

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ
ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ
ЗНАНИЙ

Я. И. ШУР

МАГНИТНЫЙ КОМПАС

(Исторический очерк)

Серия III
№ 41

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва — 1956



ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Я. И. ШУР

МАГНИТНЫЙ КОМПАС

(Исторический очерк)

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва



1956

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Незаменимый спутник морехода	3
Великие географические открытия	7
Великий магнит	10
Компас и земной магнетизм	16
Девияция компаса	22
Гироскопический компас	28

★ К ЧИТАТЕЛЯМ ★

Издательство «Знание» Всесоюзного общества
по распространению политических и научных
знаний просит присылать отзывы об этой брошюре
по адресу: Москва, Новая площадь, д. 3/4.

Автор
Яков Исидорович Шур.

Редактор **Л. И. Ланина.**
Техн. редактор **Г. В. Фурман.**
Корректор **В. М. Сергеева.**

А 10483. Подписано к печати 16/X 1956 г. Тираж 77.500 экз. Изд. № 347.
Бумага 60×92¹/₁₆—1 бум. л.= 2 печ. л. Учетно-изд. 1,97 л. Заказ № 2131.

Ордена Ленина типография газеты «Правда» имени И. В. Сталина,
Москва, ул. «Правды», 24.

Незаменимый спутник морехода

Кто не знает компаса? Намагниченная стрелка указывает одним концом на север, другим на юг, помогая ориентироваться — определять страны света.

Совсем простой прибор, но разнообразно его практическое применение в наше время и огромную роль сыграл он в истории человечества. Да и у самого компаса, как у всех великих изобретений, долгая история.

Впервые удивительные свойства магнита были открыты в Китае. Там уже больше 3 тысяч лет назад знали о том, что куски особой руды (магнетита, или магнитного железняка) обладают способностью притягивать к себе и удерживать легкие железные предметы. Такой естественный магнит называли «цы-ши», что означает «любящий (железо) камень».

Позже китайцы открыли второе свойство магнитного камня: если подвесить его на нити, то он поворачивается одним концом к югу, а другим к северу. Это открытие послужило основой для изобретения «чи-нана» — «указателя юга».

На двухколесной тележке высотой менее полуметра была установлена фигурка человека с протянутой вперед правой рукой. Фигурка опиралась на острое стерженька и могла свободно поворачиваться вправо или влево. Магнитный камень внутри фигурки заставлял ее обращаться лицом к югу и указывать это направление.

Нелегко было изготовить «чи-нан». Ведь направляющая сила природного магнита очень мала и едва преодолевала трение фигурки о стерженек. Только самым искусным китайским мастерам удавалось так уменьшить трение, что фигурка послушно подчинялась действию магнитного камня.

«Указатель юга» был не очень точным прибором и позволял ориентироваться только на суше. Моряки не могли им пользоваться, так как при качке судна «путеводную тележку» бросало из стороны в сторону. На кораблях путь указывал не «чи-нан», а «чи-нан-тин». Как был устроен этот прибор?

В начале нашей эры китайцы открыли еще одну замечательную особенность магнитного камня. Если натереть этим камнем какой-нибудь железный предмет, например иглу, то она также

приобретает магнитные свойства, превращается в искусственный магнит.

В китайской энциклопедии, составленной во II веке нашей эры, эта особенность подчеркнута в самом определении: «Магнит — это камень, который дает направление игле», т. е. заставляет ее поворачиваться одним концом к югу.

Такая намагниченная игла, подвешенная на тонкой нити из некрученого шелка, и называлась «чи-нан-тином». При помощи этого простого прибора китайские моряки определяли страны света в своих далеких плаваниях вдоль берегов Тихого и Индийского океанов.

Только через тысячу лет, в XII веке, такое же изобретение было сделано европейцами. В Европе, как и в Китае, магнитный камень сначала служил «путеводителем» не на море, а на суше. Он помогал находить верное направление при прокладывании подземных ходов в рудниках, как сообщает одна норвежская рукопись XI века.

Возможно, что уже в то время магнитным камнем, подвешенным на веревке, пользовались норманны в своих морских плаваниях вокруг Западной Европы и к берегам далекой Гренландии. Более удобный указатель пути — мореходную иглу — впервые описал английский ученый Александр Неккэм в своем труде «О природе вещей» (1195).

В пасмурные дни или в темные ночи, сообщает Неккэм, когда не видно небесных светил, моряки намагничивают железную или стальную иглу, затем продевают ее сквозь соломинку, плавающую на воде, и таким способом узнают, где север.

В начале XIII века «путеводная игла» была уже так широко известна, что ее даже воспевали поэты. Но, как указывал в 1258 году итальянский писатель Брунетто Латини, ни один капитан-католик не дерзал открыто пользоваться этим удивительным изобретением, так как боялся обвинения в колдовстве. Суеверная молва заклемила магнитную иглу, как дьявольский инструмент, созданный чарами колдовства.

По этой же причине неизвестно когда и где впервые появился компас. Еще очень несовершенные приборы описаны в 1269 году французским ученым Петром Перегрином (Пьер де Марикур) в письме «О магните»¹. Перегрин сообщает об устройстве прибора, который «знает азимут Солнца и Луны и какого угодно места на горизонте».

Лучший из двух приборов, описанных и, возможно, изобретенных самим Перегрином, представлял собой круглый деревянный или медный футляр. На стеклянной крышке прибора были нанесены линии главных направлений — румбов (север, юг, восток и запад) и 360 делений-градусов (рис. 1).

Внутри футляра, между центрами его крышки и дна, на-

¹ Письмо впервые было напечатано в 1558 году.

ходила вертикально установленная ось из меди или серебра. Сквозь отверстия в этой оси продевали намагниченную стальную иглу, а под прямым углом к ней медный или бронзовый брусок.

Над крышкой прибора помещалась медная линейка — визир, прообраз будущего пеленгатора.

