

№ 9049

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАВИГАЦИИ И ОКЕАНОГРАФИИ



РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО АСТРОНАВИГАЦИОННОМУ ОРИЕНТИРОВАНИЮ
ПРИ ПЛАВАНИИ С ПОВРЕЖДЕННЫМИ
ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ НАВИГАЦИИ
И НА СПАСАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВАХ

1 9 8 3

Настоящие рекомендации предназначены для ориентирования на море в условиях, когда не могут быть применены современные технические средства навигации, штатные мореходные инструменты и вычислительные средства. Они содержат упрощенные пособия для астронавигационных вычислений, описания простейших мореходных инструментов (которые можно изготовить из подручных материалов), а также рекомендации по ориентированию во времени, по ориентированию в направлении движения корабля или спасательного средства, по определению места корабля (спасательного средства) посредством наблюдений небесных светил. Эти рекомендации будут полезны также для независимого приближенного контроля за работой технических средств навигации, который позволит выявить сбои в их работе и предотвратить навигационные промахи, ведущие к аварийной ситуации.

Изложение рекомендаций рассчитано на все категории моряков Военно-Морского Флота, морского и рыболовного флотов, летчиков морской авиации, в том числе и на лиц, не имеющих профессиональной штурманской подготовки. Действие рекомендаций не ограничено каким-либо районом плавания, приведенные астронавигационные таблицы гарантируют достаточную точность ориентирования до 2005 года.

При плавании на спасательных средствах рекомендуется применять Комплект шлюпочных карт № 1 (карты 19—24) изд. ГУ МО, 1971.

Рекомендации составлены профессором Р. А. Скубко и Ю. П. Ереминым и проведены в морских условиях Ю. П. Ереминым, М. Ю. Шкатовым и А. И. Желтяковым.

Предложения и замечания по рекомендациям надлежит направлять в Главное управление навигации и океанографии Министерства обороны по адресу: 199034, гор. Ленинград, В-34.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Общие положения	5
2. Навигационные звезды и их опознавание	14
3. Ориентирование во времени	15
4. Ориентирование по направлению движения	19
5. Ориентирование по широте места наблюдений	30
6. Ориентирование по долготе места наблюдений	33
7. Ориентирование по высотной линии положения	36
8. Солнечный астроориентатор	38
Приложения	
Пособия для астронавигационного ориентирования	43
1. Опознавание звезд	45
Таблица 1. Навигационные звезды	45
Таблица 2. Календарные даты и местное (меридианное) среднее время T_m наблюдений звезд, показанных на рис. 1—4	46
2. Таблицы для вычисления координат звезд и Солнца	47
Таблица 3. Перевод часов, минут и секунд в градусы	47
Таблица 4. Вспомогательная величина R для вычисления звездного времени в градусах (выбирается входом по гринвичской дате без интерполирования)	48
Таблица 5. Поправка ΔR на год и на время суток в градусах	49
Таблица 6. Величина E и склонение δ Солнца на 0 ^ч всемирного времени в градусах	49
3. Основные астронавигационные понятия и определения	52
4. График уравнения времени η и моментов кульминации Солнца по местному (меридианному) времени (вкладка 1)	
5. Схема часовых поясов мира и стандартных времен (вкладка 2)	
6. Графики моментов восхода и захода Солнца (вкладка 3)	
7. Картографическая сетка В. В. Каврайского для графического решения задач морской астронавигации (поперечная равнопромежуточная азимутальная проекция) (вкладка 4)	
8. Полуэллиптической азимут истинного восхода и захода светила (вкладка 5)	
9. Длительность светлого (дневного) времени суток при наблюдениях со спасательного плота или шлюпки в северных широтах (вкладка 6)	

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. В аварийной ситуации, при плавании с поврежденными техническими средствами навигации или при плавании на спасательных средствах, астронавигационное ориентирование обеспечивает определение времени, направления движения, поправки компаса, географических координат места с точностью, приемлемой для решения основных задач навигации или для наведения поисковых групп.

Методы астронавигационного ориентирования позволяют также осуществлять независимый контроль за работой технических средств навигации, дают возможность выявить сбои в работе и навигационные промахи, ведущие к авариям.

1.2. В открытом море трудно восстановить полностью потерянную ориентировку, поэтому в начале аварийного плавания необходимо принять все возможные меры для получения исходных сведений о географической широте и долготе своего места, а также о местонахождении ближайшей суши. Счисление своего пути далее следует вести непрерывно и тщательно либо с целью подойти к суше, либо с целью удерживаться в районе аварии в ожидании спасателей. Подробные указания по ведению навигационной прокладки и плаванию на спасательных средствах даны на шлюпочных картах (комплект № 1, карты 19—24) изд. ГУ МО, 1971.

1.3. При наличии навигационного секстана, точных часов, морского астрономического ежегодника, микрокалькулятора или таблиц высот и азимутов светил даже в аварийных условиях плавания задачи астронавигации решаются штурманом с обычной высокой точностью. При отсутствии этих средств или одного из них астронавигационное ориентирование вполне возможно: оно выполняется с помощью описанных в данных рекомендациях простых инструментов, пособий и методов, доступных лицам без специальной штурманской подготовки. Точность такого ориентирования вполне достаточна для плавания в аварийной ситуации.

1.4. Необходимые для приближенного астронавигационного ориентирования инструменты могут быть изготовлены самостоятельно из подручных средств (с использованием любой градусной шкалы — транспортира, маневренного планшета, изображенной на карте картушки и т. п.). В приложениях помещены необходимые пособия, обеспечивающие решение астронавигационных задач; координаты звезд и Солнца вычисляются при этом с достаточной для ориентирования точностью до 2005 года.

1.5. Перед выходом в море следует укомплектовать набор пособий и инструментов, необходимых для навигации на спасательном средстве. В составе набора целесообразно иметь шлюпочную или иную карту района плавания, комплект прокладочного инструмента (транспорт, линейку, циркуль), карандаши и резинки, перочинный нож, катушку

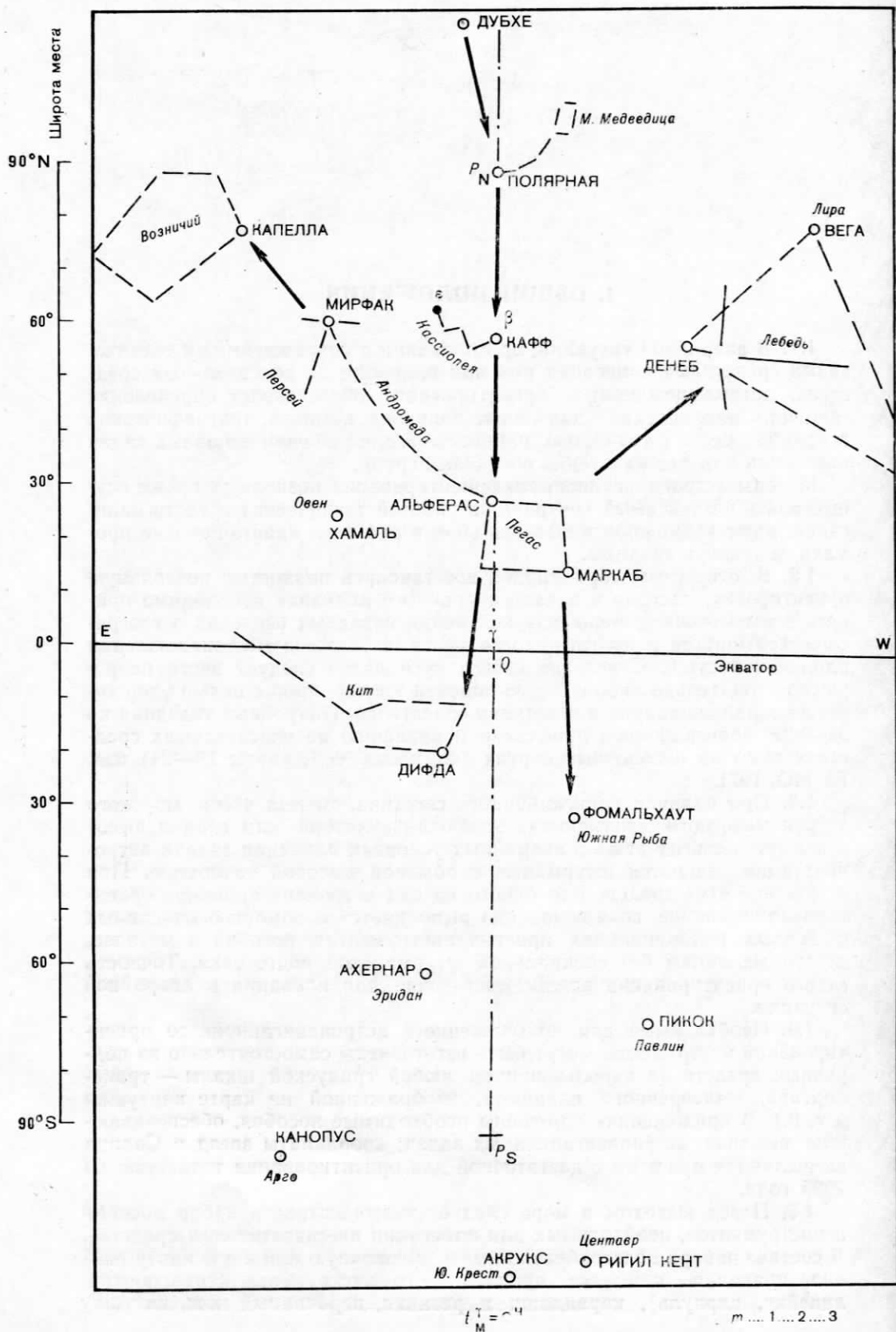
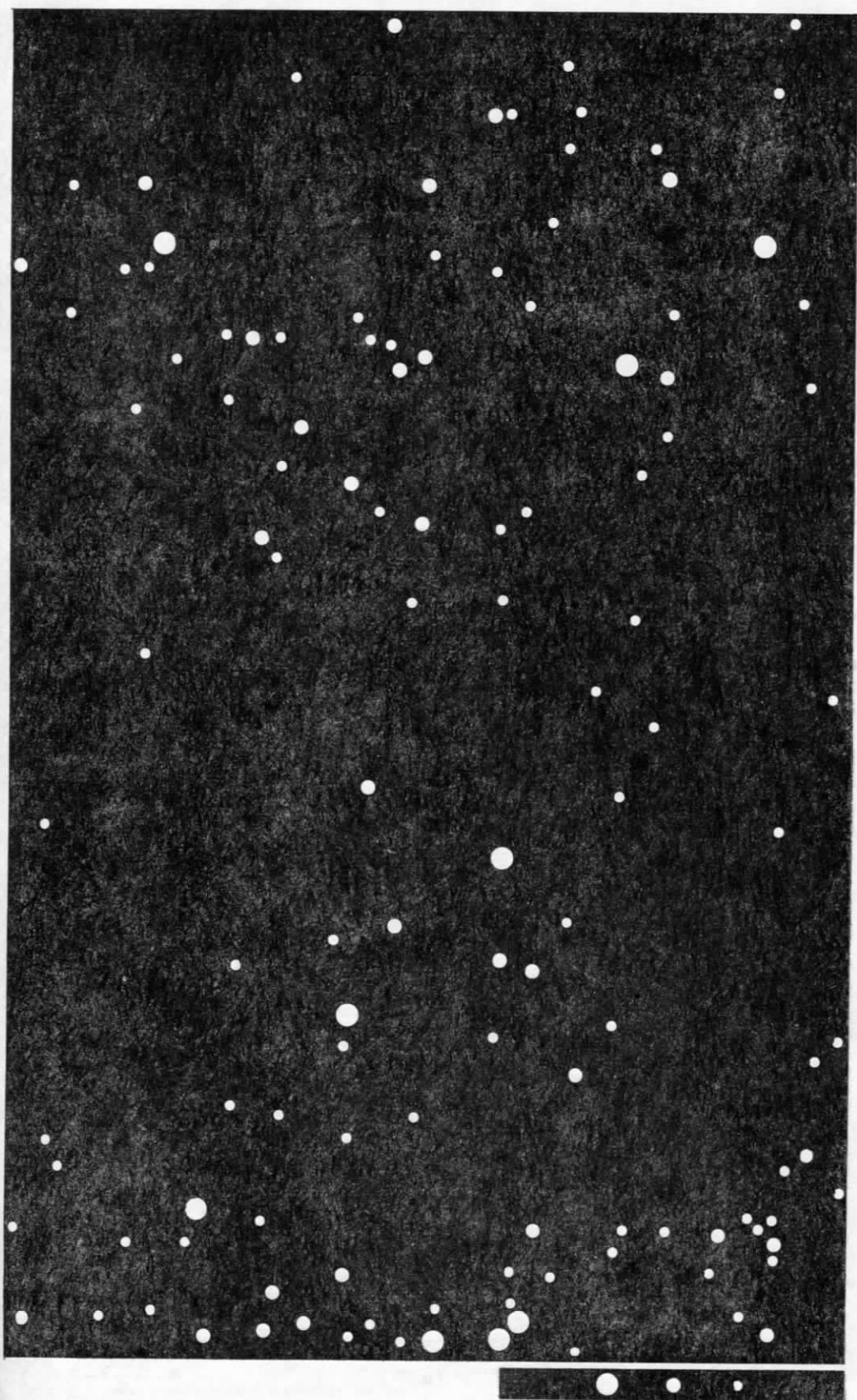


Рис. 1. Звездное небо вечером. Осень в север



ных широтах, наблюдатель смотрит на юг

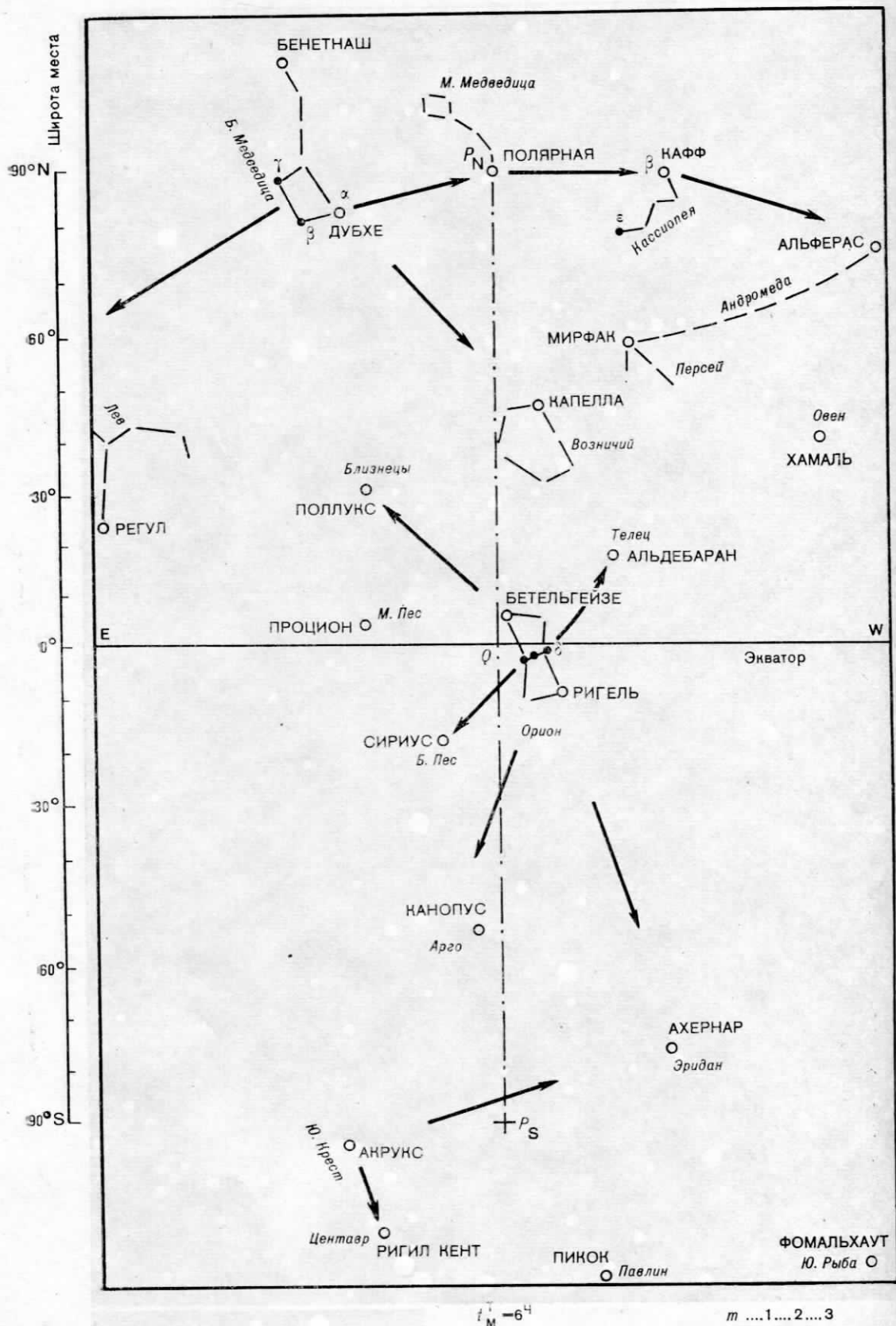
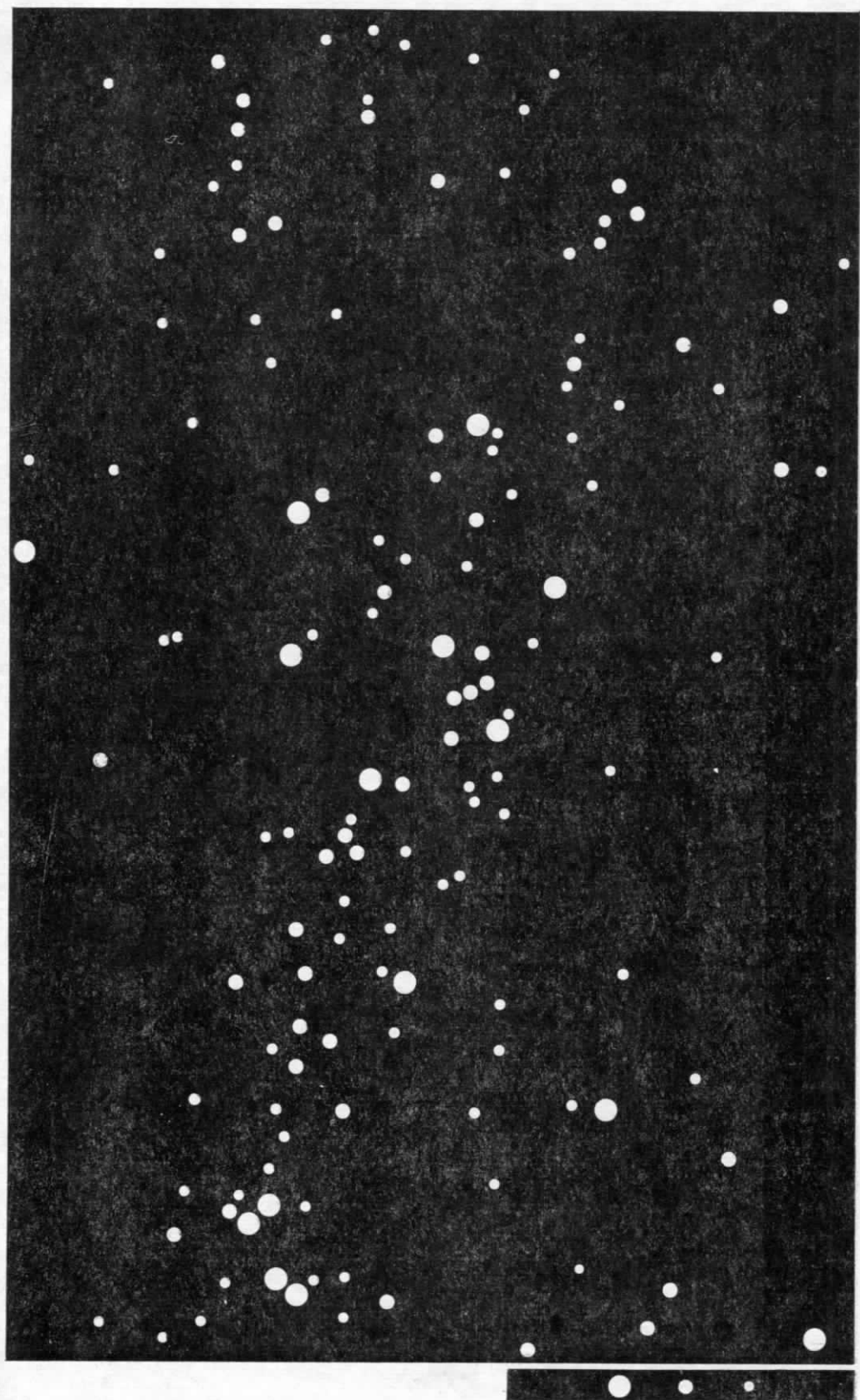
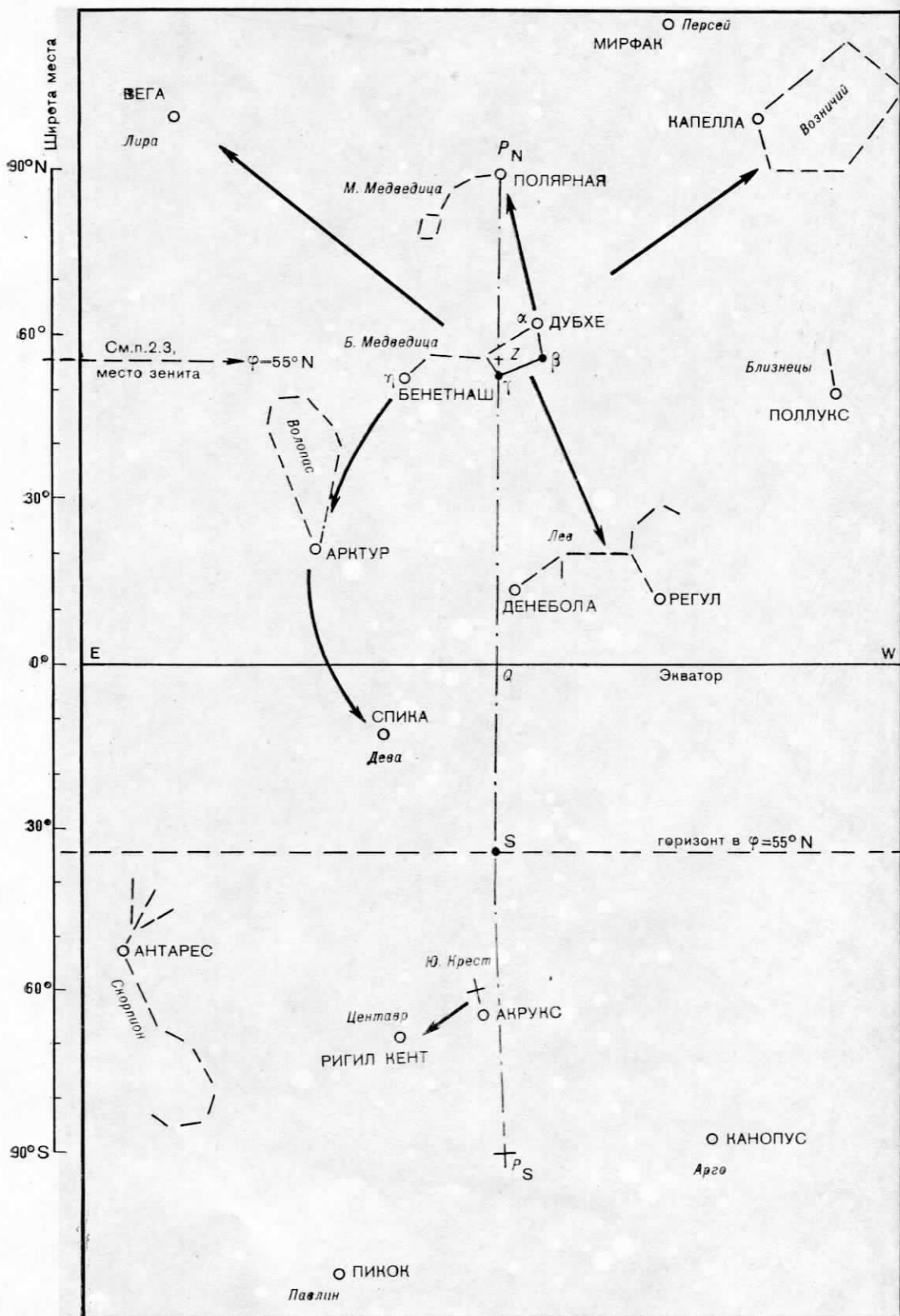


