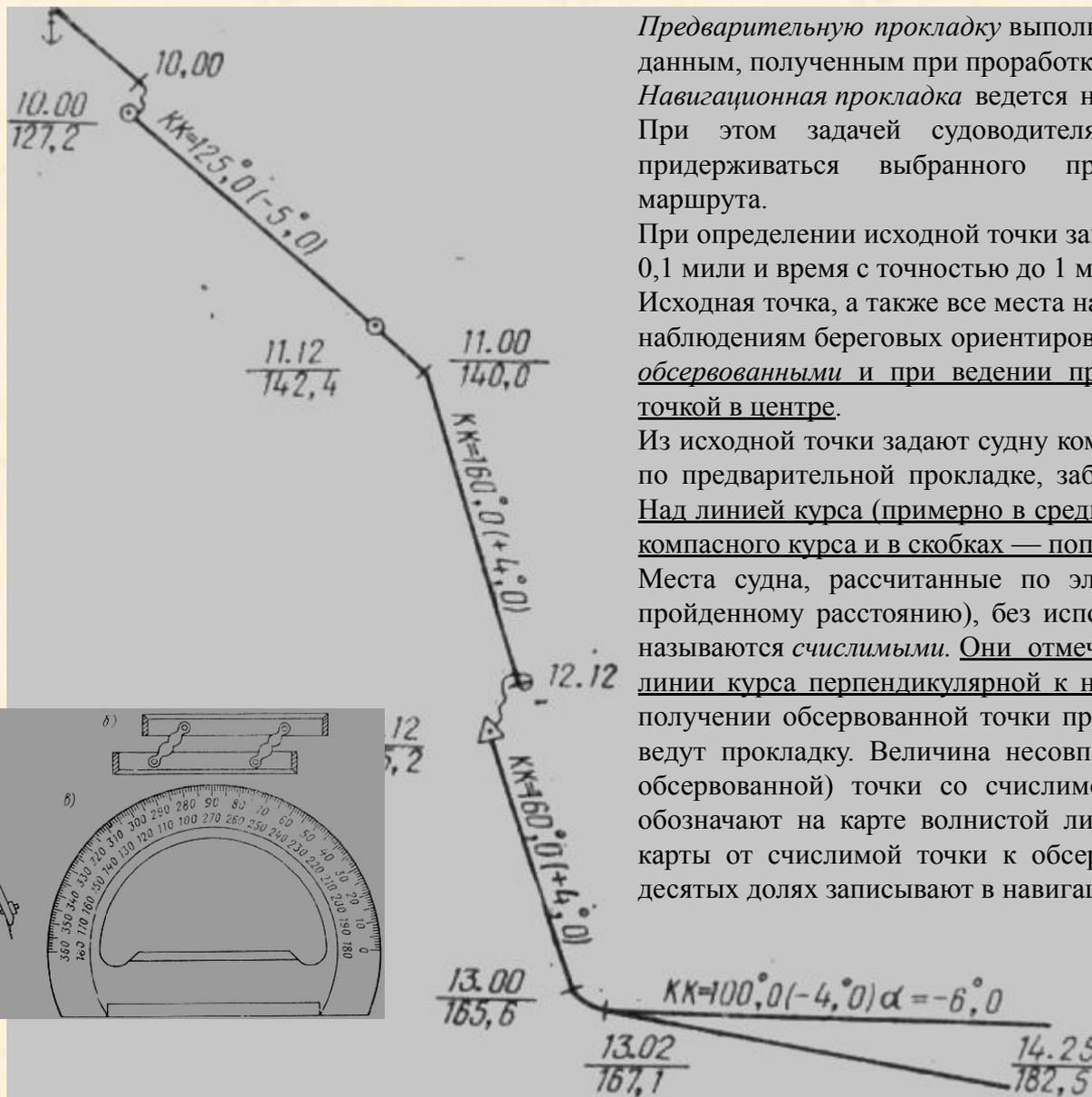
### Решение:

Магнитное склонение к 2011 году будет:

$$d = 4^\circ E + (1' \cdot 16 \text{ лет}) = 4^\circ 16' E = 4,3^\circ$$

$$\text{КК} = \text{ИК} - d - \delta = 220^\circ - (+4,3^\circ) - (-4,5^\circ) = 220,2^\circ$$

# Навигационная прокладка



Предварительную прокладку выполняют до выхода судна из порта по данным, полученным при проработке маршрута перехода.

Навигационная прокладка ведется непрерывно в течение всего рейса. При этом задачей судоводителя является как можно ближе придерживаться выбранного при предварительной прокладке маршрута.

При определении исходной точки замечают отсчет лага с точностью до 0,1 мили и время с точностью до 1 мин.

Исходная точка, а также все места нахождения судна, определяемые по наблюдениям береговых ориентиров (любыми способами), называются обсервованными и при ведении прокладки отмечаются кружками с точкой в центре.

Из исходной точки задают судну компасный курс в соответствии с ИК по предварительной прокладке, заблаговременно переведя его в КК. Над линией курса (примерно в средней ее части) записывают значение компасного курса и в скобках — поправку компаса с ее знаком.

Места судна, рассчитанные по элементам его движения (курсу и пройденному расстоянию), без использования береговых ориентиров, называются счислимыми. Они отмечаются на проложенной по карте линии курса перпендикулярной к ней черточкой. В дальнейшем, при получении обсервованной точки принимают ее за исходную и от нее ведут прокладку. Величина несовпадения обсервованной (счислимо-обсервованной) точки со счислимой называется невязкой. Невязку обозначают на карте волнистой линией, а ее направление, снятое с карты от счислимой точки к обсервованной и величину в милях и десятых долях записывают в навигационный журнал.