Чтобы пользоваться этим прибором, его, как и нынешний карманный компас, сначала поворачивали до тех пор, пока

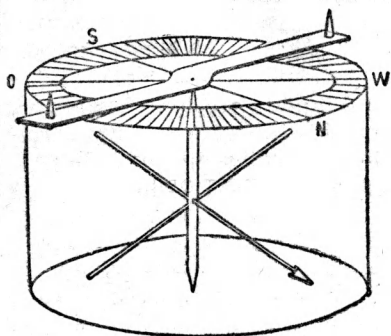


Рис. 1. «Компас» Перегрина.

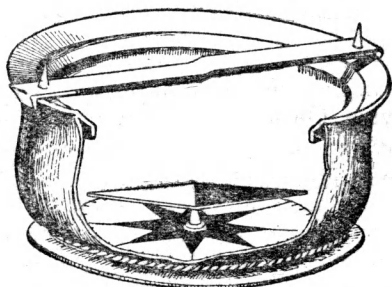


Рис. 2. Старинный компас (начало XIV века).

магнитная игла не совпадала с линией север — юг, отмеченной на стеклянной крышке. После этого линейку-визир устанавливали по направлению на береговой предмет, т. е. под некоторым углом к линии север — юг. Затем по градусным делениям на ободке крышки определяли величину этого угла, т. е. курс корабля¹.

Однако такой прибор оставлял желать много лучшего. Чтобы игла всегда указывала направление север — юг, она должна свободно поворачиваться вместе с вертикальной осью. Ось же испытывала трение, так как упиралась в крышку и дно прибора, поэтому игла неизбежно застилавалась на месте и не указывала верного направления.

Безвестные мастера постепенно совершенствовали компас Перегрина. Вертикальную ось они заменили тонкой стальной шпилькой с острием. На нем-то и устанавливали в горизонтальном положении уже не иглу, а удлиненный ромбик — стрелку (рис. 2).

Для этого в углублении посредине нижней стороны стрелки был укреплен твердый камень (обычно сапфир) — так называемая топка. Хорошо отшлифованная топка только опиралась на острие шпильки; благодаря этому трение значительно умень-

¹ Курсом корабля называется угол между двумя линиями-направлениями: к точке севера и к ближайшему порту, куда идет корабль.

шилось, стрелка реже застывала и точнее указывала на север.

Для удобства градусные деления стали наносить не на ободок крышки, как у Перегрини, а по окружности бумажного диска. Этот диск — его называли *картúшко́й* — помещался непосредственно под стрелкой.

На парусных кораблях очень важно было следить за направлением ветра. Поэтому на картушке, кроме градусных делений, стали изображать розу ветров — шестнадцать, а позже тридцать два луча-румба. Они указывали помимо четырех основных направлений (север, юг, восток, запад) еще и промежуточные.

Такой прибор, похожий на нынешний карманный компас, появился в самом начале XIV века. Но пользоваться им все-таки было трудно.

Корабль в море из-за качки то кренится с одного борта на другой, то зарывается в воду носом или кормой. Даже при небольшом волнении компасная стрелка начинала колебаться, а в шторм почти непрерывно качалась из стороны в сторону.

Чтобы предохранить стрелку от колебаний, толчков, сотрясений, еще в XIV веке был приспособлен специальный подвес из двух колец. Компас подвешивали внутри первого кольца, которое своими цапфами упиралось в отверстия второго кольца, а последнее в свою очередь было подвешено на подставке. Такого рода приспособление впоследствии получило название *карданова подвеса* по имени выдающегося итальянского ученого XVI века Д. Кардано.

Компас стал незаменимым спутником мореходов и оказал им бесценные услуги.

В древние времена корабли не уходили далеко от берегов и, едва начиналась буря, спешили укрыться в безопасной бухте. Даже в тихую погоду опасно было терять из виду сушу: если туман или облака скрывали небесные светила, моряки не имели возможности ориентироваться.

Компас в любую погоду позволял определять страны света и вести корабль по назначенному курсу. Благодаря этому мореходы стали смелее отрываться от берегов и отваживались пересекать Средиземное море, сокращая таким образом продолжительность плавания.

Средиземное и Черное моря служили главным морским путем в торговле между Западом и Востоком. За долгие века плавания по этим морям накопилось немало чертежей, зарисовок и описаний береговой линии. Уже мореходная игла, указывая верное направление, помогла уточнить, исправлять и дополнять старинные чертежи. При помощи компаса были созданы гораздо более совершенные географические карты, которые отличались неведомой раньше точностью.

На компасных картах, или *портоланах*, еще не было ни па-

раллелей, ни меридианов. Обычно в центре карты изображали главную розу ветров, а по краям — еще шестнадцать малых роз. От лучей-румбов каждой из роз исходили прямые линии, перекрещиваясь с такими же линиями других роз.

Не приходится говорить о том, насколько и самый прибор и созданные благодаря ему более точные карты увеличили безопасность мореплавания. Однако при всех своих достоинствах компас нередко подводил мореходов: он оказался не очень-то верным «путеводителем».

Китайцы еще в XI веке заметили, что намагниченная игла, «чи-нан-тин», не указывает концом своим точно на юг. Европейцы «запоздали» с этим открытием почти на 200 лет и сначала полагали, что северный конец стрелки отклоняется только к востоку примерно на 10—11 градусов.

Непонятный каприз стрелки называли **склонением компаса** и приписывали его несовершенству самого прибора. Прошло еще три столетия, прежде чем была раскрыта загадка склонения. Именно в эти первые века своего существования компас неизмеримо расширил возможности мореплавания.

Великие географические открытия

В XV веке устои феодализма в Западной Европе были уже основательно расшатаны. В городах расцветало ремесло и развивалась торговля. Покупка и продажа товаров на деньги вместо непосредственного обмена все больше подтачивала самую систему натурального хозяйства.