Рис. 2. Звездное небо вечером. Зима в север



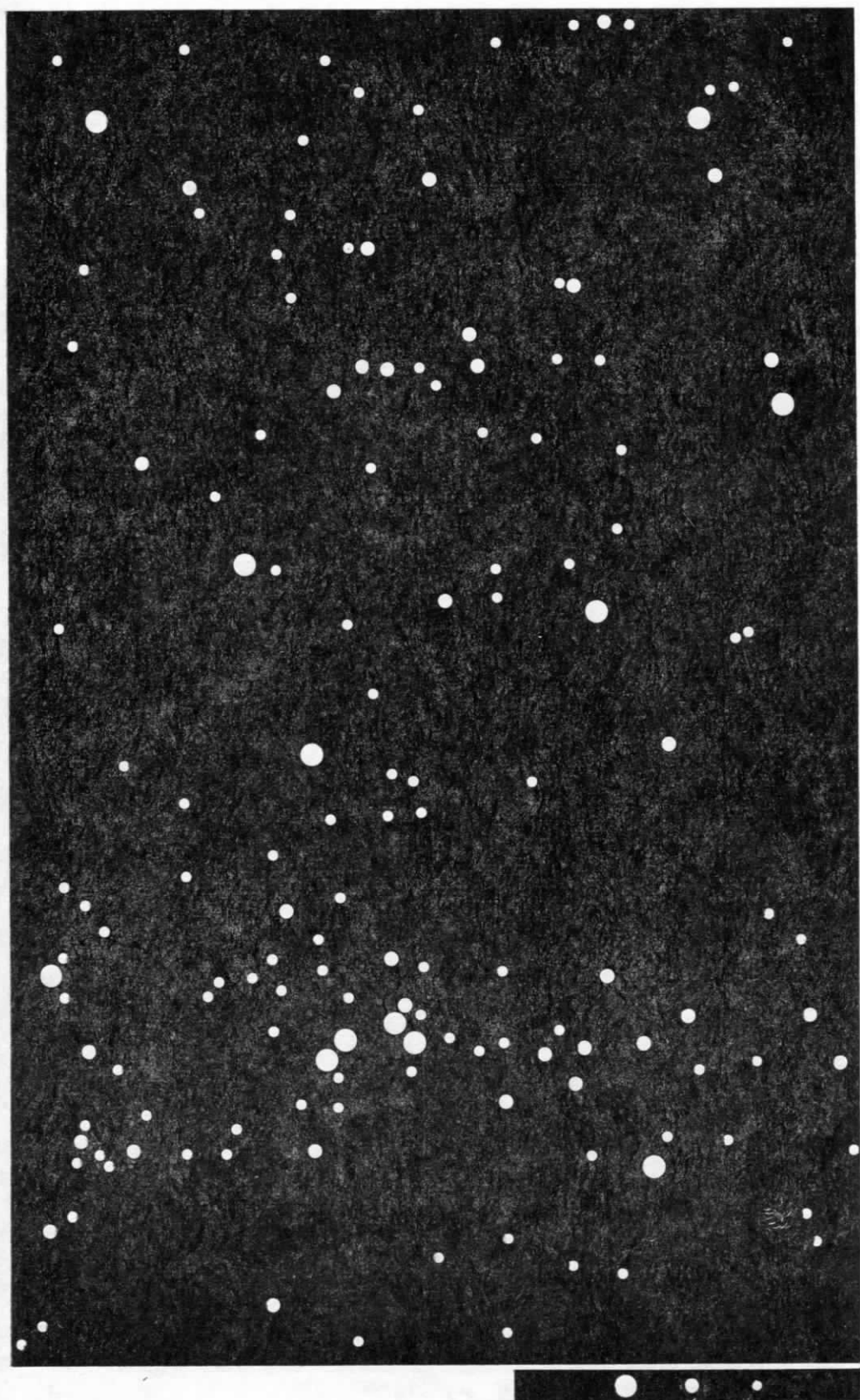
ных широтах, наблюдатель смотрит на юг



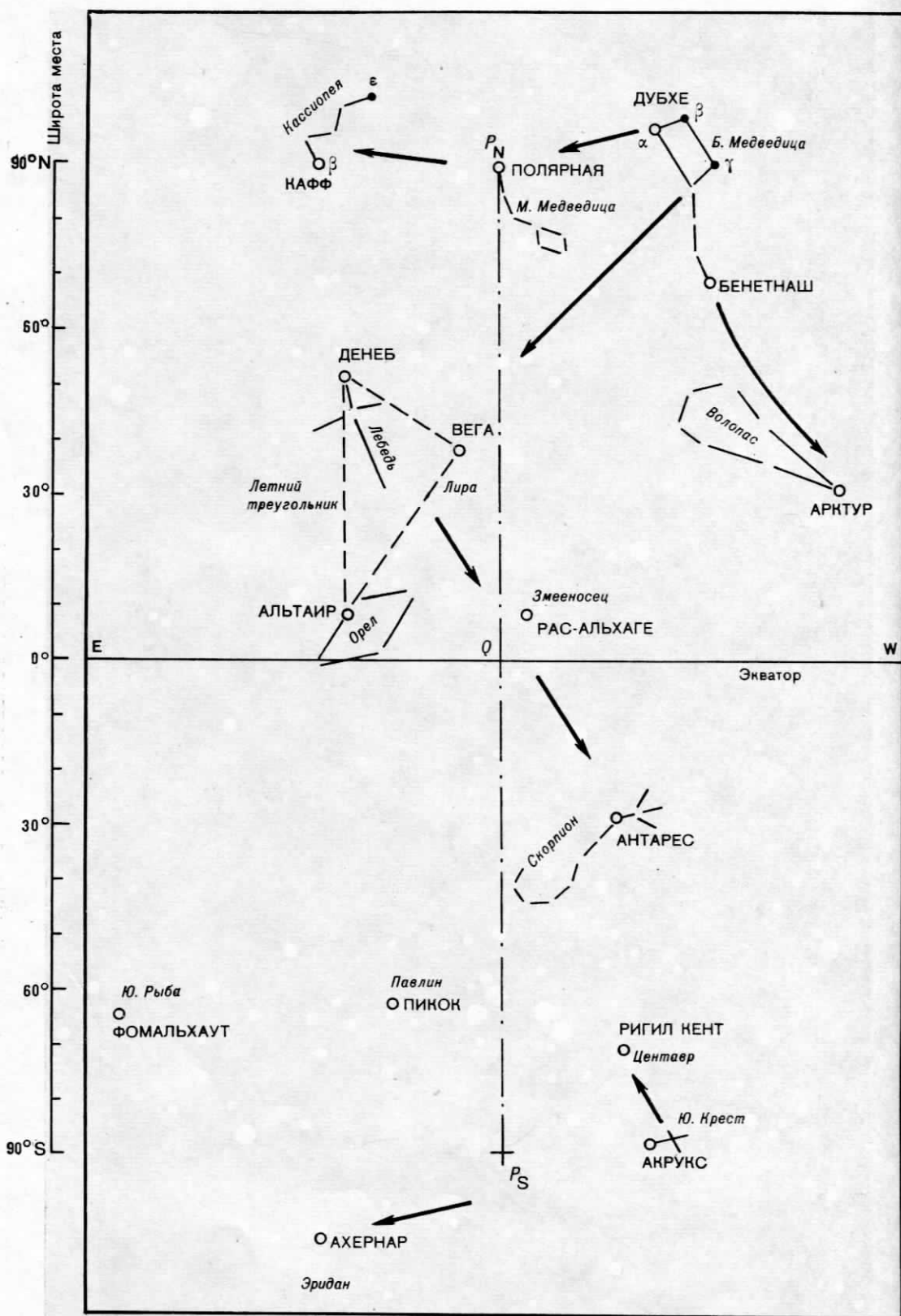
$t_M = 12^{\text{ч}}$

$m \dots 1 \dots 2 \dots 3$

Рис. 3. Звездное небо вечером. Весна в север



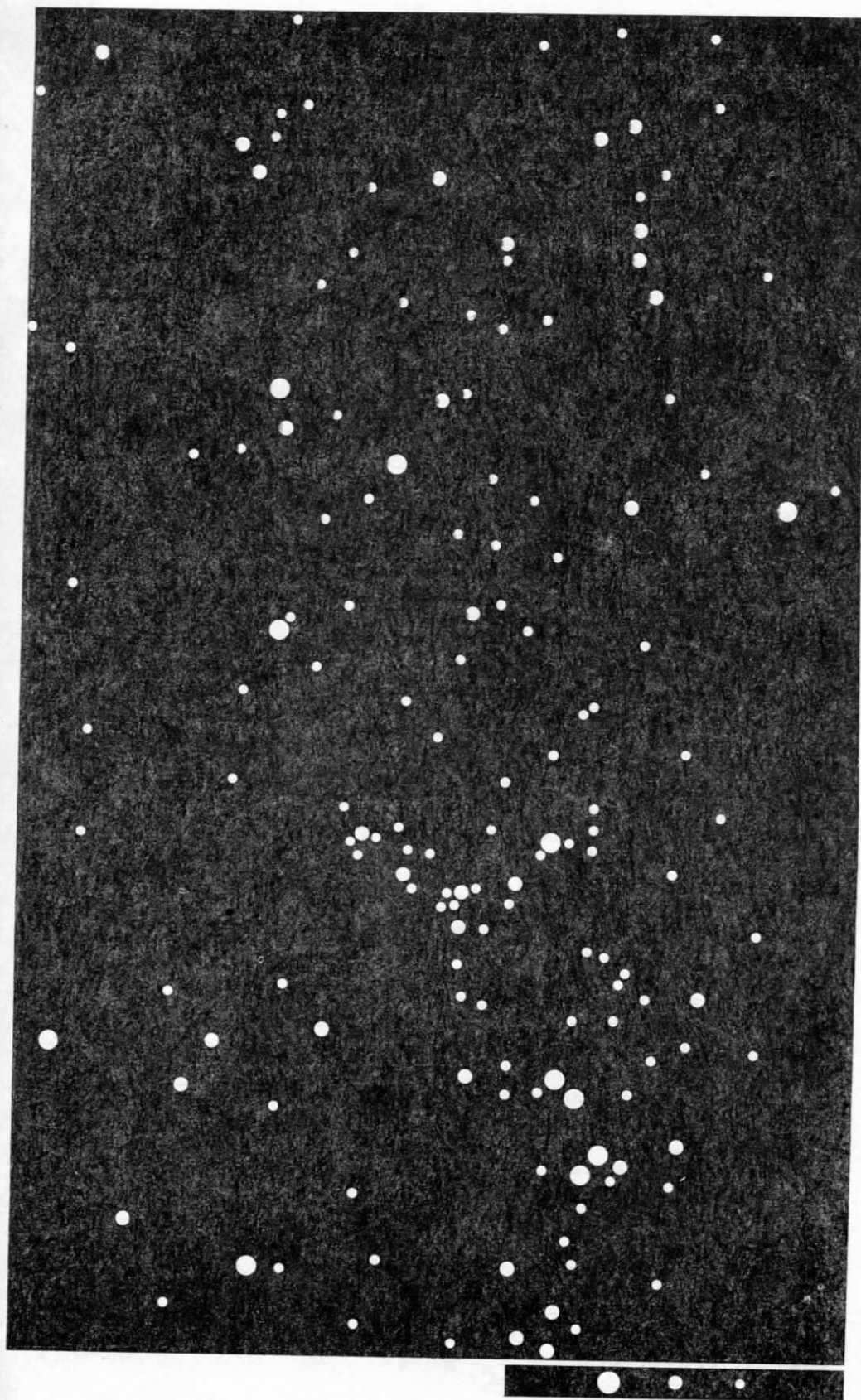
ных широтах, наблюдатель смотрит на юг



$t_{\gamma} = 18^h$

$m \dots 1 \dots 2 \dots 3$

Рис. 4. Звездное небо вечером. Лето в север



ных широтах, наблюдатель смотрит на юг

крепких ниток, журнал для записей и вычислений, несколько маневренных планшетов и листов миллиметровой бумаги, магнитный компас. Место хранения набора должно быть известно личному составу.

Непосредственно при погрузке на спасательное средство необходимо взять с собой точные часы с известной поправкой (лучше всего — герметичные кварцевые, электронные); желательно также иметь секстан и транзисторный радиоприемник. При неспокойном море погрузку снаряжения лучше производить на уже спущенное на воду спасательное средство.

1.6. Для астронавигационного ориентирования достаточно последовательно выполнять настоящие рекомендации, сообразуясь с имеющимися инструментами. Эти рекомендации не являются единственно возможными для ориентирования по светилам. На их основе можно применять другие способы, пригодные в конкретных условиях плавания.

1.7. Для применения рекомендаций достаточно уметь выполнять арифметические действия с градусной и часовой мерой углов. Порядок действий указан в программированных схемах вычислений, каждая из которых проиллюстрирована примером.

1.8. Основные понятия и определения, достаточные для пользования данными рекомендациями, а также необходимые понятия из навигации даны в приложении 3.

1.9. Контроль счисления посредством астронавигационного определения места и направления движения спасательного средства должен производиться при первой же возможности. Для повышения его точности и надежности рекомендуется выполнять серии наблюдений и выводить из них средние результаты.

1.10. Знание своего места и уверенность в правильном движении к намеченной цели важны не только для безопасности мореплавания; они являются существенным фактором для укрепления морального состояния экипажа, роль которого возрастает с каждым днем аварийного плавания.

2. НАВИГАЦИОННЫЕ ЗВЕЗДЫ И ИХ ОПОЗНАВАНИЕ

2.1. Наиболее яркие и удобные для астронавигационного ориентирования звезды перечислены в табл. 1 приложения 1. Звездное небо в различные сезоны года и в разное время ночи опознается по транспарантам и картам, изображенным на рис. 1—4.

2.2. Оpozнaвание навигационных звезд производится в первую очередь по конфигурациям созвездий, в которых они расположены. Конфигурации основных созвездий показаны на транспарантах; здесь же показаны стрелками направления от легко опознаваемых опорных созвездий на другие созвездия. Созвездие, располагающееся над головой наблюдателя, опознается по положению зенита на транспаранте: оно наносится на осевом меридиане транспаранта с помощью шкалы географических широт, помещенной слева.

Дополнительными признаками для опознания служат видимая яркость (блеск) звезды и ее цвет. Блеск звезды оценивается ее «видимой величиной» m , указанной в табл. 1. Блеск $m=0$ имеют очень яркие звезды (например, Вега и Арктур); самая яркая звезда Сириус имеет блеск $m=-2$. Звезды с блеском $m=2$ в шесть раз слабее по блеску, чем звезды с $m=0$. На картах блеск звезд показан размерами их изображений. Цвет звезд воспринимается субъективно и при наблюдениях их вблизи горизонта изменяется в красную сторону.

2.3. *Порядок опознания звезд.* По календарной дате и приближенному местному времени наблюдений T_m с помощью табл. 2 приложения 1

подберите звездную карту. Например, наблюдениям 20 мая около 20^ч по местному времени соответствует рис. 3.

Ориентируясь по широте места, найдите и опознайте созвездие, расположенное над вашей головой (см. п. 2.2). Например, в $\varphi = 55^\circ \text{ N}$ над головой будет находиться созвездие Большой Медведицы.

Совместите направление осевого меридиана карты с направлением полуденной части географического меридиана места наблюдений. В северной широте φ_N точка Q должна быть расположена над точкой юга S горизонта на высоте равной $90^\circ - \varphi_N$; в южной широте φ_S точка Q должна быть расположена над точкой севера N горизонта на высоте $90^\circ - \varphi_S$. Горизонт на карте располагается в удалении на 90° от помеченной вами точки зенита Z .

Карта охватывает участок неба, лежащий на 60° (или 4^ч) к востоку (E) и к западу (W) от осевого меридиана. Если вы наблюдаете на один час раньше указанного в табл. 2 времени, то ваш меридиан расположен на 15° (или 1^ч) правее осевого меридиана карты (если наблюдаете позже — то левее), и т. п. Например, 20 мая в широте $\varphi = 55^\circ \text{ N}$ около $T_m = 21^{\text{ч}}$ на юге низко над горизонтом видна Спика, выше и восточнее — Арктур, на юго-западе виден Регул.

По опорным созвездиям можно опознать все наблюдаемые в вашем районе навигационные звезды.

3. ОРИЕНТИРОВАНИЕ ВО ВРЕМЕНИ

3.1. При отсутствии часов (или при потере информации о времени) ориентирование во времени может быть произведено по наблюдениям за расположением Солнца и некоторых звезд на небосводе.

3.2. *Определение местного солнечного времени по наблюдениям Солнца* может быть выполнено глазомерно путем приближенной оценки его часового угла (в Северном полушарии — рис. 5 «а», в Южном полушарии — рис. 5 «б»):

— установите с помощью компаса направление линии меридиана (полуденной линии) $N-S$ и оцените положение небесного местного меридиана NZS ; это направление соответствует направлению тени от вертикального шеста OZ в тот момент дня, когда она имеет наименьшую длину, а Солнце — наибольшую высоту;

— по широте места φ рассчитайте угол $90^\circ - \varphi$ и оцените положение экватора EQW на небосводе: точка Q располагается на удалении $90^\circ - \varphi$ от точки S в северной широте (или от точки N — в южной широте);

— глазомерно оцените часовой угол Солнца t — дугу экватора от точки Q до меридиана Солнца, учитывая, что дуга $QW = QE = 90^\circ$ (или $6^{\text{ч}}$); точность отсчета t будет выше, если использовать циферблат часов, расположенный в плоскости экватора, и удвоить сделанный по нему отсчет;

— вычислите местное солнечное время:

$$T_m = 12^{\text{ч}} + t_w,$$

если Солнце наблюдали к западу от меридиана места;

$$T_m = 12^{\text{ч}} - t_E,$$

если Солнце наблюдали к востоку от меридиана места.

Пример 1. В широте $\varphi = 45^\circ \text{ N}$ из наблюдения приближенно оценили $t_w = 15^\circ = 1^{\text{ч}}$, что показано на рис. 5 «а».

Вычислили:

$$T_m^\odot = 12^{\text{ч}} + 1^{\text{ч}} = 13^{\text{ч}}.$$

Пример 2. В широте $\varphi = 55^\circ \text{ S}$ из наблюдения приближенно оценили $t_E = 1,5^{\text{ч}}$, что показано на рис. 5 «б».

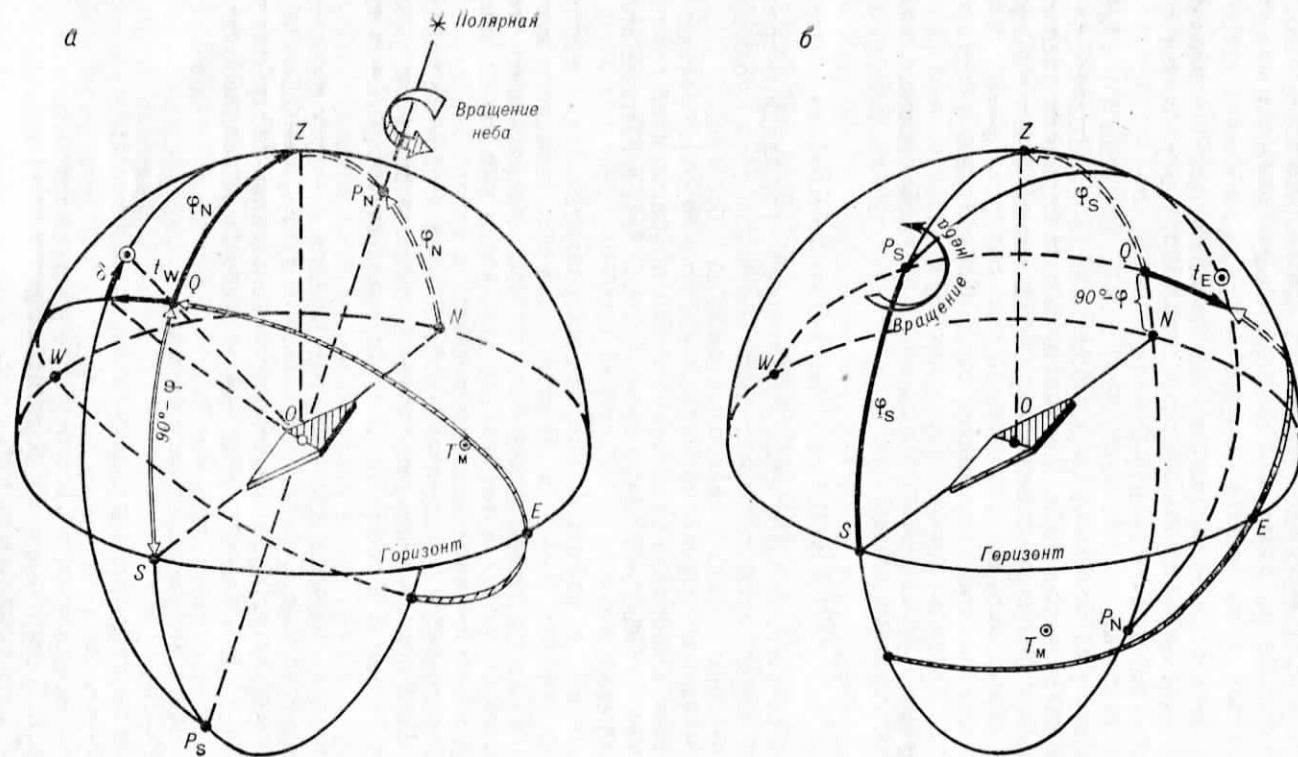


Рис. 5. Ориентирование во времени по часовому углу Солнца с помощью компаса

Вычислили:

$$T_{\text{м}}^{\odot} = 12^{\text{ч}} - 1,5^{\text{ч}} = 10,5^{\text{ч}}.$$

3.3. *Определение местного солнечного времени и местного среднего времени по солнечным часам.* Изготовьте экваториальные солнечные часы, как показано на рис. 6. Плоскость их циферблата совместите с плоскостью экватора, приподняв для этого ее на угол $90^{\circ} - \varphi$ над горизонтом (φ — широта вашего места). Ориентируясь по компасу, совместите линию циферблата 12—24 с направлением полуденной линии N—S (принимая во внимание магнитное склонение в вашем районе, указанное на карте).

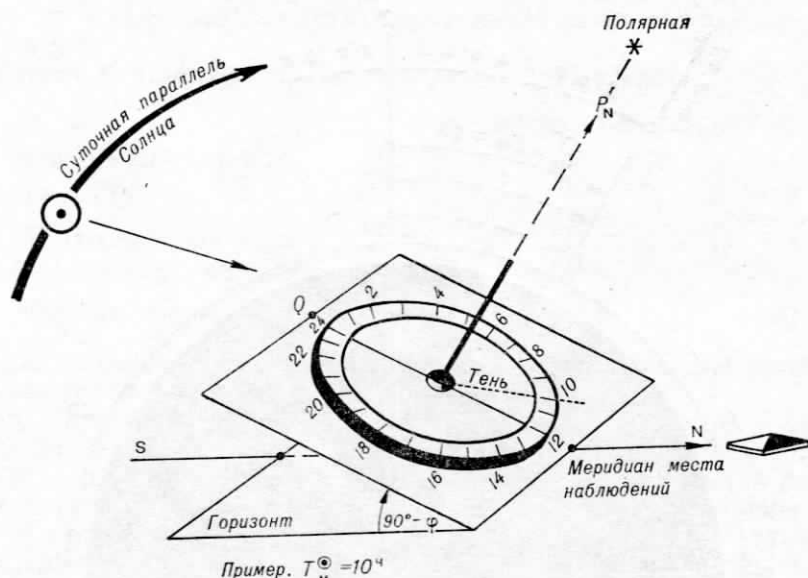


Рис. 6. Экваториальные солнечные часы с равномерной шкалой

Тень от стержня, установленного в центре циферблата, укажет местное солнечное время $T_{\text{м}}^{\odot}$.

Пример 3. В широте $\varphi = 60^{\circ}$ N точку Q циферблата солнечных часов приподняли на угол $90^{\circ} - \varphi = 30^{\circ}$ над точкой S горизонта, отсчет 12^ч направили в сторону повышенного полюса P_N. Угол между линией 24—12 на циферблате и тенью равен $30^{\circ} = 2^{\text{ч}}$; отсчет местного солнечного времени $T_{\text{м}}^{\odot} = 10^{\text{ч}}$.

Величину уравнения времени η получим по графику приложения 4, входя в него по календарной дате и, придав его с указанным знаком к $T_{\text{м}}^{\odot}$, получим местное среднее время $T_{\text{м}}$.

Пример 4. 1 октября определили $\eta = -10$ мин.

По солнечным часам было $T_{\text{м}}^{\odot} = 10^{\text{ч}}00^{\text{м}}$

Уравнение времени $\eta = -10$

Местное среднее время $T_{\text{м}} = 9^{\text{ч}}50^{\text{м}}$

Полученное $T_{\text{м}}$ может иметь погрешность до 3^м.

Местное среднее время отличается от поясного времени района плавания не более чем на 30 мин (см. приложения 3 и 5).

3.4. *Определение местного среднего времени по моменту восхода или захода Солнца.* По графикам моментов восхода и захода Солнца (приложение 6) найдите местное среднее время этого явления, входя с календарной датой и широтой места. Наблюдая вблизи уровня моря

видимый восход или заход верхнего края Солнца, установите ваши часы на соответственно вычисленный момент T_M .

Пример 5. В широте $28^\circ N$ 2 июля наблюдали восход верхнего края Солнца; установили часы по местному среднему времени $T_M = 5^h 05^m$, полученному по графику приложения 6.

В широтах до 70° погрешность T_M не будет превышать 5^m .

3.5. Определение местного среднего времени по звездам. Местное среднее время можно получить посредством глазомерной оценки часовых углов некоторых звезд:

а) найдите на небе созвездие Большой Медведицы и Полярную звезду, а также созвездие Кассиопеи (см. рис. 1—4);

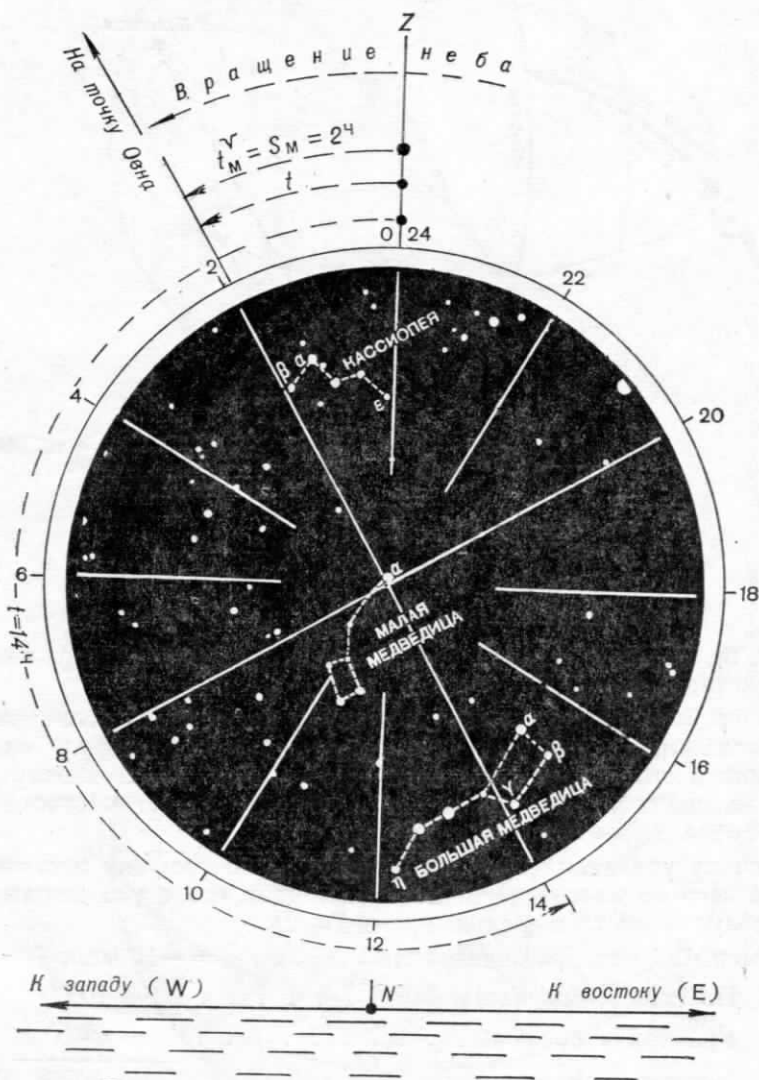


Рис. 7. Ориентирование во времени по звездам при плавании в северном полушарии

б) мысленно проведите через Полярную звезду линию ZN , перпендикулярную горизонту (рис. 7); глазомерно оцените угол между этой линией и линией, идущей от Полярной звезды к звезде Каффа (з Кассиопеи), либо от Полярной звезды к звезде Фекда (γ Большой Медведицы); в результате получится часовой угол звезды t .

Отсчет часового угла t ведите, как показано на рис. 7 (от полуденной части местного меридиана: Z — Полярная), используя в качестве масштаба углы, равные 2 ч (30°):

Кафф — Полярная — ϵ Кассиопеи,

Фекда — Полярная — η Большой Медведицы,

измеряя их в сторону вращения неба (к западу);

в) если вы наблюдали звезду Кафф, то измеренный угол t равен звездному времени S_m ; если вы наблюдали звезду Фекда, то звездное время меньше угла t на 12 ч;

г) из приложения 4 по календарной дате выберите вспомогательную величину B и прибавьте ее к звездному времени; в результате получите местное время T_m . Приблизительно величина B в середине сентября равна 24ч и далее каждые сутки уменьшается на 4^м, каждые 15 суток — на 1^ч и т. д.

Пример 6. Наблюдали в широте $\varphi = 60^\circ N$ 22 декабря:

	звезду Кафф	звезду Фекда
Измеренный угол t	2 ^ч	14 ^ч
(рис. 7)		— 12
Звездное время S_m	2	2 ^ч
Величина B из приложения 4	+ 18	+ 18
Местное время T_m	20 ^ч	20 ^ч

При тщательных измерениях среднее время по звездам оценивается с погрешностью до 10 мин.

3.6. Определение момента полудня по среднему времени и поправки часов. Момент полудня соответствует моменту наименьшей солнечной тени от вертикально установленного шеста. Момент полудня будет зарегистрирован точнее, если по часам заметить моменты наступления тени равной длины до и после полудня, и затем осреднить результаты. Местное среднее время в момент полудня находится из приложения 4 по графику η и шкале T_m слева. Например, 16 декабря: $T_m = 11^{\text{ч}}56^{\text{м}}$ и если по часам полдень зарегистрирован в 12^ч10^м, то ваши часы идут на 14 мин впереди верного местного среднего времени T_m (поправка часов $i_{\text{ч}} = -14^{\text{м}}$).

4. ОРИЕНТИРОВАНИЕ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ДВИЖЕНИЯ

4.1. Направление движения можно непосредственно определять по наблюдениям светила (рис. 8), если известен его истинный пеленг (азимут в круговом счете) в момент наблюдений. Если имеется компас, то по наблюдениям светила определяется его поправка как разность истинного и компасного пеленгов светила в один и тот же момент времени. Ориентирование по направлению и определение поправки компаса будут тем точнее, чем ближе к горизонту наблюдалось светило.

4.2. Управлять движением по намеченному пути надлежит удерживая светило на необходимом курсовом угле левого борта ($KУ$ л. б.) или правого борта ($KУ$ п. б.). Истинный курс вычисляется по формуле

$$ИК = ИП + KУ \text{ л.б. или } ИК = ИП - KУ \text{ п.б.}$$

Путь получим после исправления истинного курса величиной дрейфа и сноса. Снос оценивается исходя из указанного на карте течения и результатов нескольких астронавигационных определений места. О величине угла дрейфа можно судить по отклонению кильватерной струи от диаметральной плоскости судна (плавсредства).

4.3. Ориентирование по истинному пеленгу навигационной звезды.
 Истинный пеленг любой навигационной звезды, указанной в табл. 1 приложения 1, можно получить с помощью картографической сетки (см. приложение 7). Необходимые при этом вычисления поясняются в ходе решения примеров 7—9.

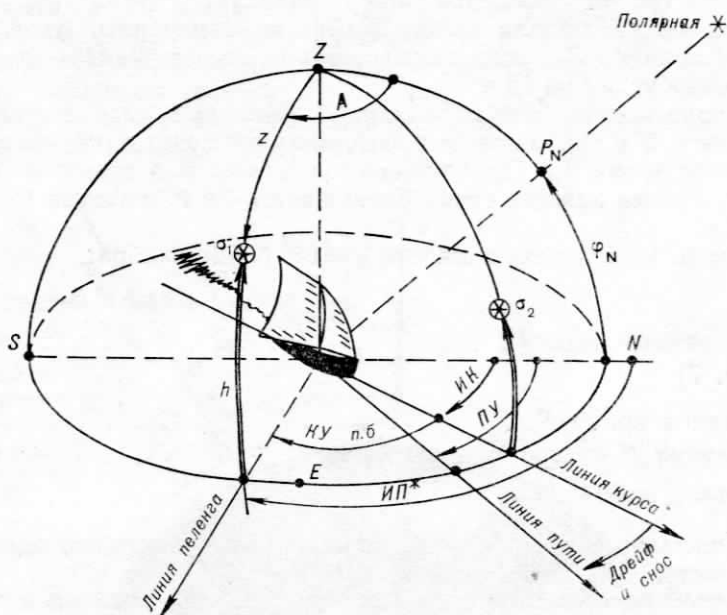


Рис. 8. Ориентирование по направлению движения относительно направления на светило

Аналогично производится ориентирование по истинному пеленгу Солнца, что иллюстрируется примером 10.

С течением времени, вследствие вращения небосвода и движения корабля, *ИП* светила изменяется, поэтому его величину следует уточнять по мере необходимости (см. пример 11).

Пример 7. 18 декабря 1981 г. в Тихом океане в момент по судовому времени $T_c = 01^h 15^m$ ($N_c = 11$ E) место корабля было: $\varphi = 40,1^\circ$ N, $\lambda = 152,1^\circ$ E. На какой курсовой угол необходимо привести звезду Регул, чтобы следовать $ИК = 130^\circ$?

Программа вычислений

Порядок действий	Содержание и правила выполнения	Решение
1	Записать заданную календарную дату и T_c	1981 г., дек. 18 $T_c = 01^h 15^m$
2	Записать номер часового пояса, по которому установлены часы	$N_c = 11$ E
3*	Вычислить гринвичскую дату и гринвичское время: $3 = 1 \pm 2$ ($+N_w$ или $-N_E$)	Декабрь 17 $T_{гр} = 14^h 15^m$
4	Выбрать из табл. 3 по $T_{гр}$	$T_{гр}^\circ = 213,8^\circ$
5	Выбрать из табл. 4 по гринвичской дате	$R = 85,3^\circ$
6	Выбрать из табл. 5 по году и $T_{гр}$	$\Delta R = +0,8^\circ$
7	Выбрать из табл. 1 по названию звезды	$\tau^* = 208,0^\circ$

Порядок действий	Содержание и правила выполнения	Решение
8	Вычислить гринвичский часовой угол: $8 = 4 + 5 + 6 + 7$	$t_{Гр} = 507,9^\circ$
9	Отнять 360° , если сумма более 360°	-360°
10	Гринвичский часовой угол: $10 = 8 - 9$	$t_{Гр} = 147,9^\circ$
11	Прибавить восточную долготу места или отнять западную долготу λ	$+152,1 \text{ E}$
12*	Западный часовой угол: $12 = 10 \pm 11$	$t_M = 300,0 \text{ W}$
13	Если западный часовой угол более 180° , то вычислить восточный часовой угол звезды: $t_E = 360^\circ - t_W$	$t_M = 60,0 \text{ E}$
14	Вычислить угол времени: $Q' = 180^\circ \pm t_E^W$	$Q' = 120,0^\circ$
15	Выбрать из табл. 1 склонение звезды	$\delta = 12,0^\circ \text{ N}$
16**	По картографической сетке (приложение 7) определяем истинный пеленг звезды	$ИП = 100^\circ$
17	Вычислить курсовой угол: $KУ = ИП - ИК$	$KУ = -30^\circ \text{ (л. б.)}$

* Если при выполнении этого действия вычитаемое (N_c или λ) больше уменьшаемого, то последнее надо предварительно увеличить на 24 ч или на 360° . Могут быть три варианта получения гринвичской даты:

— если в п. 3 получилось $T_{Гр}$ менее 24ч, то гринвичская дата равна календарной дате на корабле;

— если в п. 3 получилось $T_{Гр}$ более 24ч, то гринвичская дата больше корабельной на одни сутки (увеличив дату, следует отнять 24ч из $T_{Гр}$);

— если в п. 3 намечается отрицательная величина, то следует придать 24ч к T_c и произвести вычитание, после чего для получения гринвичской даты надо уменьшить корабельную дату на сутки.