Росла торговля не только между городами, но и между странами. Ведь наиболее ценные товары шли из Азии: многоцветные шелка и ковры, сапфиры, изумруды и жемчуга, лучшее оружие, ладан для благочестивой церкви, амбра и мускус, заменявшие средневековым модницам духи, перец, гвоздика, корица и другие пряности, которые тогда высоко ценились в Европе.

Арабы доставляли эти товары к восточным и южным берегам Средиземного моря, а отсюда их перевозили в Европу на своих кораблях генуэзские и венецианские купцы, богатевшие на прибыльной торговле между Востоком и Западом. Португалия — небольшое государство на «окраине» Европы — становилась торговым центром на морском пути от Италии к европейскому северу.

По мере расширения торговли все большее значение приобретали деньги, а Европа золотом была небогата. В поисках его Португалия еще с 1415 года начала посылать экспедиции в Африку. Пользуясь компасом, португальцы пробирались на юг вдоль неизведанных западных берегов Африки, завязывали выгодную торговлю с местным населением.

Завоевания турок в Малой Азии, их вторжение в Европу и

захват в 1453 году Константинополя чрезвычайно затруднили доставку восточных товаров. Португальцы стали искать новый морской путь вокруг Африки в «страну сокровищ» — Индию. Экспедиции продвигались все дальше на юг, и в 1487 году Бартоломео Диашу удалось обогнуть южную оконечность африканского материка, но сильная буря заставила корабли повернуть в обратный путь.

Еще до этого плавания безвестный генуэзский моряк Кристоваль Колон выдвинул смелый проект: искать другой, более короткий, по его мнению, морской путь в Индию и Китай через Атлантический океан. Почти 20 лет страстно боролся Колон за осуществление своего замысла, пока, наконец, испанские правители не согласились организовать рискованную экспедицию.

Ранним утром 3 августа 1492 года в неведомый путь отправились три каравеллы под начальством Кристоваля Колона, позже прославленного под именем Христофора Колумба.

После продолжительной задержки у Канарских островов из-за ремонта одной из каравелл, 6 сентября корабли вышли в открытое «море-океан». Через неделю благоприятного плаванья всех поразила необычайная новость: стрелки компасов вдруг отклонились к западу¹.

До тех пор моряки знали только о восточном склонении, и Колумб объяснил странное явление тем, что стрелка всегда «смотрит» на Полярную звезду, а эта звезда, мол, отошла от своего обычного положения. Однако западное склонение с каждым днем увеличивалось и через четыре дня превысило 11 градусов. Как отмечено было в секретном дневнике плаванья, «моряков охватили страх и отчаяние».

Кругом простиралась безбрежная водная пустыня, никаких признаков суши не было видно, а попутный ветер гнал суда все дальше на запад. Среди экипажа начался глухой ропот: моряки опасались, что им уже никогда не удастся вернуться на родину.

Правда, 30 сентября компасные стрелки указали точно на север, склонения вовсе не было, но затянувшееся плавание в открытом океане обостряло мятежные настроения, и 10 октября на «флагманском» корабле чуть было не вспыхнул бунт. Только мужественное самообладание Колумба несколько утихомирило мятежников.

К счастью, в 2 часа ночи 12 октября вдали при мягком свете луны были замечены несомненные признаки земли. Едваждавши рассвета, Колумб с несколькими спутниками под-

¹ Величину склонения компаса тогда определяли очень грубым способом: днем по полуденной линии, по тени от вертикально поставленного шеста; в полдень эта тень (в нашем, северном полушарии Земли) падает точно на север. Сравнивая положение компасной стрелки с направлением полуденной линии днем или с направлением на Полярную звезду ночью, отсчитывали по делениям картушки, на сколько градусов отклоняется стрелка от линии север — юг, т. е. от географического меридиана.

плыл на лодке к берегам островка, которому он дал название Сан-Сальвадор (Спаситель).

Все путешествие через океан от Канарских островов продолжалось немногим более месяца, и за это время стрелки компасов то отклонялись к западу, то совсем не отклонялись. Открытие западного склонения было заслужено другим, несравненно более важным. Впоследствии говорили: «Компас — инструментик небольшой, но без него Америка не была бы открыта». Этот «инструментик» сыграл великую роль в истории географических открытий, в развитии торговли, мореплавания и промышленности как на Западе, так и на Востоке.

Свыше 500 лет назад русские поморы проложили путь из Белого моря по Ледовитому океану к северу — на острова Груманта (Шпицбергена). Продвигаясь на восток, они открыли острова Колгуев, Вайгач, Новую Землю и к концу XV века вышли в Карское море.

Отважные русские мореходы проложили путь и на запад — из Ледовитого океана в Атлантический: современник Колумба, московский посол Григорий Истома совершил в 1496 году плавание из Белого моря вокруг Скандинавии. В этих опасных плаваниях по ледовитым просторам наши поморы пользовались «маткой», как они называли компас.

В 1498 году португалец Васко да Гама с помощью арабского лоцмана достиг, наконец, берегов Индостана вблизи города Каликут. По новому морскому пути на Восток устремились десятки португальских экспедиций. Они захватили Суматру, Яву, Молуккские острова и бесчеловечно эксплуатировали коренное население.

Многочисленные экспедиции испанцев и португальцев были отправлены также в Америку. Здесь европейские завоеватели — конкистадоры основали первые колонии, заставили коренных жителей добывать драгоценные металлы, обрабатывать плантации сахарного тростника, табака, хлопка, кофе.

Загубив на непосильной работе туземное население целых районов, европейские хищники стали ввозить в Америку дешевых чернокожих рабов из Африки. Торговля «живым товаром» и труд рабов приносили баснословные богатства колонизаторам.

Компас открыл путь в океан. Великие географические открытия, сделанные в погоне за золотом и наживой, создали для зарождавшейся буржуазии новые заманчивые возможности. Расширение природных богатств Америки, приносившая гигантские барыши «охота на негров» в Африке, грабительская торговля с Индией и Китаем, завоевание колоний в Азии — все это ускоряло накопление капитала и рост промышленности в Европе. В эту эпоху, как писал Карл Маркс, компас стал одной из необходимых предпосылок буржуазного развития.