** Правила вычисления истинного пеленга светила по картографической сетке (ключ к пользованию сеткой см. в приложении 7 слева внизу):

— по углу времени Q' и склонению δ (см. п. 14 и 15) нанесите место светила в положение 1;

— вычислите угол поворота, равный в северной широте $90^\circ - \varphi$, а в южной широте $90^\circ + \varphi$; в примере 7 имеем $90^\circ - 40,1^\circ = 49,9^\circ$;

— с помощью циркуля или кальки переместите светило на угол поворота в положение 2 (как это показано на рис. приложения 7);

— в точке пересечения меридиана сетки $P_N - 2 - P_S$ и полуденной линии $N - S$ прочитайте истинный пеленг светила (в примере 7 получилось $ИП = 100^\circ$).

В условиях примера 7 для движения курсом 130° звезду Регул следует удерживать на курсовом углу 30° левого борта.

Если с поста управления рулем наблюдения избранной для ориентирования звезды оказались по какой-либо причине затруднены, то, приведя ее на вычисленный курсовой угол, подберите другую звезду, расположенную по носу и удобно наблюдаемую на малой высоте.

Пример 8. 23 мая 1984 г. в Атлантическом океане ориентировка во времени восстановлена по наблюдению момента захода Солнца (см. п. 3.4). Находясь в точке с координатами $\varphi = 39,1^\circ \text{ N}$, $\lambda = 36,7^\circ \text{ W}$, на какой курсовой угол необходимо привести звезду Арктур, чтобы в момент по местному среднему времени $T_M = 20^{\text{ч}}04^{\text{м}}$ следовать по направлению пути $ПУ = 62^\circ$. Дрейф от ветра 270° силою в 3 балла принят равным 10° (рис. 8).

Программа вычислений

Порядок действий	Содержание и правила выполнения	Решение
1	Записать календарную дату и T_M	1984 г., май 23 $T_M = 20^h 04^m$
2	Выбрать из табл. 3 по T_M	$T_M^\circ = 301,0^\circ$
3	Отнять восточную долготу места или прибавить западную долготу λ	$+36,7 W$
4*	Вычислить гринвичскую дату и гринвичское время: $4 = 2 \pm 3$.	Май 23 $T_{ГР}^\circ = 337,7^\circ$
5	Выбрать из табл. 4 по гринвичской дате	$R = 240,3^\circ$
6	Выбрать из табл. 5 по году и $T_{ГР}$	$\Delta R = 1,5^\circ$
7	Выбрать из табл. 1 для Арктура	$\tau^* = 146,3^\circ$
8	Вычислить гринвичский часовой угол: $8 = 4 + 5 + 6 + 7$	$t_{ГР} = 725,8^\circ$
9	Отнять 360° , если сумма более 360°	$-360,0^\circ$
10	Гринвичский часовой угол: $10 = 8 - 9$	$t_{ГР} = 365,8 W$
11	Прибавить восточную долготу или отнять западную долготу λ	$-36,7 W$
12*	Западный часовой угол: $12 = 10 \pm 11$	$t_M = 329,1 W$
13	Если западный часовой угол более 180° , то вычислить восточный часовой угол звезды: $t_E = 360^\circ - t_W$	$t_M = 30,9 E$
14	Вычислить угол времени $Q' = 180^\circ \pm t_E^W$	$Q' = 149,1^\circ$
15	Выбрать из табл. 1 склонение звезды	$\delta = 19,3^\circ N$
16**	По картографической сетке (приложение 7) определяем: — угол поворота $= 90^\circ \mp \varphi_S^N$ — истинный пеленг звезды	$51,0^\circ$ $ИП = 118^\circ$
17	Истинный курс с учетом дрейфа: $62^\circ - 10^\circ$	$ИК = 52^\circ$
18	Вычислить курсовой угол: $KУ = 16 - 17$	$KУ = +66^\circ$ (п. 6.)

* и ** — См. в примере 7.

Приведа звезду Арктур на $KУ = 66^\circ$ правого борта (рис. 8, светило σ_1), для удобства курсоуказания будем наблюдать по носу звезду Вега (светило σ_2).

Пример 9. Находясь в Тихом океане, по звезде Кафф (з Кассиопеи) определили местное звездное время $S_M = 2^h$ (см. п. 3.5); координаты места $\varphi = 20^\circ S$, $\lambda = 178^\circ W$. На какой курсовой угол необходимо привести звезду Сириус, чтобы следовать истинным курсом $ИК = 105^\circ$?

Программа вычислений

Порядок действий	Содержание и правила выполнения	Решение
1	Записать наблюденное звездное местное время	$S_M = 2^h$
2	Выбрать из табл. 3 по S_M	$S_M^\circ = 30^\circ$
3	Выбрать из табл. 1 по названию звезды	$\tau^* = 258,9^\circ$

Порядок действий	Содержание и правила выполнения	Решение
4	Вычислить западный часовой угол звезды: $4 = 2 + 3$	$t_M = 288,9 \text{ W}$
5	Если западный часовой угол более 180° , то вычислить восточный часовой угол звезды: $t_E = 360^\circ - t_W$	$t_M = 71,1 \text{ E}$
6	Вычислить угол времени: $Q' = 180^\circ \pm t_E^W$	$Q' = 108,9^\circ$
7	Выбрать из табл. 1 склонение звезды	$\delta = 16,7^\circ \text{ S}$
8	Вычислить угол поворота: $90^\circ + \varphi_s$	110°
9	По картографической сетке (приложение 7) определяем истинный пеленг звезды	$ИП = 100^\circ$
10	Заданный истинный курс	$ИК = 105^\circ$
11	Необходимый курсовой угол звезды	$KУ = -5^\circ \text{ (л. б.)}$

4.4. Ориентирование по истинному пеленгу Солнца.

Ориентирование по ИП Солнца выполняется аналогично ориентированию по ИП звезды, отличаясь только в расчете координат светила.

Пример 10. 30 июля 1981 г. в Атлантическом океане место корабля $\varphi = 12,5^\circ \text{ N}$, $\lambda = 31,8^\circ \text{ W}$. Часы установлены по летнему московскому времени. На какой курсовой угол необходимо привести Солнце в момент $T_c = 21^{\text{h}}36^{\text{m}}$, чтобы следовать истинным курсом $ИК = 270^\circ$?

Программа вычислений

Порядок действий	Содержание и правила выполнения	Решение
1	Записать календарную дату и T_c	1981 г. Июль 30 $T_c = 21^{\text{h}}36^{\text{m}}$
2	Записать номер часового пояса для летнего декретного времени (приложение 5)	$N_c = 4 \text{ E}$
3*	Вычислить гринвичскую дату и гринвичское время: $3 = 1 \pm 2_E^W$	Июль 30 $T_{гр} = 17^{\text{h}}36^{\text{m}}$
4	Выбрать из табл. 3 по $T_{гр}$	$T_{гр}^\circ = 264,0^\circ$
5	Выбрать из табл. 6 по гринвичской дате	$E = 178,4^\circ$
6	Записать долготу места λ ($+\lambda_E$ или $-\lambda_W$)	$-31,8 \text{ W}$
7	Вычислить часовой угол: $7 = 4 + 5 \pm 6$	$t_M = 50,6 \text{ W}$
8	Вычислить угол времени $Q' = 180^\circ \pm t_E^W$	$Q' = 230,6^\circ$
9	Выбрать склонение Солнца из табл. 6	$\delta = 18,6^\circ \text{ N}$
10	Угол поворота: $90^\circ - \zeta_N$	$77,5^\circ$
11	По картографической сетке (приложение 7) определяем истинный пеленг Солнца	$ИП = 284^\circ$
12	Заданный истинный курс	$ИК = 270^\circ$
13	Необходимый курсовой угол Солнца	$KУ = +14 \text{ (п. б.)}$

* — См. в примере 7.

Пример 11. По условию примера 7 определить промежуток времени, спустя который необходимо изменять курсовой угол светила для следования курсом 130° с погрешностью не более 1° .

Порядок вычисления.

1. Определяем азимут светила спустя $30^m = 7,5^\circ$ времени:
 $T_c = 01^h 15^m + 30^m = 01^h 45^m$;

Часовой угол $t_m = 60^\circ E - 7,5^\circ = 52,5^\circ E$;

Угол времени $Q' = 180^\circ - 52,5^\circ = 127,5^\circ$ (переменной долготы места за 30^m плавания пренебрегаем);

Угол поворота $90^\circ - \varphi_N = 49,9^\circ$ (переменной широты места за 30^m плавания пренебрегаем);

Истинный пеленг звезды Регул в момент $T_c = 01^h 45^m$. $ИП = 106^\circ$.

2. Вычисляем изменение пеленга:

Изменение пеленга за 30^m : $100^\circ - 106^\circ = -6^\circ$.

Изменение пеленга на 1° происходит за 5^m времени.

3. В $01^h 20^m$ следует держать звезду Регул на $KУ = -29^\circ$, в $01^h 25^m$ — на $KУ = -28^\circ$ и т. д.

Влияние перемены широты и долготы места уточняем по мере необходимости с помощью картографической сетки В. В. Каврайского (приложение 7).

4.5. Истинный пеленг светила по табл. 1—6 и приложению 7 вычисляется с точностью до 1° , что создает погрешность места не более 1 мили при плавании на расстояние до 60 миль.

4.6. Для управления движением по курсовому углу на светило при необходимости можно изготовить указатель КУ в виде штока длиной 57 см, на дальнем конце которого укреплен поперечина с зубцами через 1 см: каждый зубец соответствует 1° курсового угла, если шток установлен вдоль диаметральной плоскости.

4.7. Ориентирование относительно направления на Полярную звезду.

В северных широтах одним из лучших ориентиров для определения направления движения является Полярная звезда, истинный пеленг которой не зависит от точности знания координат места наблюдателя и легко определяется по рис. 7, 9, 10.

Полярная звезда находится от Северного полюса на расстоянии, равном $\approx 1^\circ$, по направлению на звезду ϵ Кассиопеи. При расположении созвездий Большой Медведицы и Кассиопеи, показанном на рис. 7 и 9, истинный пеленг Полярной звезды равен 0° (или 360°). В умеренных широтах при положении этих созвездий, показанном на рис. 10 «а», истинный пеленг Полярной равен 1° ; при положении, показанном на рис. 10 «б», истинный пеленг Полярной равен 359° . В высоких широтах максимальное отклонение линии пеленга Полярной звезды от точки севера N можно принять равным 2° к востоку на рис. 10 «а» и к западу на рис. 10 «б».

Для ориентирования по Полярной звезде:

— опознайте на небосводе созвездие Большой Медведицы (см. рис. 1—4); по направлению от звезды β к звезде α Большой Медведицы в расстоянии, равном пяти дугам $\beta - \alpha$, найдите Полярную звезду. Если Большая Медведица не видна, то Полярную можно найти на небосводе относительно созвездия Кассиопеи;

— проведите воображаемую вертикальную линию (рис. 9) через Полярную к горизонту; точка пересечения ее с линией видимого горизонта есть приближенная точка севера N , положение которой можно уточнить, как указано выше;

— угол между направлением на точку севера N и направлением диаметральной плоскости корабля (шлюпки) есть ваш истинный курс $ИК$. Для движения по этому направлению удерживайте Полярную на постоянном курсовом угле $KУ$.

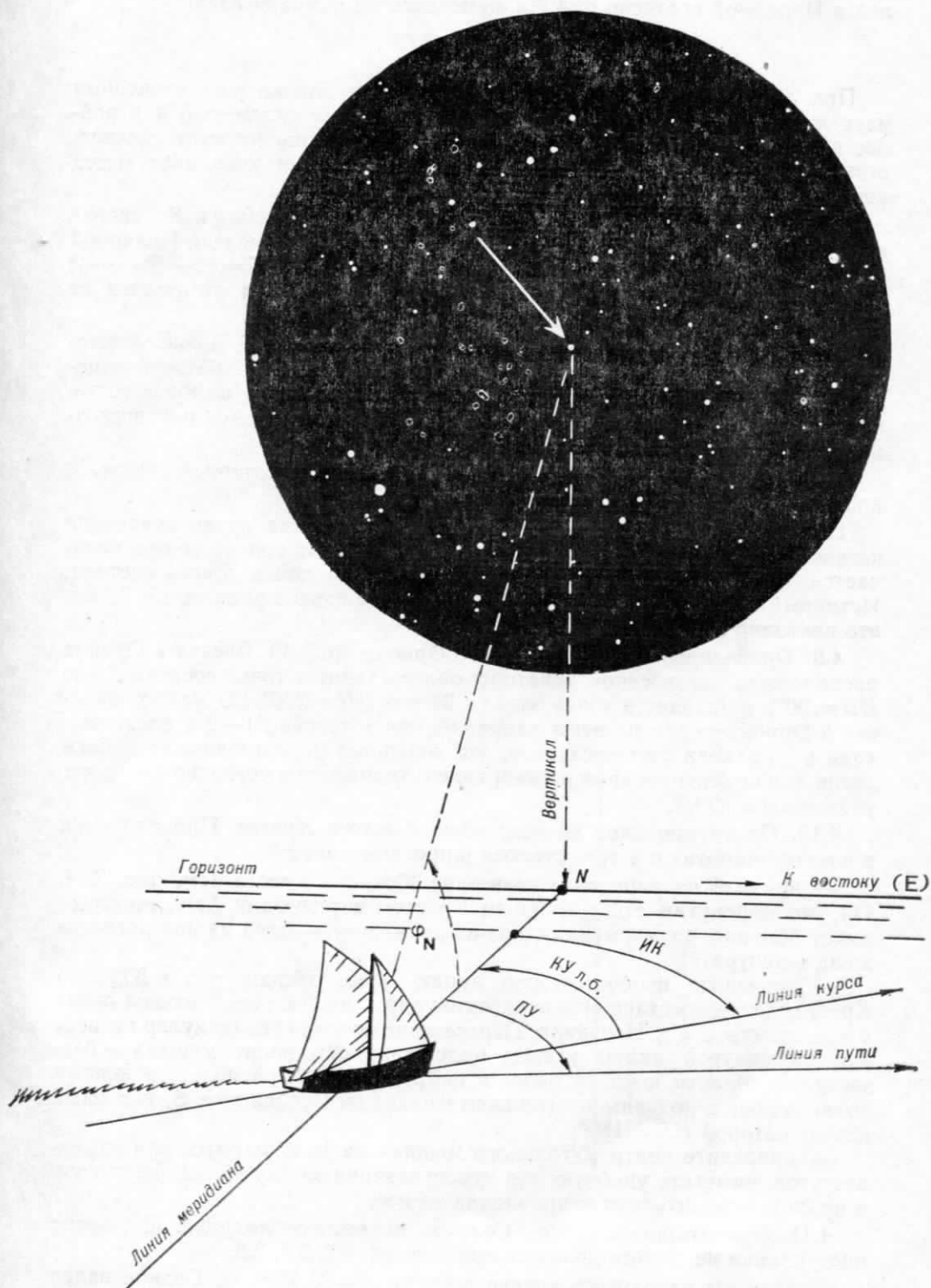


Рис. 9. Ориентирование по направлению движения относительно направления на Полярную звезду

4.8. *Поправка компаса* получается путем сравнения истинного пеленга Полярной согласно п. 4.7 и ее пеленга по компасу $KП^*$

$$\Delta K = ИП^* - KП^*.$$

При отсутствии магнитных бурь и влияния близко расположенных масс железа поправка компаса равна магнитному склонению d в районе плавания, указанному на морской карте. Нарушение этого соответствия является признаком неверного определения координат места корабля.

Пример 12. Наблюдали созвездия Большой Медведицы и Кассиопеи в положении, показанном на рис. 10 «а», и измерили пеленг Полярной по компасу $KП=5^\circ$. Поправка компаса составила $\Delta K=1^\circ - 5^\circ = -4^\circ$ (направление на север по показаниям вашего компаса отличается от истинного направления на север на 4° к западу).

Пример 13. В широте $\varphi=65^\circ N$ наблюдали созвездия Большой Медведицы и Кассиопеи в положении, показанном на рис. 10 «б», и измерили пеленг Полярной по компасу $KП=355^\circ$. Поправка компаса составила $\Delta K=358^\circ - 355^\circ = +3^\circ$ (компасный север расположен в 3° восточнее истинного направления на север).

Погрешность определения поправки компаса по Полярной звезде не превышает 1° .

Поправка компаса может быть также определена путем сравнения истинного и компасного пеленгов любого светила; при этом она получается тем точнее, чем меньше была высота пеленгуемого светила. Истинный пеленг светила вычисляется с помощью приложения 7, как это показано в примерах 7—10.

4.9. *Ориентирование по созвездию Ориона* (рис. 2). Звезда δ Ориона расположена на небесном экваторе; она восходит в точке востока E (по $ИП=90^\circ$) и заходит в точке запада W (по $ИП=270^\circ$). В малых широтах δ Ориона видна по этим направлениям в течение 1—2 ч после восхода и до захода соответственно, что позволяет использовать ее наблюдения для ориентирования по направлению движения согласно методике, указанной в п. 4.2.

4.10. *Ориентирование по созвездию Южного Креста*. При плавании в южных широтах и в тропическом широтном поясе:

— найдите на небосводе созвездие Южного Креста (см. рис. 3, 4, 11), не перепутав его с Ложным Крестом в созвездии Арго (который имеет большие размеры и состоит из пяти звезд — одна из них расположена в центре);

— проведите воображаемую линию через звезды γ и α Южного Креста, далее восстановите перпендикуляр к линии, соединяющей очень яркие звезды α и β Центавра. Пересечение этого перпендикуляра и первой упомянутой линии укажет положение «Угольного мешка» — беззвездной области южного неба, в центре которой расположен южный полюс мира, а под ним на горизонте находится точка юга S , истинный пеленг которой $ИП=180^\circ$;

— приведите центр «Угольного мешка» на необходимый вам курсовой угол, наметьте удобную для курсоуказания звезду вблизи горизонта и правьте относительно направления на нее.

4.11. *Ориентирование по Солнцу в момент полудня*. В момент наступления истинного полудня согласно пп. 3.2, 3.3, 3.6:

— если вы находитесь южнее широты $\varphi=23,4^\circ S$, то Солнце видно на севере ($ИП=0^\circ$);

— если вы находитесь севернее широты $\varphi=23,4^\circ N$, то Солнце видно на юге ($ИП=180^\circ$).

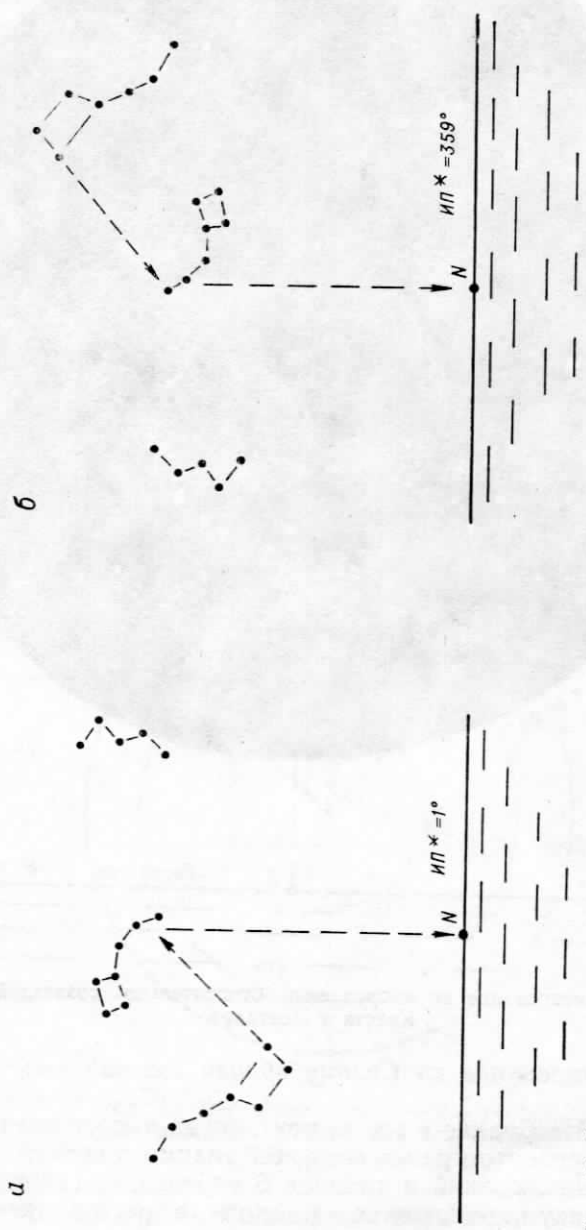


Рис. 10. Определение истинного пеленга Полярной звезды по расположению созвездий Кассиопея и Большой Медведицы

Согласно методике, изложенной в п. 4.2, ориентируйте направление движения по Солнцу. Пеленг Солнца этим способом определяется с погрешностью до 3° .