В первой половине XVI века на морских путях в Индию и

Китай безраздельно хозяйничала Португалия, не пропуская сюда ни одного корабля под чужеземным флагом.

После успешных плаваний Григория Истома и других «москвитов» из Ледовитого океана в Атлантический возник другой увлекательный план: нельзя ли по Ледовитому океану добраться до Китая и в Индию?

Для поисков этого пути англичане и голландцы снарядили в XVI веке ряд экспедиций, но ни одной из них не удалось проникнуть восточнее Новой Земли. А русские поморы к тому времени уже освоили побережье Ледовитого океана от Кольского полуострова до устья Оби и пробирались все дальше на восток, где сплошные льды преграждают путь кораблям.

Одно из первых плаваний вокруг Таймырского полуострова закончилось трагически: мореходы погибли в безлюдной ледовой пустыне. Следы их зимовья и вещи были открыты нашими гидрографами лишь в 1940—1941 годах, а в 1945 году сюда была командирована специальная экспедиция Арктического института.

По найденным на Таймыре и одном из островов Фаддея старинным русским монетам установлено, что это героическое плавание было совершено примерно в 1617—1620 годах. Среди уцелевших вещей обнаружены детали оригинальных русских компасов — солнечных часов из мамонтовой кости (рис. 3). Посредине футляра в круглом отверстии, аккуратно выточенном на токарном станке, помещалась намагниченная стрелка с картушкой.

Сохранились также детали и бронзовых компасов. Магнитная стрелка в них находилась уже не над картушкой, а внутри нее и поворачивала картушку знаком «N» к северу.

Однако и такой, более совершенный компас не указывал верного направления на север, особенно в Ледовитом океане. И, как ни странно, величина склонения компаса возрастала тем больше, чем дальше на север продвигался корабль.

Великий магнит

Колумб впервые заметил, что величина склонения компаса неодинакова в различных пунктах Земли, но не знал причин этого явления. Вряд ли знаменитый мореплаватель сам верил в то, что Полярная звезда управляет компасной стрелкой. Между тем даже через полвека многие капитаны и штурманы утверждали, что именно эта звезда притягивает к себе северный конец стрелки, и он отклоняется от направления на север только потому, что компасные мастера не умеют изготовить хороший прибор.

Несправедливость такого обвинения доказал нюрнбергский мастер Георг Гартман, изготавливший солнечные часы. Такие часы правильно указывали время, если число «12» на цифербла-

те было направлено к точке севера. Казалось бы, легче всего определить направление по компасной стрелке, но вот здесь-то Гартман и обнаружил, что на стрелку полагаться нельзя.

Он проводил наблюдения в разные годы в нескольких городах и убедился, что стрелка отклоняется от географического меридиана. Он даже измерил величину склонения компаса в Риме, Нюрнберге и других местах.

Однажды Гартман провел любопытный опыт. Он сделал стрелку длиною в палец, установил ее в горизонтальном положении на острие стержня так, чтобы она сохраняла равновесие. Когда мастер намагнитил стрелку, один ее конец тотчас же наклонился. «Почему это происходит, я объяснить не могу», — писал он в 1544 году¹.

Все эти наблюдения и опыты показали, что магнитная стрелка отклоняется не только от направления север — юг, но также и от горизонтальной плоскости. Гартман впервые открыл, что кроме склонения существует еще *наклонение* магнитной стрелки.

Но моряков тогда интересовало склонение: только зная его величину в любом месте, можно точно определять, где север, правильно рассчитывать путь корабля и вести его по назначенному курсу.

Корабли уже бороздили все моря и океаны. Многие капитаны на практике убеждались, что в различных местах склонение неодинаково, и сами определяли его величину. Такие измерения еще 400 лет назад, с 1556 года, проводились у нас на севере: в устье Печоры, на островах Вайгач и Новая Земля, в Холмогорах и других пунктах.

В 1576 году английский компасный мастер Роберт Норман вторично открыл наклонение. Для измерения его Норман построил специальный прибор: установил магнитную стрелку в центре вертикального диска, по окружности которого были нанесены градусные деления (рис. 4).

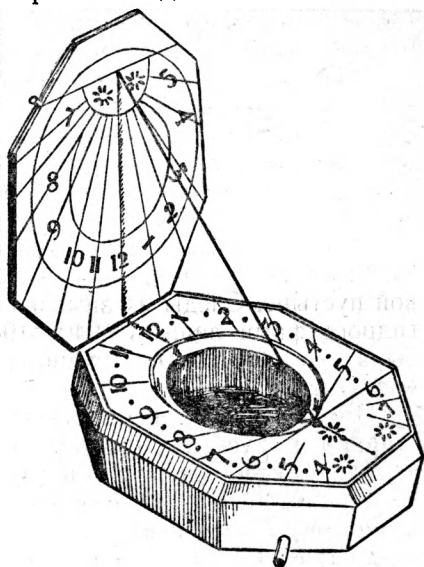


Рис. 3. Русский компас — солнечные часы.

¹ Это письмо было найдено в архиве города Кенигсберга (ныне Калининград) почти через 300 лет, в 1831 году.

Посредством этого прибора — инклинатора — Норман определил величину наклона в Лондоне: северный конец стрелки опускался от горизонтальной линии почти на 72 градуса. Мастер точно измерил и величину склонения в столице Англии: в 1576 году компасная стрелка отклонялась на $11\frac{1}{4}$ градусов ($11^{\circ}15'$) к востоку от географического меридиана.

Открытие наклона окончательно опровергло легенду о том, будто Полярная звезда притягивает к себе магнитную стрелку. Если бы это было так, то северный конец стрелки не опускался бы, а поднимался. Очевидно, он притягивается не к небу, а к Земле. Так было подготовлено новое открытие, сделанное Вильямом Гильбертом.

Это был выдающийся исследователь, заложивший основы учения о земном магнетизме. Свои выводы Гильберт основывал не на догадках и домыслах, а доказывал строго проверенными опытами.