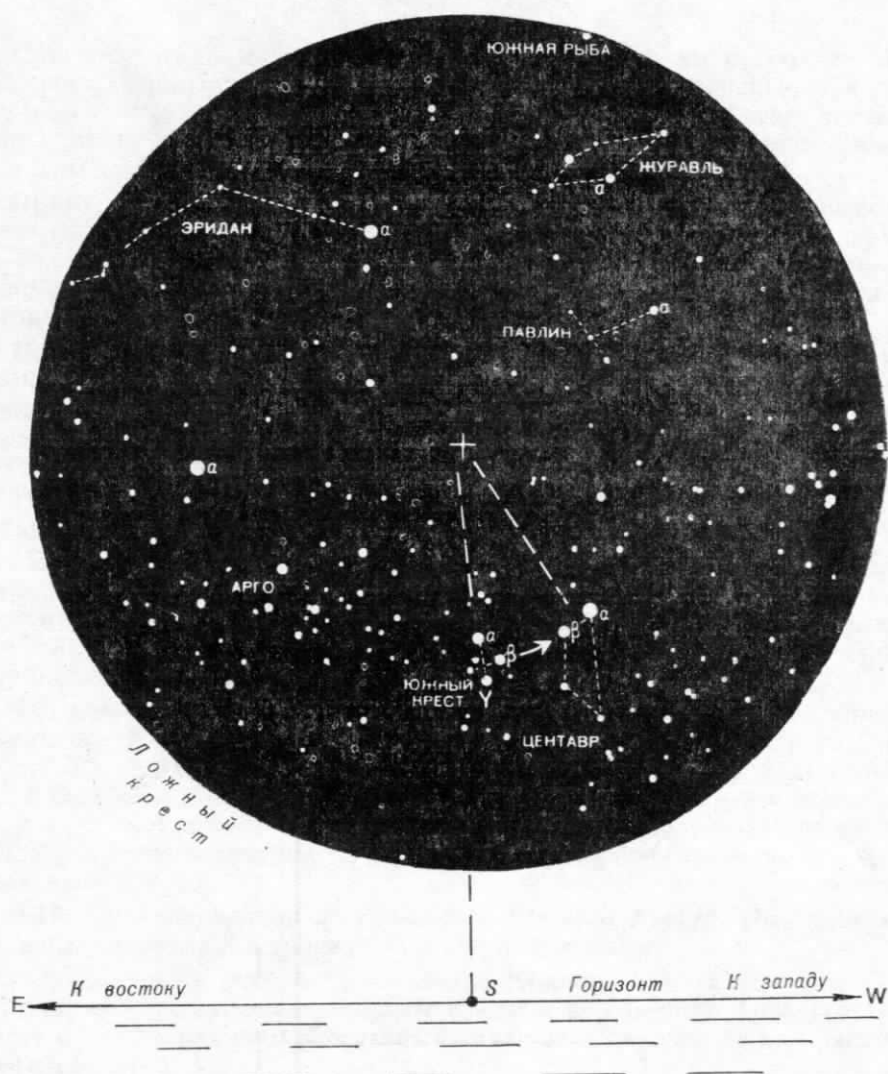


Рис. 11. Ориентирование по направлению относительно созвездий Южного Креста и Центавра

4.12. Ориентирование по Солнцу вблизи его видимого восхода или захода:

- наблюдайте Солнце в тот момент, когда высота его нижнего края над видимым горизонтом равна около 0,7 видимого диска;
- по дате наблюдений и таблице 6 определите склонение Солнца;
- по графику приложения 8, входя в него с широтой места φ и склонением Солнца δ , определите азимут Солнца в полукруговом счете: в северной широте $A=N...E$ при восходе, $A=N...W$ при заходе; в южной широте $A=S...E$ при восходе и $A=S...W$ при заходе;
- обратите азимут в истинный пеленг:

$$ИП = A_{NE}; \quad ИП = 360^\circ - A_{NW};$$

$$ИП = 180^\circ - A_{SE}; \quad ИП = 180^\circ + A_{SW}.$$

По истинному пеленгу Солнца ориентируйте направление движения или определите поправку компаса, измерив КП Солнца.

Пример 14. 29 марта в широте $\varphi = 37^\circ$ N наблюдали Солнце вблизи его захода и измерили $KП = 276^\circ$. Определить истинный пеленг Солнца и поправку компаса.

Склонение Солнца на 29 марта определяем по табл. 6 . . . $\delta = 3,3^\circ$ N
 Азимут Солнца определяем по графику приложения 8 . . . $A = N 86,0^\circ$ W
 Истинный пеленг Солнца $ИП = 360^\circ - 86,0^\circ = 274,0^\circ$
 Компасный пеленг Солнца $KП = 276^\circ$
 Поправка компаса $\Delta K = -2,0^\circ$

Этот способ пригоден в малых и умеренных широтах, результат имеет погрешность не более $1,5^\circ$.

4.13. Определение поправки компаса по наблюдениям восхода и захода края диска Солнца:

— измерьте компасный пеленг Солнца при восходе его верхнего или нижнего края над видимым морским горизонтом и вечером аналогично измерьте компасный пеленг Солнца при заходе того же края;

— рассчитайте компасный пеленг точки юга S, как средний из двух измеренных компасных пеленгов (КП)

$$KП_S = \frac{KП_{\odot}^{\wedge} + KП_{\odot}^{\smile}}{2};$$

— рассчитайте поправку компаса $\Delta K = 180^\circ - KП_S$.

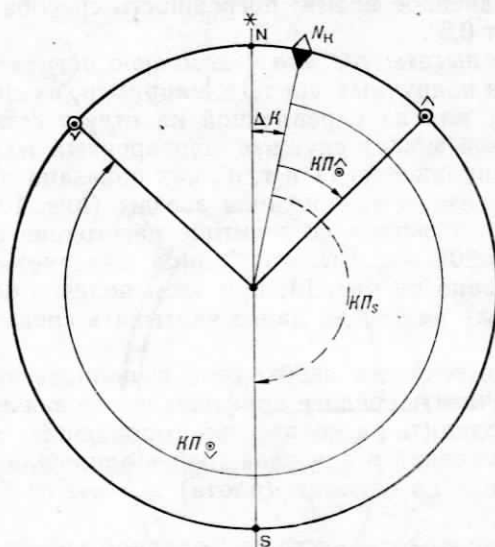


Рис. 12. Определение поправки компаса по пеленгам Солнца при его восходе и заходе

Пример 15. Наблюдали Солнце при восходе и заходе его нижнего края (рис. 12) и измерили $KП_{\odot}^{\smile} = 40^\circ$, $KП_{\odot}^{\wedge} = 310^\circ$. Рассчитали:

$$\Delta K = 180^\circ - \frac{40^\circ + 310^\circ}{2} = +5^\circ.$$

Результат получится тем точнее, чем меньше изменилась широта вашего места за время, прошедшее от восхода до захода Солнца.

5. ОРИЕНТИРОВАНИЕ ПО ШИРОТЕ МЕСТА НАБЛЮДЕНИЙ

5.1. Определение широты места по длительности дня:

— с помощью часов измерьте промежуток времени от момента восхода верхнего края Солнца над видимым морским горизонтом до момента его захода;

— если корабль двигался, добавьте к этому промежутку по 1^m на каждые $15'$ изменения долготы к востоку или же отнимите — при движении к западу;

— по календарной дате и исправленной длительности дня с помощью приложения 9 найдите широту места наблюдений, которая будет соответствовать моменту полудня.

Пример 16. 30 июня 1981 г. в Северном полушарии со шлюпки заметили моменты восхода и захода верхнего края Солнца. Днем шли западными курсами и по счислению имели разность долгот $32'$. Определить широту места наблюдений.

Длительность дня по разности моментов восхода и захода Солнца $\Delta T = 16^m 20^s$

Поправка за изменение долготы к западу . . . $\Delta = -2$

Длительность дня $16^m 18^s$

Широта места наблюдений определяется с помощью приложения 9 $\varphi = 50,0^\circ N$.

Этот способ неприменим вблизи дней равноденствий и при плавании в экваториальных и высоких широтах; пределы этих ограничений см. в приложении 9. Результат получается тем надежнее, чем меньше изменилась широта в дневное время; погрешность способа в средних условиях не превышает $0,5^\circ$.

5.2. Измерение высоты светила с помощью астролябии. Астролябия изготавливается из подручных средств, например, из транспортира и отвеса (см. рис. 13) или из укрепленной на отвесе сетки с градусными делениями. Таковой может служить маневренный планшет, картографическая сетка (приложение 7) и т. п., как показано на рис. 14.

После прямого визирования звезды (рис. 13) по положению отвесной нити отсчитывается ее зенитное расстояние z и далее вычисляется высота $h = 90^\circ - z$. Высота Солнца измеряется теневым методом, как это показано на рис. 14; при этом полезно повторить измерение, повернув шкалу на 180° , и далее учитывать средний из двух полученных отсчетов.

Для повышения точности необходимо выполнить несколько измерений высоты и рассчитать среднее арифметическое значение: сумму полученных z или h разделить на количество выполненных измерений. Среднее из четырех измерений в два раза точнее одиночного измерения.

При наблюдениях со шлюпки (плота) высоты от 5° до 15° следует уменьшить на $0,1^\circ$.

5.3. Определение широты места по Полярной звезде:

а) измерьте высоту Полярной звезды, отыскав ее, как указано в п. 4.7; правила измерения указаны в п. 5.2;

б) придайте к измеренной высоте поправку:

— при $S_M = 2^h$ (Полярная в плоскости меридиана места, как показано на рис. 7) вычитайте $0,8^\circ$;

— при $S_M = 5^h$ вычитайте $0,6^\circ$;

— при $S_M = 8^h$ (рис. 10 «б») поправка равна нулю;

— при $S_M = 11^h$ прибавляйте $0,6^\circ$;

— при $S_M = 14^h$ (рис. 9) прибавляйте $0,8^\circ$;

— при $S_M = 17^h$ прибавляйте $0,6^\circ$;

— при $S_M = 20^h$ (рис. 10 «а») поправка равна нулю;

— при $S_M = 23^h$ вычитайте $0,6^\circ$.

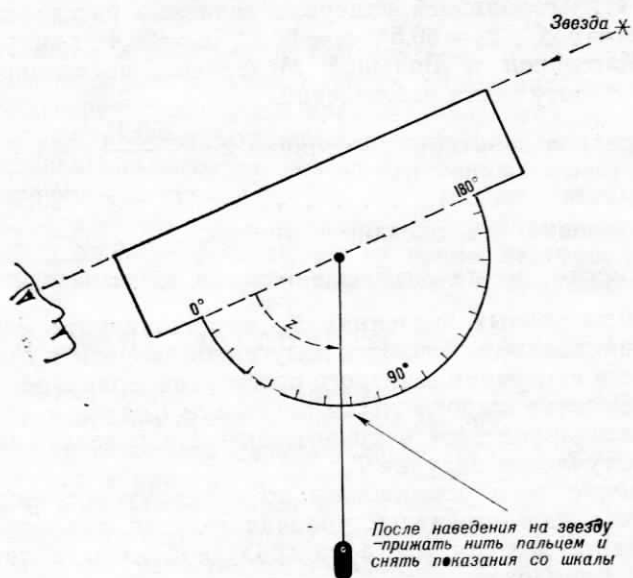


Рис. 13. Измерение высоты звезды астролбией

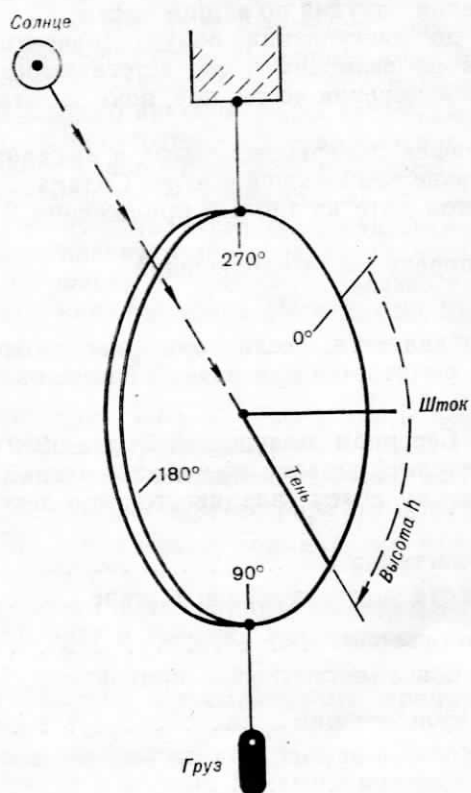


Рис. 14. Измерение высоты Солнца астролбией (теневого метод)

Пример 17. Астролябией измерили зенитные расстояния Полярной (рис. 13): $z_1=66,0^\circ$, $z_2=66,5^\circ$, $z_3=66,2^\circ$, $z_4=66,4^\circ$ при расположении созвездий Кассиопеи и Большой Медведицы, показанном на рис. 7. Определить широту места наблюдений.

$$\text{Среднее зенитное расстояние } z = \frac{265,1^\circ}{4} = 66,3^\circ$$

$$\text{Высота звезды } \dots \dots \dots h = 90^\circ - z = 23,7^\circ$$

$$\text{Поправка на звездное время } \dots \dots \dots -0,8^\circ$$

$$\text{Широта места наблюдений } \dots \dots \dots \varphi = 22,9^\circ \text{ N}$$

При промежуточных значениях S_M интерполируйте между указанными выше поправками. Точность полученной широты в основном зависит от точности измерения зенитного расстояния Полярной.

5.4. Определение широты места по высоте Солнца в полдень:

а) по календарной дате и приложению 4 определите местное среднее время наступления полудня T_M ;

б) если ваши часы установлены по поясному времени, то рассчитайте их показание в момент наступления полудня, для чего:

— переведите долготу места из градусной меры в часовую с помощью табл. 3 приложения 2;

— из T_M отнимите восточную долготу или прибавьте к T_M западную долготу, получится гринвичское время $T_{гр}$;

— придайте к $T_{гр}$ восточный номер часового пояса (или же отнимите западный), по которому установлены ваши часы, и получите судовое время наступления полудня по вашим часам;

в) за 10—15^м до наступления полудня начните измерения высот Солнца, записывая их величину и соответствующий момент времени;

г) продолжайте измерения до тех пор, пока высоты не начнут уменьшаться;

д) постройте график измеренных высот и выберите по нему наиболее вероятное значение наибольшей высоты Солнца;

е) по календарной дате из табл. 6 приложения 2 выберите склонение Солнца;

ж) вычислите широту места наблюдений

$$\varphi = 90^\circ - H^\odot \pm \delta.$$

Склонение прибавляется, если оно одинакового наименования с широтой места, и вычитается при разном наименовании φ и δ (например, при φ_N и δ_S).

Пример 18. В Северном полушарии 7 мая 1982 г., долгота места около 160° Е. Определить широту места наблюдений Солнца. Судовое время — по 11 часовому поясу (владивостокское летнее). Из приложения 4 определяем:

$$7 \text{ мая полдень наступит в } \dots \dots \dots T_M = 11^{\text{h}}57^{\text{m}}$$

$$\text{По табл. 3 долгота места в часовой мере } \dots \dots \dots \lambda = 10 \text{ 40}$$

$$\text{(восточная — отнимается) } \dots \dots \dots T_{гр} = 1 \text{ 17}$$

$$\text{Номер часового пояса (восточный — прибавляется) } \dots \dots \dots N_E = 11$$

$$\text{Судовое время кульминации } \dots \dots \dots T_c = 12^{\text{h}}17^{\text{m}}$$

$$\text{Наибольшая высота Солнца вблизи расчетного времени наступления полудня } \dots \dots \dots H^\odot = 73,6^\circ$$

$$\text{Зенитное расстояние Солнца в полдень } \dots \dots \dots z = 16,4^\circ$$

$$\text{Склонение Солнца на 7 мая по табл. 6 } \dots \dots \dots \delta = +16,7^\circ \text{ N}$$

$$\text{Широта места наблюдений } \dots \dots \dots \varphi = 33,1^\circ \text{ N}$$

При необходимости интерполируйте склонение по $T_{гр}$. Точность полученной широты в основном зависит от точности измерения высоты Солнца.

Задача решается и при отсутствии сведений о долготе места или точном судовом времени. В этих случаях измерения высоты Солнца начинают заблаговременно, до его прохождения через меридиан места наблюдений, положение которого приближенно определяют с помощью компаса. Наибольшую высоту в серии измеренных высот принимают для расчета широты.

Если ваши часы установлены по местному среднему времени одним из упомянутых в разделе 3 способов, то время наступления полудня приближенно принимается равным указанному в приложении 4.

6. ОРИЕНТИРОВАНИЕ ПО ДОЛГОТЕ МЕСТА НАБЛЮДЕНИИ

Для определения долготы необходимо знать точное время и измерять его с точностью хотя бы до нескольких секунд.

Разница между моментом передачи радиосигнала времени (например, шестой точки в программе подачи сигналов времени радиостанцией «Маяк») и показанием ваших часов есть поправка ваших часов. Если момент передачи радиосигнала времени принят по гринвичскому времени $T_{гр}$ (или оно известно по показанию часов и номеру часового пояса), то полученная поправка позволит определить гринвичское время в любой другой момент T , замеченный по часам. Электронные часы имеют очень малое изменение поправки за сутки (их суточный ход можно принять равным нулю); механические часы значительно изменяют поправку, но если знать скорость изменения поправки (иначе говоря их суточный ход — величину изменения поправки за сутки), то по последней известной поправке и суточному ходу можно определить их поправку в любой необходимый момент (см. пример 19). Если ваши часы опережают ход верного времени, то их суточный ход отрицателен; если же они отстают, то их суточный ход положителен.

Если вы наблюдаете какое-либо астрономическое явление (например, прохождение светила через меридиан места наблюдений, восход или заход Солнца), то долгота места определится как разность гринвичского времени наступления этого явления (полученного по показанию часов и их поправке) и местного среднего времени в этот же момент, определяемого, как показано в примерах 20, 21, 22:

$$\lambda = T_m - T_{гр},$$

при этих вычислениях знак (+) в правой части означает восточную долготу, а знак (—) — западную долготу.

6.1. Определение долготы с помощью солнечных часов:

— в один и тот же момент зарегистрируйте показание времени по солнечным часам T_m^{\odot} и показание времени по вашим электронным или механическим часам T ;

— по показанию часов T и их поправке вычислите $T_{гр}$;

— по календарной дате и графику приложения 4 определите уравнение времени τ ;

— по уравнению времени τ и солнечному времени T_m^{\odot} вычислите местное среднее время T_m ;

— сравнив T_m и $T_{гр}$, найдите долготу места наблюдений.

Пример 19. 24 марта в момент 12^ч00^м00^с по московскому зимнему времени (3 восточный часовой пояс) приняли радиосигнал времени станции «Маяк» (шестая точка) и заметили показание часов, установленных по времени 10 восточного часового пояса $T = 19^{\text{ч}}01^{\text{м}}42^{\text{с}}$.

Определить поправку часов в момент приема радиосигнала и ее величину через шесть суток, если поправка изменяется со скоростью $+12^c$ в сутки.