Еще Перегрин описал взаимодействие двух магнитов. Если приблизить северный конец — полюс одного магнита к северному полюсу другого, то они отталкивают друг друга. Напротив, разноименные полюсы двух магнитов — северный и южный — взаимно притягиваются. Поэтому полагали, что вся сила магнита сосредоточена только у его полюсов.

Гильберт поставил простой опыт: погрузил намагниченный брусок в кучу железных опилок. Действительно, больше всего их пристало к концам бруска, а чем ближе к его середине, тем меньше было опилок. Значит, у полюсов притяжение лишь сильнее, но действует оно по всей поверхности магнита, кроме его середины.

Мастера изготавливали компасные стрелки, натирая их сильными магнитами. Гильберт показал, что можно, правда, слабо, намагнитить железный или стальной предмет, даже не прикасаясь к нему магнитом, а только приближая его. Значит, магнит действует также и на расстоянии.

Ученый повторил и опыты Нормана. Отчего всегда наклоняется конец стрелки инклинатора? Может быть, Земля притягивает его потому, что сама является магнитом? Это было только гипотезой. Гильберт, соблюдая правило «все подтверждать опытами», решил проверить свое предположение.

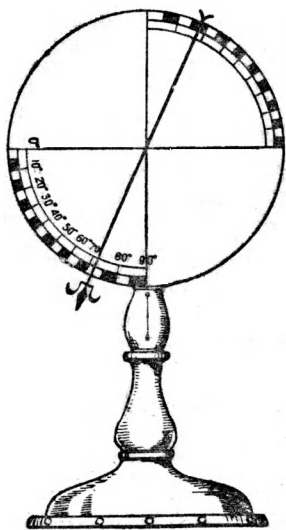


Рис. 4. Инклинатор Нормана.

Он выточил из магнита шар, определил, где находятся его полюсы, и на равном расстоянии от них начертил линию экватора. Свою модель земного шара ученый назвал «терелла», что в переводе с латинского означает «земелька». Подвесив на нити магнитную стрелку, он стал проводить опыты с этим «инклинатором», перенося его с одного места земельки в другое.

В различных местах земельки стрелка вела себя неодинаково. Только на экваторе она располагалась по линии горизонта, а чем ближе к полюсам, тем больше наклонялся конец стрелки: в северном полушарии — южный, а в южном — северный. Над самыми полюсами стрелка устанавливалась под углом в 90 градусов к плоскости горизонта, что и следовало ожидать.

Как всякий магнит, земелька сильнее всего притягивает стрелку у полюсов, поэтому здесь стрелка наклоняется больше всего — на 90 градусов, а на экваторе, где притяжение обоих полюсов одинаково, наклона вообще нет — оно равно нулю, и стрелка принимает горизонтальное положение.

Опыты подтвердили догадку о том, что Земля — великий магнит, но Гильберт не удовлетворился этим. Любой магнит даже на расстоянии, без прикосновения, намагничивает железный или стальной предмет. Значит, и «земной магнит» должен производить такое же действие.

Ученый подвесил стальной брусок и положил на стол железную проволоку в направлении север — юг. Действительно, через некоторое время они намагнитились. Теперь уже не осталось сомнений: наша планета — магнит!

Это было очень важное открытие. Однако оно не объясняло старинной загадки склонения. Компасная стрелка в любом месте земельки обращается к ее полюсам. А на «большой» Земле стрелка отступает от этого направления то больше или меньше, то к западу или к востоку. Почему на Земле возникает склонение и от чего зависит его величина?

Здесь Гильберт изменил своему правилу «все подтверждать опытами» и придумал такое объяснение. На земном шаре есть моря и океаны. Через толщу воды земной магнетизм действует на компас слабее, чем на материках. В океане стрелка отклоняется в сторону того материка, который ближе и поэтому сильнее притягивает. Но вскоре оказалось, что этот «вольный домысел» был только неудачной догадкой.

Свои исследования Гильберт изложил в капитальном труде «О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле», изданном в 1600 году. Одновременно в Лондоне были опубликованы секретные материалы об английских экспедициях, искавших путь в Индию по Северному Ледовитому океану, вдоль берегов России. Среди этих документов находилось и письмо известного картографа Герарда Меркатора, написанное им еще в 1580 году.

Меркатор не один раз указывал, что на севере Земли есть магнитный полюс, который не совпадает с полюсом географическим¹. В своей секретной записке ученый-картограф предостерегал моряков, отправляющихся в полярное плавание, от грозивших им грубых ошибок: чем ближе подходят корабли к магнитному полюсу, тем больше компасная стрелка отклоняется от географического меридиана.

Замечательная догадка Меркатора о существовании магнитного полюса подтвердилась в 1608 году, когда новая английская экспедиция под начальством Гудсона направилась в Ледовитый океан. В Баренцовом море Гудсон определил величину наклона: она составляла 89 градусов.

Если Гудсон правильно произвел измерение, то он находился вблизи магнитного полюса Земли, а от географического полюса его отделяло расстояние больше 1 600 километров!

Гильберт считал, что магнитные полюсы Земли расположены там же, где географические. В действительности, они не совпадают. И компасная стрелка располагается вдоль магнитных меридианов, соединяющих магнитные полюсы Земли. Поэтому стрелка откло-

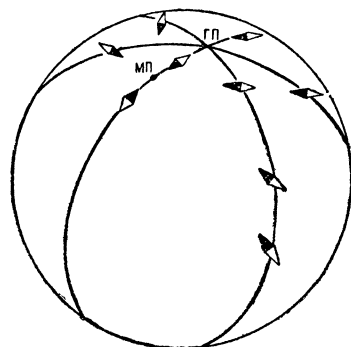


Рис. 5. Компасная стрелка на различных меридианах. ГП, МП — географический и магнитный полюсы.