Московское время подачи радиосигнала	$T = 12^h 00^m 00^s$
Разница московского и гринвичского времени	$N_E = -3$
Гринвичское время подачи радиосигнала	$T_{гр} = 9\ 00\ 00$
Показание часов	$T = 19\ 01\ 42$

Поправка часов относительно гринвичского времени в момент подачи радиосигнала $u_{ч} = -10^m 01^s 42^c$

Изменение поправки часов за 6 суток: $\Delta u_{ч} = 6 \cdot 12^c = +1\ 12^c$

Поправка часов на $T_c = 19^h\ 30$ марта $u_{ч} = -10^m 00^s 30^c$

Пример 20. 4 февраля 1980 г. измерено по солнечным часам $T_M^{\odot} = 9^h 45^m$ и замечено показание времени по механическим часам $T_c = 9^h 22^m$, которые были установлены на верное московское время 2 февраля в $T_c = 9^h$. По предыдущим наблюдениям часы спешат на $1,5^m$ за сутки. Определить долготу места наблюдений.

А. Вычисление гринвичского времени

Показание механических часов	$T = 09^h 22^m$
Поправка часов за двое суток ($1,5 \cdot 2$)	$u_{ч} = -3$
Точное московское время	$T_c = 09\ 19$
Номер часового пояса	$N_E = -3$
Гринвичское время	$T_{гр} = 06\ 19$

Б. Вычисление долготы

Солнечное местное время	$T_M^{\odot} = 09^h 45^m$
Уравнение времени на 4 февраля	$\eta = +14$
Среднее местное время	$T_M = 09^h 59^m$
Гринвичское время	$T_{гр} = 06\ 19$

Долгота места наблюдений в часовой мере . . . $\lambda = +03^h 40^m$

Тоже в градусной мере по табл. 3 $\lambda = 45^\circ + 10^\circ = 55^\circ \text{ E.}$

Данным способом долгота определяется с погрешностью не более $0,5^\circ$.

6.2. Определение долготы по Солнцу методом соответствующих высот (рис. 15):

— приблизительно рассчитайте момент наступления полудня по вашим часам (судовое время верхней кульминации Солнца — см. пример 18);

— незадолго до полудня измерьте серию высот Солнца, регистрируя момент их измерений с наибольшей возможной точностью;

— постройте график высот и получите по нему значение высоты h_1 на средний момент этой серии T_1 ;

— после полудня наблюдайте вторую серию высот, располагая ее симметрично первой серии относительно момента полудня, и по графику высот второй серии найдите момент T_2 , в который высота равна высоте Солнца, наблюдавшейся в момент T_1 ;

— рассчитайте средний момент наступления полудня по вашим часам

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2};$$

- по среднему моменту T и поправке ваших часов (см. пример 19) рассчитайте гринвичское время в момент полудня $T_{гр} = T + u_ч$;
- по календарной дате и графику приложения 4 найдите уравнение времени τ_i ;
- солнечное время в момент полудня $T_M^{\odot} = 12^{\text{h}}00^{\text{m}}00^{\text{s}}$; придайте к нему уравнение времени и получите среднее местное время полудня $T_M = T_M^{\odot} \pm \tau_i$;
- вычислите долготу места $\lambda = T_M - T_{гр}$ в момент полудня.

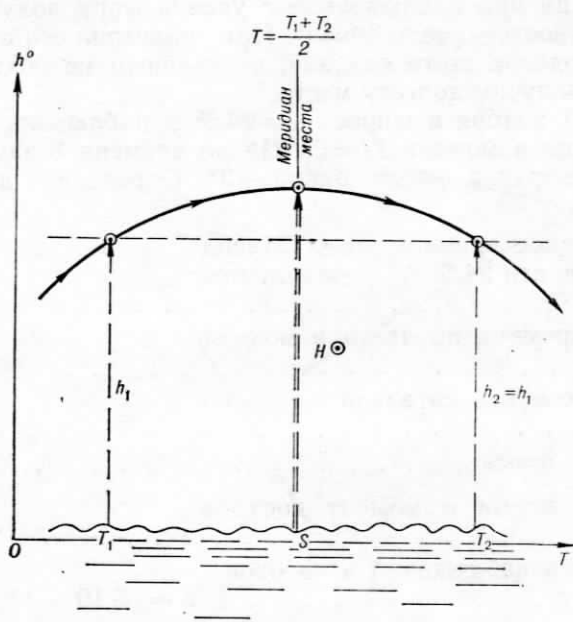


Рис. 15. Наблюдения соответствующих высот Солнца и его наибольшей (меридиональной) высоты. Наблюдатель смотрит на юг

Пример 21. Наблюдения Солнца 10 апреля; часы установлены по радиосигналам на точное время 7 восточного часового пояса.

По наблюдениям до полудня средний момент измерения высот	$T_1 = 11^{\text{h}}24,1^{\text{m}}$
По наблюдениям после полудня Солнце пришло на ту же высоту, что была в момент T_1 , при	$T_2 = 11^{\text{h}}51,0^{\text{m}}$
	$T_1 + T_2 = 22^{\text{h}}75,1^{\text{m}}$
Момент полудня по показанию часов	$T = 11^{\text{h}}37,6^{\text{m}}$
Поправка часов относительно поясного времени	$u_N = 0$
Номер часового пояса	$N_E = -7$
Гринвичское время в момент полудня	$T_{гр} = 4^{\text{h}}37,6^{\text{m}}$
Солнечное время в момент полудня	$T_M^{\odot} = 12^{\text{h}}00^{\text{m}}$
Уравнение времени определяем по графику приложения 4	$\tau_i = +1,5$
Местное среднее время в момент полудня	$T_M = 12\ 01,5$
	$T_{гр} = -4\ 37,6$
Долгота места наблюдений в часовой мере	$\lambda = +7^{\text{h}}23,9^{\text{m}}$
То же в градусной мере по табл. 3	$\lambda = 111^{\circ} \text{E.}$

Способ дает хороший результат в тропическом поясе и умеренных широтах, когда направление на Солнце при измерениях высот отличается от направления меридиана места до 40° , а высоты Солнца будут не менее $50-60^\circ$.

Определение долготы методом соответствующих высот можно сочетать с определением широты места по наибольшей высоте Солнца (см. п. 5.4).

6.3. Определение долготы по моменту восхода или захода верхнего края Солнца. Местное среднее время в момент восхода и захода верхнего края Солнца при наблюдениях с уровня моря получаем из приложения 6 с точностью около $4^m = 1^\circ$. При сравнении его с гринвичским временем наблюдения этого явления, полученным по показанию часов и их поправке, получим долготу места.

Пример 22. 7 ноября в широте $\varphi = 24,5^\circ S$ наблюдали восход верхнего края Солнца в момент $T_c = 05^h 21^m$ по времени 8 западного часового пояса. Поправка часов равна -3^m . Определить долготу места наблюдений.

Местное среднее время восхода Солнца
7 ноября в широте $24,5^\circ S$ определяется
из приложения 6 $T_m = 05^h 10^m$

Показание времени по часам в момент
восхода $T_c = 05^h 21^m$

Поправка часов относительно поясного
времени $u_N = -3$

Номер часового пояса $N_w = + 8$

Гринвичское время в момент восхода
Солнца $T_{гр} = 13^h 18^m$

Долгота места наблюдений в часовой
мере $\lambda = 05 10 - 13 18 = - 8^h 08^m$

Долгота места в градусной мере по табл. 3 . . . $\lambda = 122^\circ W$.

При оценке точности получаемой долготы следует учитывать, что ошибка в определении T_m или $T_{гр}$ наблюдаемого явления на 1^m дает погрешность в долготе на $15'$. Если высота глаза наблюдателя не превышает 2 м, то отказ от учета высоты глаза не приводит к погрешности в долготе более $0,1^\circ$ (при плавании в широтах менее 60°).

7. ОРИЕНТИРОВАНИЕ ПО ВЫСОТНОЙ ЛИНИИ ПОЛОЖЕНИЯ

Высотная линия положения — прямая линия на морской карте, находясь на которой наблюдатель видит светило на одной и той же высоте. Высотная линия положения располагается от счислимго места по направлению линии пеленга светила в расстоянии, равном разности высоты светила, наблюдаемой на корабле, и высоты светила, вычисленной для счислимго места. Эта разность высот называется «переносом» и обозначается $n = h - h_c$.

Истинный пеленг светила вычисляется для счислимой точки C в момент измерения высоты по правилам, изложенным в примерах 7—10, с помощью приложения 7. По этому же приложению попутно с определением *ИП* находим высоту светила в счислимой точке h_c . Истинная высота светила h получается по правилам, изложенным в пункте 5.2. При наблюдениях со шлюпки (плота) в момент восхода и захода верхнего края Солнца его истинная высота равна $-53'$, а при восходе и заходе его нижнего края истинная высота равна $-21'$. Прокладка высотной линии положения на карте показана на рис. 16:

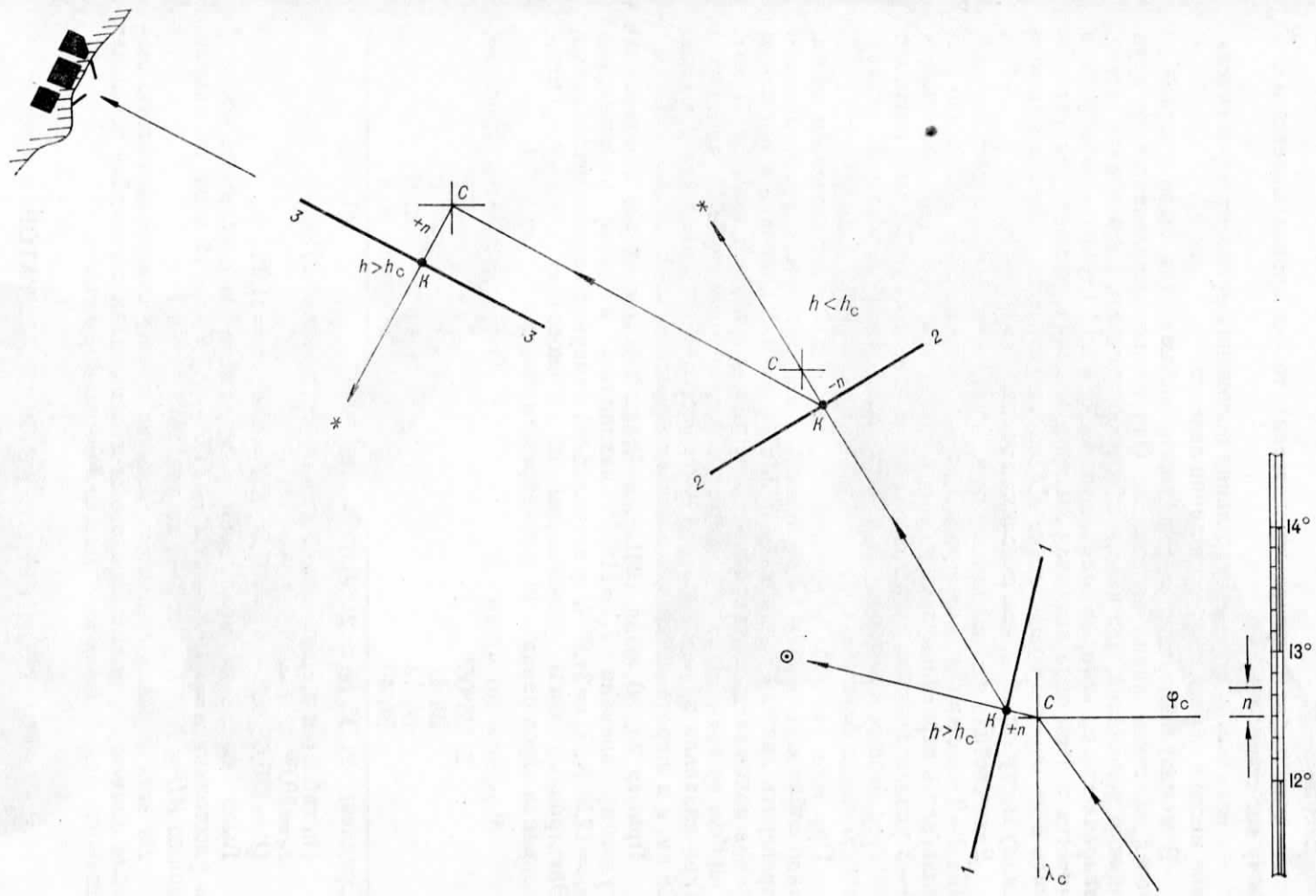


Рис. 16. Ориентирование по одной высотной линии положения

— если $h > h_c$ (перенос положителен), то $+n$ прокладывается от счислимого места «к светилу» и через определяющую точку линии положения K перпендикулярно линии пеленга проводится высотная линия положения 1—1;

— если $h < h_c$ (перенос отрицателен), то $-n$ прокладывается в сторону «от светила»;

— если $h = h_c$, то высотная линия положения проходит через счислимое место и перпендикулярна линии пеленга.

В момент измерения высоты место наблюдателя было в одной из точек высотной линии положения. Оно вполне определяется по двум линиям положения, для чего необходимо измерить высоты двух светил, направления на которые отличаются на $40-140^\circ$ (лучше — на 90°). Если имеется только одна высотная линия положения, то место следует принять в ее определяющей точке K . Эта точка всегда ближе к фактическому месту корабля, чем счислимая точка.

Если светило наблюдали на линии пути, то высотная линия положения 2—2 надежно уточнит пройденное расстояние. Если же светило располагалось перпендикулярно линии пути, то высотная линия положения 3—3 укажет боковое отклонение от намеченного пути и, например, тот участок берега, к которому подойдем, если будем следовать по направлению линии положения.

При всех расчетах и измерениях, связанных с определением места, надо соблюдать особую тщательность и аккуратность, а все вычисления проверять дважды. Ошибка в h или h_c на $0,1^\circ$ приводит к смещению линии положения от фактического места корабля на 6 миль (≈ 11 км). Ошибка во времени на 1^m смещает линию положения на $15'$ по долготе (при плавании вблизи экватора — на расстояние 15 миль или примерно 28 км, а в широте 60° на вдвое меньшее расстояние).

Пример 23. 30 июня 1981 г. в Атлантическом океане в момент по судовому времени $T_c = 21^h 36^m$ находились в точке по счислению $\varphi_c = 12,5^\circ N$, $\lambda_c = 31,8^\circ W$ и астролябией измерили серию высот Солнца. Электронные часы установлены по московскому летнему времени, поправка часов равна -1^c (пренебрежимо мала).

Моменты по часам	Отсчеты высоты (рис. 14)
21 ^h 35 ^m 05 ^c	41,2°
35 47	41,0
36 18	41,6
36 40	40,8
<hr/>	
Среднее: 21 35 58 \approx 21 ^h 36,0 ^m	41,2°

По табл. 6 и приложению 7 нашли (см. пример 10):

$$t_M = 50,6^\circ W; \delta = 18,6^\circ N;$$

$$Q' = 230,6^\circ; 90^\circ - \varphi_N = 77,5^\circ; ИП = 284^\circ; h_c = 41,0^\circ.$$

Высотная линия положения расположена от счислимого места C в расстоянии $n = h - h_c = 41,2^\circ - 41,0^\circ = +0,2^\circ = +12$ миль по направлению $ИП = 284^\circ$ (линия 1—1 на рис. 16).

Во всех случаях ориентирования на основе измерения высоты светила применение навигационного секстана взамен астролябии повышает точность определения широты или долготы до 20 раз.

8. СОЛНЕЧНЫЙ АСТРООРИЕНТАТОР

Солнечный астроориентатор (см. рис. 17, 18) может быть изготовлен самостоятельно и использован для приближенного определения широты и долготы места по наблюдениям Солнца, если отсутствует секстан.

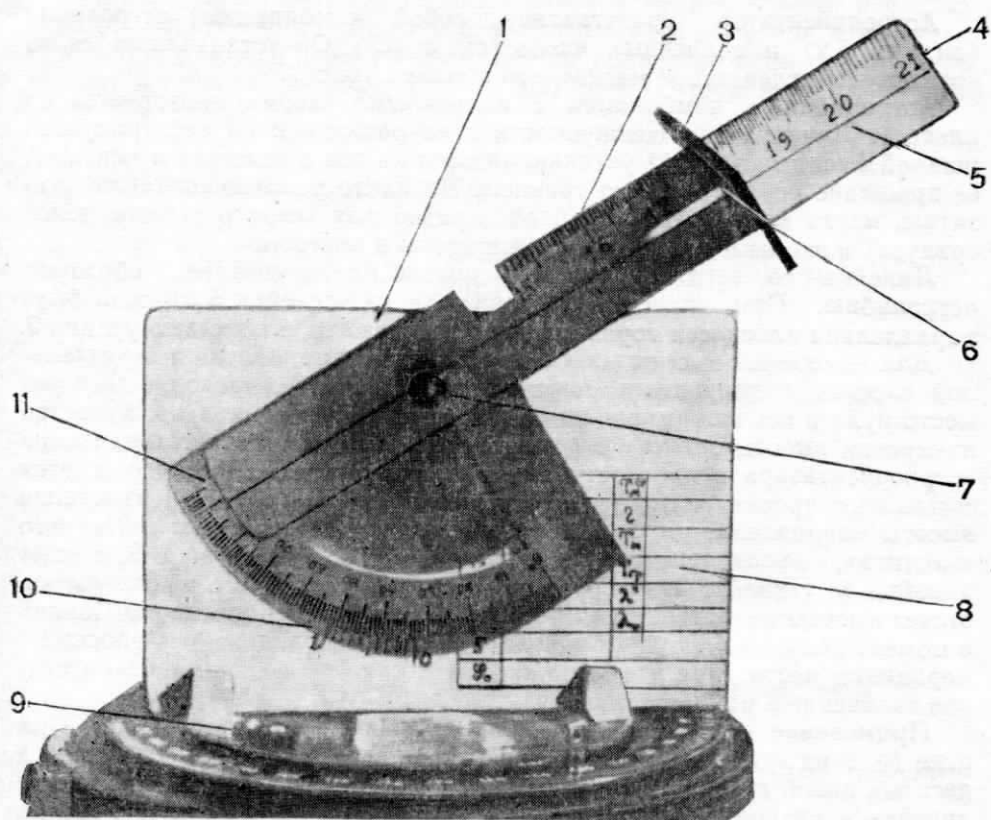


Рис. 17. Измерение высоты Солнца астроориентатором

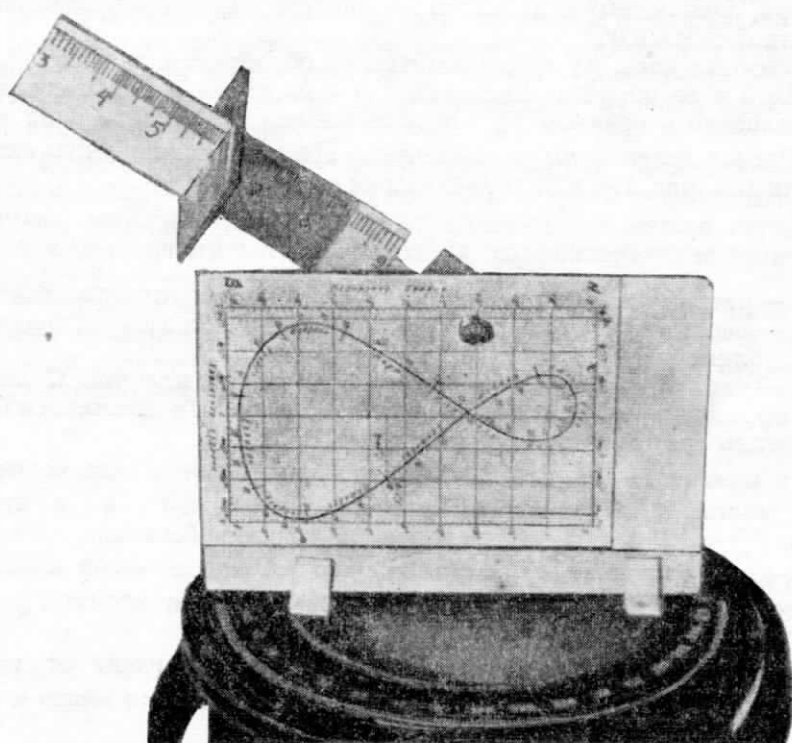


Рис. 18. Измерение местного солнечного времени астроориентатором

Астроориентатор представляет собой комбинацию астролябии (см. п. 5.2) и солнечных часов (см. п. 3.3). Он устанавливается на котелке или пеленгаторе магнитного компаса (рис. 17).

Астролябия в комбинации с солнечными часами монтируется на плате 1. Линейка 2 в совокупности с закрепленной на ней градусной шкалой высот светила 11 устанавливается на оси с зажимным винтом 7, ее вращение ограничивается трением. На плате размещены также указатель места нуля 0 (или двойной верньер для точного отсчета долей градуса) и схемы 8 для вычисления широты и долготы.