няется к востоку или к западу от географического меридиана — где больше, где меньше. Только на меридиане, проходящем через географический и магнитный полюсы, стрелка точно указывает север, как заметил еще Колумб 30 сентября 1492 года (рис. 5).

Рисунок наглядно показывает, что величина склонения неодинакова на разных географических меридианах и возрастает даже на одном и том же меридиане по мере приближения к полюсу. Именно об этом Меркатор предупреждал полярных мореходов.

Наконец-то была раскрыта загадка склонения. Но как определять его величину? Решить эту задачу, особенно важную для мореплавания, было тем более трудно, что она осложнилась новыми открытиями.

В 1622 году английский астроном Э. Гунтер, а в 1628 году польский ученый Я. Гевелий заметили, что компасная стрелка постепенно изменяет свое положение.

¹ Свое предположение Меркатор впервые обосновал в 1546 году в частном письме.

В 1634 году лондонский профессор астрономии Г. Геллибранд посредством большой магнитной стрелки определил величину склонения в Лондоне: стрелка отклонялась немногим более, чем на 4 градуса ($4^{\circ}5'$) к востоку от географического меридиана. Но ведь по точным измерениям Нормана в 1576 году склонение составляло $11\frac{1}{4}$ градусов. Может быть, старый мастер ошибся?

Нет, и по французским наблюдениям склонение компаса в Париже за полвека, с 1580 по 1630 год, также уменьшилось от $9\frac{1}{2}$ до $4\frac{1}{2}$ градусов. Очевидно, величина склонения не только неодинакова в различных местах, но с течением времени изменяется даже в одном и том же месте. Такие изменения были названы магнитными вариациями.

Для изучения этого вопроса в 1698 году в Атлантический океан была направлена английская научная экспедиция во главе с астрономом Галлеем. Во время плавания Галлей определял величину склонения во многих местах Атлантического океана. Полученные данные ученый отмечал на географической карте, придумав простой и наглядный способ: он соединил непрерывными линиями точки, где величина склонения была одинаковой¹.

Такую «магнитную карту» Галлей издал в 1701 году, и она оказала большую помощь морякам. Определив место корабля в море, штурман по магнитной карте узнавал величину склонения в этом месте и вносил необходимую поправку в показания компаса. Но карта была пригодна только для Атлантического и Индийского океанов, да и то ненадолго.

Вскоре ученые открыли новые «капризы» компаса. Величина склонения изменяется не только за продолжительное время (вековые вариации), но даже в течение суток компасная стрелка колеблется почти непрерывно. Позже было установлено, что и эти суточные вариации неравномерны: в нашем, северном, полушарии они зимой меньше, а летом больше. Такие колебания в течение года получили название годовых вариаций.

Иногда стрелка вдруг отклонялась на два-три градуса, а в высоких широтах еще больше, или начинала беспорядочно метаться из стороны в сторону. Русские поморы уже давно знали об этих «шалостях» компаса и заметили, что они совпадают с пазорями, как у нас на Севере называют полярные сияния. Такие внезапные вариации склонения стали называть магнитными бурями.

Суточные вариации невелики и не имеют большого значения для мореходной практики. Магнитные бури обычно продол-

¹ До сих пор таким же способом пользуются для изображения на географических картах одинаковых глубин моря, одинаковых среднегодовых температур, одинаковых высот над уровнем моря и т. д.

жаются несколько часов, реже день-два, и с ними приходилось считаться главным образом в полярных плаваниях.

Другое дело — вековые и годовые вариации: они из года в год понемногу, но за ряд лет весьма значительно, на несколько градусов, изменяют величину склонения, притом в различных местах земной поверхности неодинаково. Вот почему магнитная карта, составленная Галлеем, неизбежно должна была устареть. Позже другие ученые не раз исправляли и дополняли эту карту, но и к новым картам моряки относились не очень доверчиво.

Слишком сложны проявления земного магнетизма. Новые пути для исследования его проложили русские ученые.

Компас и земной магнетизм

В начале XVIII века в России был создан могучий Балтийский флот. Для безопасного плавания кораблей необходимо было измерять величину магнитного склонения в различных местах Балтийского моря. Ввиду государственного значения этих исследований Российская академия наук, созданная в 1725 году, на первом же заседании включила в свою программу изучение земного магнетизма.

Участники Великой Северной экспедиции (1733—1743) составили карту побережья Ледовитого океана от Белого моря до устья Колымы и впервые определили величину склонения во многих пунктах Арктики. Для дальнейшего развития русского мореплавания и науки о земном магнетизме весьма важную роль сыграли работы М. В. Ломоносова.

В 1759 году великий ученый опубликовал «Рассуждение о большей точности морского пути». В этом труде, кроме научных исследований, описаны изобретенные Ломоносовым мореходные приборы, в том числе компас-самописец, автоматически регистрирующий все отступления корабля от курса.

Ломоносов предложил надеть на картушку компаса легкий обручек с прикрепленным к нему карандашиком. Карандашик едва прикасался к бумажной ленте, которая непрерывно передвигалась часовым механизмом, и вычерчивал на этой ленте линию.

Линия была прямой, пока корабль шел точно по назначенному курсу, но лишь только он начинал «рыскать», т. е. отклоняться вправо или влево, на линии тотчас же появлялся зубец. Таким образом все отступления от курса немедленно отмечались на ленте.

Для кораблевождения, указывал Ломоносов, компас — «общий и всегдашний предводитель». Но «сие спасительное изобретение» может оказаться бесполезным, если не будет изучено, как изменяется величина склонения в различных местах и в разное время. Вот почему ученый настойчиво призывал море-

ходов и путешественников проводить такие наблюдения «во всех странах, куда только человек достигнуть может».

Указывая на то, что магнетизм — самый сложный раздел физики, Ломоносов предостерегал ученых от поспешных выводов, не проверенных многочисленными наблюдениями. Сам он очень осторожно высказал свои мысли о земном магнетизме.