Линейка со шкалой высот и индекс платы (верньер) образуют астролябию. При отсчете 0° осевая линия линейки 5 должна быть параллельна плоскости горизонта, что достигается с помощью уровня 9.

Для измерения высоты плата должна быть установлена в вертикальной плоскости, проходящей через Солнце, а линия, проходящая через место нуля и ось зажимного винта, должна быть вертикальна. Качество измерения высоты зависит в первую очередь от точности стабилизации астроориентатора в плоскости вертикала и горизонта, что достигается с помощью уровня (или глазомерно, что менее точно). При измерении высоты направление на Солнце фиксируется по совпадению солнечного «зайчика», проникающего через отверстие 6 в крестовине 3, с осью линейки 5. Линейка фиксируется винтом 7, после чего производится отсчет высоты по индексу или верньеру. Для измерения высоты Солнца в момент полудня плату с помощью компаса устанавливают в плоскости меридиана места (при этом должно быть принято во внимание магнитное склонение в районе плавания).

Применение верньера 10 повышает точность отсчета высоты. При цене деления градусной шкалы линейки, равной 1° , для точного отсчета десятых долей градуса длину верньера надо взять равной $19'$ по шкале линейки и разделить ее на 10 частей, как показано на рис. 17. Целые градусы высоты отсчитывают справа по ближайшему к месту нуля (0) градусному делению шкалы линейки; десятые доли — по делению верньера, совпавшему с делением на линейке. При этом обеспечивается точность отсчета $0,05^\circ$.

Солнечные часы на астроориентаторе образуются линейкой 5, установленной в ее прорези крестовиной 3 и шкалами 4 для отсчета местного солнечного времени T_M^\odot , размещенными на линейке и на крестовине. Расчет делений шкал солнечного времени можно выполнить графически (см. рис. 19) или аналитически по формуле

$$l = P \operatorname{tg} \alpha,$$

где l — расстояние от начала шкалы до текущего отсчетного деления;
 P — расстояние от начала шкалы B до края крестовины или линейки;
 α — угол между тенеобразующей линейкой и лучом Солнца.

Оцифровку шкал делают соотносясь с суточным движением Солнца и принятым счетом времени от полуночи.

Для измерения T_M^\odot плату точно устанавливают в плоскости меридиана места, а линейку — на отсчет, равный $90^\circ - \varphi$, и отметкой шкалы $T_M^\odot = 12^h$ в сторону полуденной точки небосвода.

Отсчет T_M^\odot производят по положению на шкале часов конца тени от крестовины или от линейки. На рис. 18 показан отсчет $T_M^\odot = 8^h 20^m$ (одно деление шкалы равно 4^m или $1,0^\circ$ долготы).

Качество измерения T_M^\odot в первую очередь зависит от точности стабилизации астроориентатора в плоскости меридиана места и в плоскости горизонта.

Полученную с помощью астроориентатора высоту следует использовать для определения широты места (см. п. 5.4) и высотной линии положения (см. раздел 7); полученное местное солнечное время — для определения судового времени (см. п. 3.3) или для определения долготы места (см. п. 6.1).

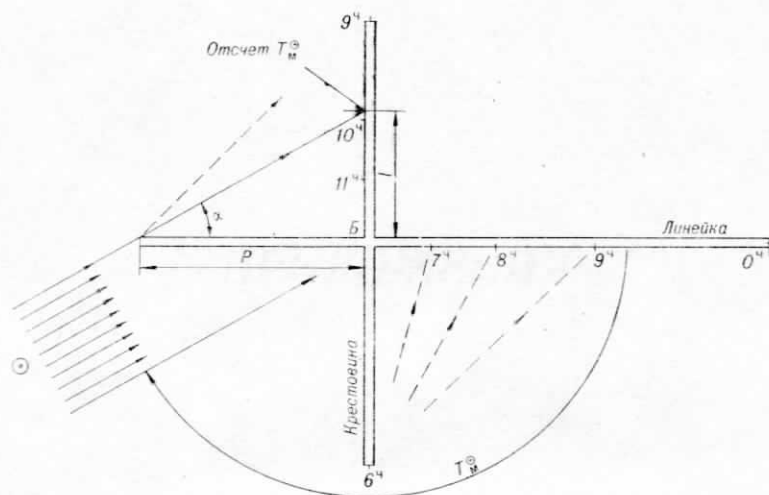


Рис. 19. Графический метод оцифровки шкалы солнечных часов астроориентатора

Астроориентатор в совокупности с компасом может быть использован для измерения компасного пеленга Солнца.

При хорошей стабилизации астроориентатора средняя погрешность определения широты и долготы места равна $0,2-0,3^{\circ}$. Качество измерений может быть повышено, если наблюдения будут выполнять два наблюдателя совместно: один — следить за точным удержанием астроориентатора в плоскости вертикала светила и в плоскости горизонта, а другой — измерять высоту светила и местное солнечное время. Рекомендуется выводить средние арифметические значения измеренных высот и найденных отсчетов T_M^{\odot} .

Если астроориентатор изготовлен заблаговременно и имеется возможность сверить найденные с его помощью широты и долготы с точно известными координатами места наблюдений, то можно определить поправки к показаниям астроориентатора, компенсирующие возможные погрешности в его изготовлении.

На оборотной стороне платы (см. рис. 18) может быть размещена какая-либо номограмма для определения склонения Солнца и уравнения времени в дату наблюдений. В данном пособии они отыскиваются по табл. 6 приложения 2 и приложению 4.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПОСОБИЯ
ДЛЯ АСТРОНАВИГАЦИОННОГО
ОРИЕНТИРОВАНИЯ

ОПОЗНАВАНИЕ ЗВЕЗД

Таблица 1

Навигационные звезды

№ п.п.	Созвездие	Название звезды, ее буквенное обозначение	Блеск <i>m</i>	Цвет	Координаты звезды	
					δ°	α°
1	Большая Медведица	Дубхе, α	2	т-ж	N 61,9	194,4
2	Большая Медведица	Бенетнаш, η	2	г-б	N 49,4	153,3
3	Малая Медведица	Полярная, α	2	ж	N 89,2	326,0
4	Лев	Регул, α	1	б-ж	N 12,0	208,0
5	Волопас	Арктур, α	0	о	N 19,3	146,3
6	Дева	Спика, α	1	г-б	S 11,1	159,0
7	Лира	Вега, α	0	б	N 38,8	80,9
8	Лебедь	Денеб, α	1	б	N 45,2	49,8
9	Орел	Альтаир, α	1	б	N 8,8	62,5
10	Скорпион	Антарес, α	1	к	S 26,4	112,9
11	Кассиопея	Кафф, β	2	ж	N 59,0	358,0
12	Андромеда	Альферас, α	2	б	N 29,0	358,1
13	Возничий	Капелла, α	0	ж	N 46,0	281,2
14	Орион	Бетельгейзе, α	0	о	N 7,4	271,5
15	Орион	Ригель, β	0	б	S 8,2	281,6
16	Телец	Альдебаран, α	1	о	N 16,5	291,3
17	Большой Пес	Сириус, α	-2	б	S 16,7	258,9
18	Близнецы	Поллукс, β	1	о	N 28,1	244,0
19	Малый Пес	Процион, α	0	ж	N 5,3	245,4
20	Южный Крест	Акрукс, α	2	б	S 63,0	173,6
21	Центавр	Ригил Кент, α	0	ж	S 60,8	140,4
22	Арго	Канопус, α	-1	ж	S 52,7	264,1
23	Эридан	Ахернар, α	1	б	S 57,3	335,7
24	Южная Рыба	Фомальхаут, α	1	б	S 29,7	15,8

Примечания.

1. Конфигурации созвездий Тельца, Возничего, Близнецов, Льва, Девы, Скорпиона периодически искажаются появляющимися в них планетами.

2. Вблизи горизонта блеск звезд ослабевает; при высоте звезды равной 5° ее величину *m* увеличить на +2.

3. Обозначение цвета звезд:

г — голубая, б — белая, о — оранжевая, ж — желтая, к — красная, т-ж — темно-желтая.

Календарные даты и местное (меридианное) среднее время T_M наблюдений звезд, показанных на рис. 1—4

T_M	Рисунок			
	1	2	3	4
18	Декабрь 21	Март 22	Июнь 22	Сентябрь 21
20	Ноябрь 21	Февраль 20	Май 22	Август 21
22	Октябрь 21	Январь 20	Апрель 22	Июль 22
24	Сентябрь 22	Декабрь 22	Март 23	Июнь 22
2	Август 22	Ноябрь 22	Февраль 21	Май 23
4	Июль 23	Октябрь 22	Январь 21	Апрель 22
6	Июнь 22	Сентябрь 21	Декабрь 22	Март 23

Примечания.

1. Местное среднее время T_M отличается от поясного времени не более чем на полчаса. Если ваши часы установлены непосредственно по поясному времени района плавания, то при опознавании звезд разницей между местным временем и вашим судовым временем T_C можно пренебречь. Если же ваши часы установлены по времени какого-либо часового пояса N_C , то в этом случае

$$T_M = T_C \mp N_C^E \pm \lambda_W^E,$$

где λ — долгота вашего места в часовой мере (см. табл. 3 и пункт 1 из приложения 3). Знаки N_C и λ в формуле берутся в соответствии с их наименованием.

Пример. 20 мая при $T_C = 22^h$ ($N_C = 4$ E, $\lambda = 30^\circ = 2^h$ E) $T_M = 20^h$.

2. Видимые невооруженным глазом на небосводе высоты звезд вследствие оптической иллюзии представляются на $15 - 20^\circ$ больше, чем инструментально измеренные высоты.

ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ЗВЕЗД И СОЛНЦА

Таблица 3

Перевод часов, минут и секунд в градусы

Часы	Градусы	Минуты	Градусы	Минуты и секунды	Доли градуса
0	0	0	0	0 ^м 00 ^с	0,0
1	15	4	1	0 12	0,1
2	30	8	2	0 36	0,2
3	45	12	3	1 00	0,3
4	60	16	4	1 24	0,4
5	75	20	5	1 48	0,5
6	90	24	6	2 12	0,6
7	105	28	7	2 36	0,7
8	120	32	8	3 00	0,8
9	135	36	9	3 24	0,9
10	150	40	10	3 48	1,0
11	165	44	11	4 00	
12	180	48	12		
13	195	52	13		
14	210	56	14		
15	225	60	15		
16	240				
17	255				
18	270				
19	285				
20	300				
21	315				
22	330				
23	345				
24	360				

Пример. Среднее время $T = 7^{\text{ч}}34^{\text{м}}20^{\text{с}}$ выразить в градусной мере.

$$\begin{array}{r}
 7^{\text{ч}} \dots \dots \dots 105^{\circ} \\
 32^{\text{м}} \dots \dots \dots 8^{\circ} \\
 2^{\text{м}}20^{\text{с}} \dots \dots \dots 0,6^{\circ} \\
 \hline
 \text{Итого: } 113,6^{\circ}
 \end{array}$$

Вспомогательная величина R для вычисления звездного времени в градусах
(выбирается входом по *гринвичской дате* без интерполирования)

	Январь, февраль высокосн. года	Дата											
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1	0	99,3	129,9										
2	1	100,3	130,8	158,4	189,0	218,6	249,1	278,7	309,2	339,8	9,4	39,9	69,5
3	2	101,3	131,8	159,4	190,0	219,6	250,1	279,7	310,2	340,8	10,4	40,9	70,5
4	3	102,3	132,8	160,4	191,0	220,5	251,1	280,7	311,2	341,8	11,3	41,9	71,5
5	4	103,2	133,8	161,4	192,0	221,5	252,1	281,6	312,2	342,8	12,3	42,9	72,5
6	5	104,2	134,8	162,4	192,9	222,5	253,1	282,6	313,2	343,7	13,3	43,9	73,4
7	6	105,2	135,8	163,4	193,9	223,5	254,1	283,6	314,2	344,7	14,3	44,9	74,4
8	7	106,2	136,8	164,4	194,9	224,5	255,0	284,6	315,2	345,7	15,3	45,8	75,4
9	8	107,2	137,7	165,3	195,9	225,5	256,0	285,6	316,1	346,7	16,3	46,8	76,4
10	9	108,2	138,7	166,3	196,9	226,5	257,0	286,6	317,1	347,7	17,3	47,8	77,4
11	10	109,2	139,7	167,3	197,9	227,4	258,0	287,6	318,1	348,7	18,3	48,8	78,4
12	11	110,1	140,7	168,3	198,9	228,4	259,0	288,6	319,1	349,7	19,2	49,8	79,4
13	12	111,1	141,7	169,3	199,8	229,4	260,0	289,5	320,1	350,6	20,2	50,8	80,3
14	13	112,1	142,7	170,3	200,8	230,4	261,0	290,5	321,1	351,6	21,2	51,8	81,3
15	14	113,1	143,7	171,3	201,8	231,4	261,9	291,5	322,1	352,6	22,2	52,7	82,3
16	15	114,1	144,6	172,2	202,8	232,4	262,9	292,5	323,0	353,6	23,2	53,7	83,3
17	16	115,1	145,6	173,2	203,8	233,4	263,9	293,5	324,0	354,6	24,2	54,7	84,3
18	17	116,1	146,6	174,2	204,8	234,3	264,9	294,5	325,0	355,6	25,1	55,7	85,3
19	18	117,0	147,6	175,2	205,8	235,3	265,9	295,4	326,0	356,6	26,1	56,7	86,3
20	19	118,0	148,6	176,2	206,7	236,3	266,9	296,4	327,0	357,5	27,1	57,7	87,2
21	20	119,0	149,6	177,2	207,7	237,3	267,9	297,4	328,0	358,5	28,1	58,7	88,2
22	21	120,0	150,6	178,2	208,7	238,3	268,8	298,4	329,0	359,5	29,1	59,6	89,2
23	22	121,0	151,5	179,1	209,7	239,3	269,8	299,4	329,9	0,5	30,1	60,6	90,2
24	23	122,0	152,5	180,1	210,7	240,3	270,8	300,4	330,9	1,5	31,1	61,6	91,2
25	24	123,0	153,5	181,1	211,7	241,2	271,8	301,4	331,9	2,5	32,0	62,6	92,2
26	25	123,9	154,5	182,1	212,7	242,2	272,8	302,3	332,9	3,5	33,0	63,6	93,2
27	26	124,9	155,5	183,1	213,6	243,2	273,8	303,3	333,9	4,4	34,0	64,6	94,1
28	27	125,9	156,5	184,1	214,6	244,2	274,8	304,3	334,9	5,4	35,0	65,5	95,1
29	28	126,9	157,5	185,1	215,6	245,2	275,7	305,3	335,9	6,4	36,0	66,5	96,1
30	29	127,9		186,0	216,6	246,2	276,7	306,3	336,8	7,4	37,0	67,5	97,1
31	30	128,9		187,0	217,6	247,2	277,7	307,3	337,8	8,4	38,0	68,5	98,1
	31	129,9		188,0		248,1		308,3	338,8		38,9		99,1

Таблица 5

Поправка ΔR на год и на время суток в градусах

Год	Гринвичское время, ч								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
Високосные годы: 1984, 1988, 1992, 1996, 2000, 2004, 2008, 2012	+0,5	+0,6	+0,7	+0,9	+1,0	+1,1	+1,3	+1,4	+1,5
Простые годы: 1981, 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009	+0,2	+0,3	+0,4	+0,6	+0,7	+0,8	+1,0	+1,1	+1,2
1982, 1986, 1990, 1994, 1998, 2002, 2006, 2010	0,0	+0,1	+0,2	+0,4	+0,5	+0,6	+0,8	+0,9	+1,0
1983, 1987, 1991, 1995, 1999, 2003, 2007, 2011	-0,2	-0,1	0,0	+0,2	+0,3	+0,4	+0,6	+0,7	+0,8

Таблица 6

Величина E и склонение δ Солнца на 0^ч всемирного времени в градусах

Январь, Февраль високосн. года	Дата	Январь		Февраль		Март		Апрель		Дата
		E	δ	E	δ	E	δ	E	δ	
1	0	179,2	S 23,1	176,6	S 17,4					
2	1	179,2	23,0	176,6	17,2	176,9	S 7,7	179,0	N 4,4	1
3	2	179,0	22,9	176,6	16,9	176,9	7,3	179,0	4,8	2
4	3	178,9	22,8	176,5	16,6	177,0	6,9	179,1	5,2	3
5	4	178,8	22,7	176,5	16,3	177,0	6,5	179,2	5,6	4
6	5	178,7	22,6	176,5	16,0	177,1	6,2	179,3	6,0	5
7	6	178,6	22,5	176,5	15,7	177,1	5,8	179,3	6,3	6
8	7	178,5	22,4	176,5	15,4	177,2	5,4	179,4	6,7	7
9	8	178,4	22,3	176,4	15,1	177,3	5,0	179,5	7,1	8
10	9	178,3	22,1	176,4	14,8	177,3	4,6	179,5	7,5	9
11	10	178,1	22,0	176,4	14,4	177,4	4,2	179,6	7,8	10
12	11	178,0	21,8	176,4	14,1	177,5	3,8	179,7	8,2	11
13	12	177,9	21,7	176,4	13,9	177,5	3,4	179,8	8,6	12
14	13	177,9	21,5	176,4	13,5	177,6	3,0	179,8	8,9	13
15	14	177,8	21,4	176,4	13,1	177,6	2,6	179,9	9,3	14
16	15	177,7	21,2	176,4	12,8	177,7	2,3	179,9	9,7	15
17	16	177,6	21,0	176,5	12,4	177,8	1,9	180,0	10,0	16
18	17	177,5	20,8	176,5	12,1	177,9	1,5	180,1	10,4	17
19	18	177,4	20,6	176,5	11,7	177,9	1,1	180,1	10,7	18
20	19	177,3	20,4	176,5	11,4	178,0	0,7	180,2	11,1	19
21	20	177,3	20,2	176,5	11,0	178,1	S 0,3	180,2	11,4	20
22	21	177,2	20,0	176,6	10,7	178,1	N 0,1	180,3	11,8	21
23	22	177,1	19,7	176,6	10,3	178,2	0,5	180,3	12,1	22
24	23	177,1	19,5	176,6	9,9	178,3	0,9	180,4	12,4	23
25	24	177,0	19,3	176,7	9,6	178,4	1,3	180,4	12,8	24
26	25	176,9	19,0	176,7	9,2	178,5	1,7	180,5	13,1	25
27	26	176,9	18,8	176,7	8,8	178,5	2,1	180,5	13,4	26
28	27	176,8	18,5	176,8	8,5	178,6	2,5	180,6	13,7	27
29	28	176,8	18,3	176,8	S 8,1	178,7	2,9	180,6	14,1	28
30	29	176,7	18,0			178,8	3,3	180,6	14,4	29
31	30	176,7	17,7			178,8	3,6	180,7	N 14,7	30
	31	176,6	S 17,5			178,9	N 4,0			

Дата	Май		Июнь		Июль		Август		Дата
	Е	δ	Е	δ	Е	δ	Е	δ	
1	180,7	N 15,0	180,6	N 22,0	179,1	N 23,1	178,4	N 18,1	1
2	180,8	15,3	180,5	22,1	179,0	23,1	178,5	17,8	2
3	180,8	15,6	180,5	22,3	179,0	23,0	178,5	17,6	3
4	180,8	15,9	180,5	22,4	178,9	22,9	178,5	17,3	4
5	180,8	16,2	180,4	22,5	178,9	22,8	178,5	17,1	5
6	180,8	16,4	180,4	22,6	178,9	22,7	178,5	16,8	6
7	180,9	16,7	180,3	22,7	178,8	22,6	178,6	16,5	7
8	180,9	17,0	180,3	22,8	178,8	22,5	178,6	16,2	8
9	180,9	17,3	180,2	22,9	178,7	22,4	178,6	15,9	9
10	180,9	17,5	180,2	23,0	178,7	22,3	178,7	15,7	10
11	180,9	17,8	180,1	23,1	178,6	22,1	178,7	15,3	11
12	180,9	18,1	180,1	23,1	178,6	22,0	178,7	15,1	12
13	180,9	18,3	180,0	23,2	178,6	21,9	178,8	14,8	13
14	180,9	18,6	180,0	23,2	178,6	21,7	178,8	14,5	14
15	180,9	18,8	179,9	23,3	178,5	21,6	178,9	14,1	15
16	180,9	19,0	179,9	23,3	178,5	21,4	178,9	13,8	16
17	180,9	19,3	179,8	23,4	178,5	21,3	179,0	13,5	17
18	180,9	19,5	179,8	23,4	178,5	21,1	179,0	13,2	18
19	180,9	19,7	179,7	23,4	178,5	20,9	179,1	12,9	19
20	180,9	19,9	179,7	23,4	178,4	20,7	179,1	12,6	20
21	180,9	20,1	179,6	23,4	178,4	20,5	179,2	12,2	21
22	180,9	20,3	179,6	23,4	178,4	20,3	179,3	11,9	22
23	180,8	20,5	179,5	23,4	178,4	20,1	179,3	11,6	23
24	180,8	20,7	179,4	23,4	178,4	19,9	179,4	11,2	24
25	180,8	20,9	179,4	23,4	178,4	19,7	179,4	10,9	25
26	180,8	21,1	179,3	23,4	178,4	19,5	179,5	10,5	26
27	180,8	21,2	179,3	23,3	178,4	19,3	179,6	10,2	27
28	180,7	21,4	179,2	23,3	178,4	19,1	179,7	9,8	28
29	180,7	21,6	179,2	23,2	178,4	18,8	179,7	9,5	29
30	180,7	21,7	179,1	N 23,2	178,4	18,6	179,8	9,1	30
31	180,6	N 21,9			178,4	N 18,3	179,9	N 8,8	31

Дата	Сентябрь		Октябрь		Ноябрь		Декабрь		Дата
	<i>E</i>	δ	<i>E</i>	δ	<i>E</i>	δ	<i>E</i>	δ	
1	180,0	N 8,4	182,6	S 3,1	184,1	S 14,3	182,8	S 21,8	1
2	180,0	8,0	182,6	3,5	184,1	14,6	182,7	21,9	2
3	180,1	7,7	182,7	3,8	184,1	15,0	182,6	22,1	3
4	180,2	7,3	182,8	4,2	184,1	15,3	182,5	22,2	4
5	180,3	6,9	182,8	4,6	184,1	15,6	182,4	22,3	5
6	180,4	6,6	182,9	5,0	184,1	15,9	182,3	22,5	6
7	180,5	6,2	183,0	5,4	184,1	16,1	182,2	22,6	7
8	180,5	5,8	183,1	5,8	184,1	16,5	182,1	22,7	8
9	180,6	5,4	183,1	6,1	184,0	16,8	182,0	22,8	9
10	180,7	5,1	183,2	6,5	184,0	17,1	181,8	22,9	10
11	180,8	4,7	183,3	6,9	184,0	17,3	181,7	23,0	11
12	180,9	4,3	183,3	7,3	184,0	17,6	181,6	23,1	12
13	181,0	3,9	183,4	7,7	183,9	17,9	181,5	23,1	13
14	181,1	3,5	183,5	8,0	183,9	18,1	181,4	23,2	14
15	181,2	3,1	183,5	8,4	183,9	18,4	181,3	23,3	15
16	181,2	2,8	183,6	8,7	183,8	18,7	181,1	23,3	16
17	181,3	2,4	183,6	9,1	183,8	18,9	181,0	23,3	17
18	181,4	2,0	183,7	9,5	183,7	19,1	180,9	23,4	18
19	181,5	1,6	183,7	9,9	183,7	19,4	180,8	23,4	19
20	181,6	1,2	183,8	10,2	183,6	19,6	180,7	23,4	20
21	181,7	0,8	183,8	10,6	183,6	19,8	180,5	23,4	21
22	181,8	0,4	183,8	10,9	183,5	20,1	180,4	23,4	22
23	181,9	N 0,0	183,9	11,3	183,4	20,3	180,3	23,4	23
24	182,0	S 0,2	183,9	11,6	183,4	20,5	180,2	23,4	24
25	182,0	0,7	184,0	12,0	183,3	20,7	180,0	23,4	25
26	182,1	1,1	184,0	12,3	183,2	20,9	179,9	23,4	26
27	182,2	1,5	184,0	12,7	183,1	21,1	179,8	23,3	27
28	182,3	1,9	184,0	13,0	183,0	21,3	179,7	23,3	28
29	182,4	2,3	181,0	13,3	183,0	21,4	179,5	23,2	29
30	182,5	S 2,7	184,1	13,7	182,9	S 21,6	179,4	23,2	30
31			184,1	S 14,0			179,3	S 23,1	31

ОСНОВНЫЕ АСТРОНАВИГАЦИОННЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1. *Время* — измеряется солнечными сутками и их долями.

Солнечные сутки — промежуток времени между двумя последовательными прохождениями Солнца через географический меридиан места наблюдателя (между двумя последовательными полуднями); продолжительность одного оборота Земли вокруг своей оси, определенная по изменению направления на Солнце.

Часовая мера суток и их долей: 1 сутки = 24 ч; 1 ч = 60 мин; 1 мин = 60 с.

Географический меридиан — линия, проходящая через северный и южный географические полюсы; соответствует направлению солнечной тени от вертикального шеста, наблюдаемой в полдень и имеющей наименьшую длину.

Местное солнечное время $T_{\text{м}}^{\odot}$ — интервал времени от местной полуночи до данного момента, выраженный в часовой мере.

Местное среднее время $T_{\text{м}}$ — теоретическое солнечное время, сглаживающее неравномерности движения Солнца по небосводу; по нему отрегулирован ход применяемых нами часов.

Уравнение времени η — разница между средним временем и солнечным временем (см. приложение 4).

Судовое (поясное) время $T_{\text{с}}$ — время, принятое на корабле для ведения навигационной прокладки его пути; соответствует местному среднему времени осевого меридиана того часового пояса, по которому установлены часы (см. приложение 5).

Гринвичское время $T_{\text{гр}}$ — местное среднее время на меридиане Гринвичской обсерватории, который принят за начальный для отсчета географических долгот; оно же — поясное время нулевого часового пояса.

Номер часового пояса N — количество целых часов, на которое принято на корабле судовое (поясное) время отличается от всемирного (гринвичского) времени (см. приложение 5).

Поправка часов u — разность между верным (в частном случае — гринвичским) временем и показанием времени по часам в один и тот же момент.

Местное звездное время $S_{\text{м}}$ (или $t_{\text{м}}^{\star}$) — угол между полуденной частью местного меридиана и меридианом точки Весны (Овна), в которой Солнце наблюдается 21 марта. Меридиан точки Овна приблизительно совпадает с меридианом звезды Кафф (см. рис. 1 и 7).

2. *Север (географический север)* N — точка пересечения географического меридиана места и линии горизонта, расположенная по направлению на северный полюс Земли (оно соответствует направлению на Полярную звезду).

Восток E — точка горизонта, удаленная на 90° вправо от направления на точку севера (наблюдатель смотрит на север; см. рис. 8).

Линия пути — линия, по которой перемещается корабль относительно дна моря.

Путь $ПУ$ — горизонтальный угол между северной частью истинного меридиана и линией пути корабля, измеренный в сторону востока от 0° до 360° .

Истинный курс $ИК$ — горизонтальный угол между северной частью истинного меридиана и диаметральной плоскостью корабля по направлению его движения, измеренный в сторону востока от 0° до 360° . Отли-

чается от *ПУ* на угол дрейфа, вызванного ветром, и на угол сноса, вызванного течением.

Компасный курс КК — горизонтальный угол между северной частью компасного меридиана и диаметральной плоскостью корабля по направлению его движения; измеряется подобно *ИК*.

Линия пеленга — линия, соединяющая точку наблюдений и наблюдаемый ориентир (объект).

Истинный пеленг ИП — горизонтальный угол между северной частью меридиана наблюдателя и линией пеленга, измеряемый в сторону востока от 0° до 360° .

Компасный пеленг КП — горизонтальный угол между северной частью компасного меридиана и линией пеленга; измеряется подобно *ИП*.

Поправка компаса ΔК — угол между северной частью истинного меридиана и северной частью компасного меридиана; угол, равный разности истинного и компасного курсов или разности истинного и компасного пеленгов ориентира.

Магнитное склонение d — угол между северной частью истинного меридиана и северной частью магнитного меридиана места наблюдений. Отсчитывается от северной части истинного меридиана к востоку или западу от 0° до 180° . Восточное склонение имеет знак (+). При отсутствии вблизи магнитного компаса возмущающих его железных масс поправка этого компаса равна магнитному склонению, указанному на морской карте.

Курсовой угол КУ — горизонтальный угол между носовой частью диаметральной плоскости корабля и направлением линии пеленга на ориентир (объект). Измеряется от носа корабля вправо или влево от 0° до 180° .

Градусная мера углов и дуг: Окружность = 360° ; $1^\circ = 60'$ (дуговых минут).

Связь между часовой и градусной мерами дуг и углов: $1 \text{ ч} = 15^\circ$; $4 \text{ мин} = 1^\circ$; $1 \text{ мин} = 15'$; $4 \text{ с} = 1'$.

3. *Географическая широта φ* — дуга географического (истинного) меридиана наблюдателя от земного экватора до места наблюдателя; измеряется к северу или к югу от 0° до 90° . Угол между плоскостью экватора и направлением отвесной линии в данном месте или плоскостью горизонта и направлением оси вращения Земли, в Северном полушарии приблизительно совпадающим с направлением на Полярную звезду (см. рис. 5 и 9).

Географическая долгота λ — дуга географического экватора от гринвичского меридиана до географического меридиана места наблюдателя; измеряется в сторону востока или запада в пределах от 0° до 180° .

4. *Координаты небесного светила* — углы, определяющие направление на небесное светило в месте наблюдений относительно принятых начальных направлений (плоскостей).

Склонение светила δ — угол в плоскости меридиана светила, измеряемый от экватора до видимого места светила аналогично географической широте (рис. 5 «а»).

Гринвичский часовой угол светила $t_{\text{гр}}$ — угол в плоскости экватора между гринвичским меридианом и меридианом видимого места светила, измеряемый аналогично географической долготе.

Местный часовой угол $t_{\text{м}}$ — угол между меридианом места наблюдателя (его полуденной частью) и меридианом светила (рис. 5).

Высота светила h — вертикальный угол между направлением на горизонт и направлением на светило; измеряется от горизонта в пределах от 0° до 90° (рис. 8).

Зенитное расстояние светила z — вертикальный угол между отвесной линией и направлением на светило.

Азимут светила A — угол между плоскостью географического меридиана места наблюдателя и вертикальной плоскостью, проходящей через светило; измеряется в плоскости горизонта аналогично *III*.

Прямое восхождение светила α — угол между плоскостью меридиана точки Весны (Овна) и плоскостью меридиана светила; измеряется от точки Весны в сторону, обратную вращению небосвода по экватору в пределах от 0° до 360° .

*Звездное дополнение τ^** — величина, дополняющая α до 360° .

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Комплект шлюпочных карт № 1 (карты 19—24), ГУ МО, 1971.
 2. Мореходные Таблицы (МТ—75), ГУНиО МО, 1975. — 322 с.
 3. Морской Астрономический Ежегодник на 1983 г., ГУНиО МО, 1981. — 316 с.
 4. Скубко Р. А. Морская астронавигация. — М.: Воениздат, 1979. — 478 с.
 5. Справочник штурмана по математике, вып. 2, ГУ ВМС, 1951. — 143 с.
 6. Таблицы истинных пеленгов светил (ТИПС—56), УНГС ВМФ, 1956. — 128 с.
 7. Каврайский В. В. Избранные труды, т. 1, УНГС ВМФ, 1956. — 358 с.
 8. Красавцев Б. И. Мореходная астрономия. — М.: «Транспорт», 1978. — 304 с.
 9. «Круйзерфикс» — заменитель секстана. — Катера и яхты, 1978, № 5(75), с. 34—35, 44.
 10. American Practical Navigator (H. O. Pub. № 9), Washington, 1977, p. 692—710.
-

Для внутриведомственной продажи цена 1 р. 20 к.

Редактор *А. Д. Голубинский*

Техн. редактор *Н. А. Зубкова*

Сдано в набор 10.11.82

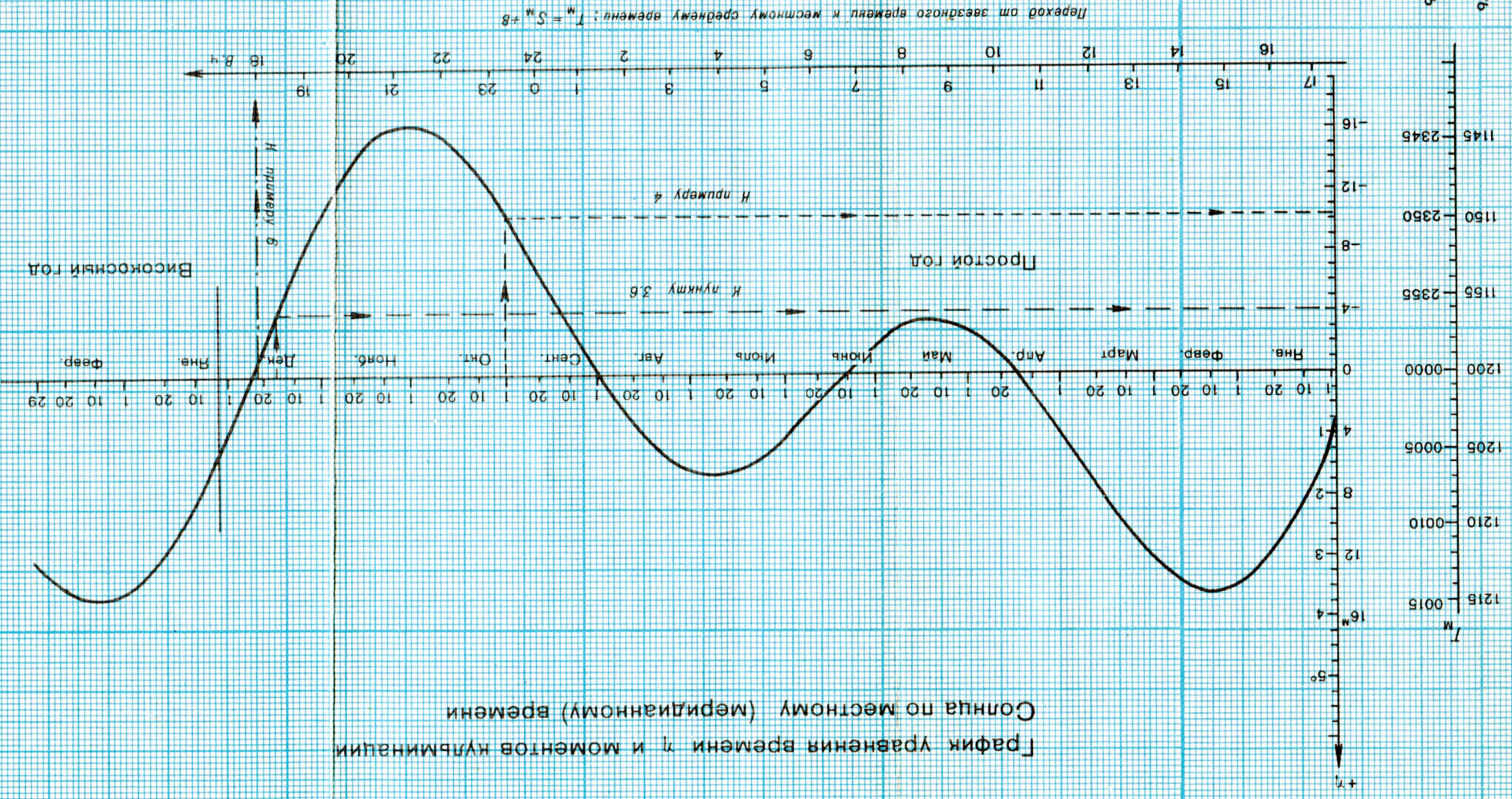
Подписано к печати 26.12.83.

Формат $70 \times 108^{1/16}$

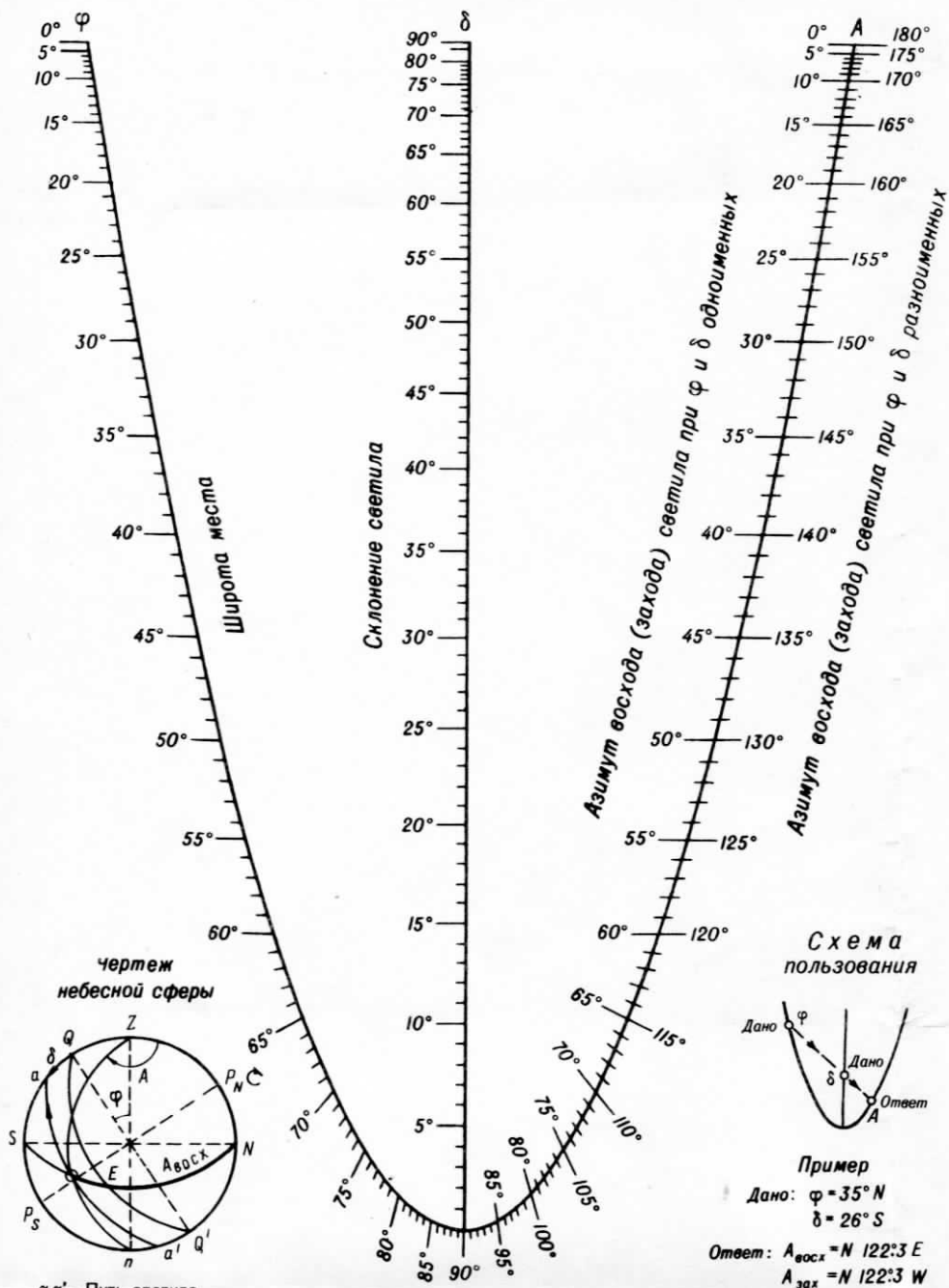
Усл. печ. л. 4,9+6 вклад. Уч.-изд. л. 4,01+2,46 вклад. Изд. № 291. Заказ 7095.

ЦКФ ВМФ

График уращения времени η и моментов кульминации Солнца по местному (меридианному) времени



ПОЛУКРУГОВОЙ АЗИМУТ ИСТИННОГО ВОСХОДА И ЗАХОДА СВЕТИЛА



$\alpha\alpha'$ — Путь светила на небосводе

При наблюдениях с уровня моря центр светила расположен в плоскости истинного горизонта, если:

- высота нижнего края Солнца над видимым горизонтом равна 0,7 его видимого диска;
- высота верхнего края Луны близка к нулю;
- звезда или планета видна выше горизонта на полградуса (величина диска Солнца)