Землю он считал магнитом, но не однородным, как Гильберт, а состоящим из многих магнитов, имеющих неодинаковую силу и различно расположенных. Поэтому, писал он, «без многих и верных наблюдений каждого места (разрядка моя. — *Я. Ш.*) общая теория о переменах магнитной силы утверждена быть не может».

Изучением магнетизма одновременно с Ломоносовым занимались члены Российской академии наук Леонард Эйлер и Франц Эпинус.

Эйлер начал свою работу в академии в 1727 году, когда ему едва исполнилось 20 лет. Значительное место в многогранной деятельности ученого занимали труды, посвященные кораблестроению, мореплаванию, магнетизму.

Можно допустить, считал Эйлер, что магнитные силы Земли действуют так, словно внутри нашей планеты находится мощный магнит, расположенный под определенным углом к земной оси. Этот магнит и управляет любой компасной стрелкой, направляя ее концы к своим полюсам.

Если определить, где находятся магнитные полюсы Земли, то можно заранее рассчитать величину склонения для каждого места в зависимости от его широты и долготы. Эйлер разработал формулу для таких расчетов, но величина склонения, вычисленная им для ряда пунктов, отличалась от величины, определенной непосредственными наблюдениями.

Действие магнитных сил Земли гораздо сложнее, чем представлял себе ученый. Тем не менее велика его заслуга — он стремился строго математическими методами вычислять величину склонения для любой точки на поверхности Земли.

Как известно, магнит даже на расстоянии, без прикосновения, намагничивает железо. В «Опыте теории электричества и магнетизма» (1759) Эпинус объяснил действие магнитных сил. Он показал, что железо сначала намагничивается и именно поэтому притягивается к магниту, то есть «магнит действует только на магнит».

Другими словами, намагничивание и притяжение — это особое взаимодействие тел. Точно так же и третье свойство магнита — его способность устанавливаться по направлению север — юг — объясняется взаимодействием двух тел: Земли и этого магнита, в частности компасной стрелки.

Если расположить вокруг магнита маленькие компасы, то их стрелки займут различные положения: каждый полюс магнита притягивает к себе разноименные концы стрелок и оттал-

кивает одноименные (рис. 6). Стрелки выстраиваются цепочкой по кривым линиям от одного полюса к другому, словно указывая направления магнитных сил притяжения и отталкивания. Эти силы действуют в пространстве, или, как писал Эпинус, сфере вокруг любого магнита. Позже эта сфера была названа магнитным полем.

Очевидно, такие силы действуют и вокруг великого магнита — Земли, в ее магнитном поле. Они-то и управляют всеми компасными стрелками. В любом месте земной поверхности

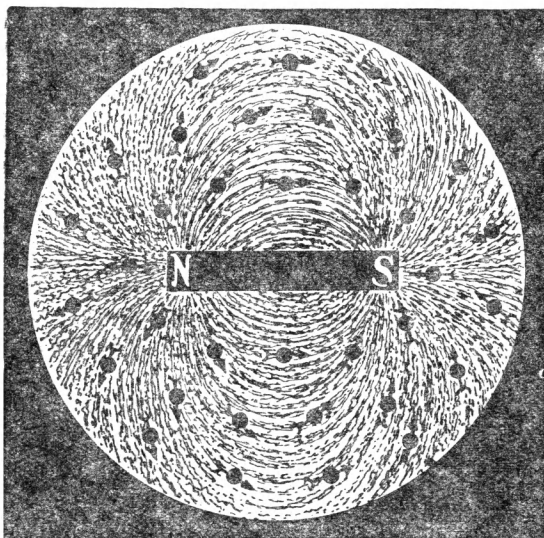


Рис. 6. Компасные стрелки, расположенные вокруг магнита (в одной плоскости с ним).

стрелка указывает направление этих сил. Но как измерять их величину?

Чтобы проверить, хорошо ли намагничена стрелка, компасные мастера пользовались таким способом. Они отклоняли стрелку от положения север — юг в сторону градусов на девяносто и отпускали ее. Стрелка не сразу занимала свое обычное положение, а некоторое время качалась, как маятник, то вправо, то влево. Если она делала не менее трех колебаний в течение семи секунд, то мастера считали, что стрелка хорошо намагничена.

Ученые-физики стали проводить такие же опыты, перенося компас в различные места вокруг магнита. Оказалось, что быстрее, чаще всего стрелка качается у полюсов, а чем дальше от них, тем меньше частота колебаний. Намагниченная стрелка позволила сравнивать магнитную силу в отдель-

ных точках не только одного, но и различных магнитов, в том числе и Земли.

Впервые измерения «магнитной силы» Земли были проведены у нас, в России, еще в 1769 году. Одну и ту же магнитную стрелку заставляли качаться сначала в Петербурге, затем в заполярном местечке Поное (на Кольском полуострове). При этих измерениях не было обнаружено заметных различий в количестве качаний стрелки за одинаковые периоды времени.

В 1785—1787 годах такие же наблюдения были сделаны Ламаном, участником французской экспедиции Лаперуза, во время кругосветного плавания. Очень любопытна судьба его наблюдений.

Лаперуз, будучи в Петропавловске-на-Камчатке, отправил отсюда отчет о своем плавании во Францию. Долго путешествовал этот отчет через всю Сибирь и Европу в Париж. Лаперуз успел побывать в Австралии, затем направился на северо-восток и бесследно исчез. Только через 40 лет удалось выяснить, что экспедиция потерпела крушение и погибла.

Наблюдения Ламана показали, что наименьшее число колебаний в минуту стрелка совершала в районе тропиков, а по мере удаления от них количество колебаний за то же время увеличивалось, т. е. «магнитная сила» Земли не во всех точках ее поверхности одинакова. К сожалению, эти исследования были погребены в архиве Парижской академии наук.

Знаменитый немецкий ученый Александр Гумбольдт, путешествуя по Южной Америке (1799—1804), обнаружил, что наименьшее число колебаний за один и тот же период времени (10 минут) стрелка делала в ряде пунктов Перу. К северу и к югу от этих мест частота колебаний увеличивалась, как она увеличивается при перемещении стрелки от середины обычного магнита к его полюсам.

Отсюда Гумбольдт сделал вывод, что в этих местах Перу проходит магнитный экватор Земли, который так же не совпадает с ее географическим экватором, как и магнитные полюсы с географическими.

Магнитное поле нашей планеты характеризуется в каждом месте не только склонением и наклонением: они указывают лишь направление¹, в каком действуют магнитные силы Земли; кроме того, необходимо определить их величину. Только все три элемента земного магнетизма характеризуют полную напряженность магнитного поля Земли в отдельных местах.

Большой вклад в эти исследования внесли Крузенштерн, Лисянский и другие русские кругосветные мореходы, измерявшие элементы земного магнетизма в различных пунктах. Открыв новую часть света — Антарктиду, Беллинсгаузен приближенно

¹ Это не два направления, а одно, но в различных плоскостях — горизонтальной (склонение) и вертикальной (наклонение).

вычислил, где находится магнитный полюс в южном полушарии; Коцебу и Литке точнее определили положение магнитного экватора.

За короткое время накопилось множество наблюдений, но в них не было единой системы: измерения проводились в различных местах и в разное время, различными приборами и способами, не всегда достаточно точными. Необходимо было систематически, а не от случая к случаю, изучать, как изменяются с течением времени элементы земного магнетизма в одном месте.

Для этого профессор Казанского университета астроном И. М. Симонов и физик А. Я. Купфер создали в 1823 году первый в России магнитный павильон, где стали ежедневно проводить наблюдения. Через шесть лет по предложению Купфера, избранного членом Российской академии наук, в Петербурге был построен еще лучший павильон, позже (1849) преобразованный в Главную физическую обсерваторию. Кроме того, магнитные наблюдения стала проводить астрономическая обсерватория в Николаеве. По согласованию с иностранными учеными (Гумбольдтом, Гауссом, Араго) наблюдения выполнялись одновременно, в те же дни и часы, как в Германии и Франции.

По инициативе Российской академии наук в 1830 году был создан еще один магнитный павильон на территории русской миссии в Пекине.

В царской России наука была не в большом почете, и средства на нее отпускались скудные, но Купфер заинтересовал в магнитных исследованиях Горное ведомство: ведь компас необходим не только морякам и геодезистам, но также и горным инженерам-маркшейдерам.

«Россия одна содержит в себе больше пунктов, важных для теории земного магнетизма, чем вся остальная Европа», — доказывал Купфер. Он добился организации сети магнитных обсерваторий в крупнейших металлургических центрах Сибири и Урала — Нерчинске и Колывани, магнитно-метеорологических — в Екатеринбурге (нынешний Свердловск) и в Тифлисе (Тбилиси).

Петербургская обсерватория руководила всеми магнитными наблюдениями в России, а круг их расширялся с каждым годом. Такие наблюдения проводились в Оренбурге (ныне Чкалов), Саратове, на Каспийском море и Ледовитом океане, в Сибири и на Урале — во многих пунктах на огромном пространстве от Петербурга до Пекина.

Наша страна заняла первое место в изучении земного магнетизма. Недаром Гумбольдт, призывая английских ученых приступить к систематическим магнитным наблюдениям, указывал на пример и успехи России.

Чрезвычайно важное значение для исследований земного магнетизма имели работы великого немецкого ученого Карла

Гаусса. Он создал новые методы и приборы для измерения магнитных величин с недоступной прежде точностью. Гаусс решил задачу, поставленную Эйлером, и разработал формулу, при помощи которой можно по нескольким наблюдениям рассчитать величину элементов земного магнетизма для любой точки на поверхности нашей планеты.

Теперь, казалось бы, можно составить точные магнитные карты. Но величина склонения, вычисленная теоретически, опять-таки отличалась от фактических наблюдений. Впрочем, для Гаусса это уже не было неожиданностью.

Еще в XVIII веке в некоторых местах на суше было замечено, что компасная стрелка почему-то отступает от ее обычного направления, т. е. от магнитного меридиана. Такие странные отклонения наблюдал в 1784 году академик П. Б. Иноходцев в районе Курска.

Позже в этом районе были обнаружены места, где северный конец стрелки обращался к югу, а южный — к северу, т. е. они отклонялись от своего нормального положения на 180 градусов. Более или менее значительные отклонения были отмечены также в Кривом Роге, на Урале и в других местах.

Сначала ученые считали, что такие отклонения ненормальные и поэтому называли их магнитными аномалиями. Потом было выяснено, что аномалии вызываются горными породами, которые намагничиваются под влиянием Земли, создают свои магнитные поля и поэтому заставляют стрелку отклоняться от ее «нормального» положения.

Но эти «подземные магниты» — не редкость, напротив, они встречаются очень часто, искажают, или, как говорят ученые, возмущают магнитное поле Земли во многих местах. Поэтому магнитные аномалии — не исключение, а, скорее, правило.

Формула Гаусса позволяет лишь теоретически вычислить величину склонения для любого места, но не учитывает действия намагниченных горных пород, а они в каждом месте по-своему, иногда в значительной степени изменяют величину склонения.

Вот почему магнитные карты Гаусса оказывались недостаточно точными и не могли служить для мореходной практики. Чтобы составить точные карты, нужно было накапливать как можно больше магнитных наблюдений в различных местах. Оправдалось замечательное предвидение Ломоносова о необходимости таких наблюдений «во всех странах, куда только человек доступить может».

Именно по этому пути и развивалась наука о земном магнетизме. По примеру России во всех культурных государствах были созданы десятки обсерваторий. Здесь обычно раз в неделю посредством точнейших приборов определяется величина элементов земного магнетизма. Автоматические приборы — ва-

риометры — непрерывно записывают изменения этих элементов.

Кроме того, стали проводить магнитные съемки, т. е. определять элементы земного магнетизма в многочисленных точках. Чем больше таких точек, умело подобранных, тем точнее вырисовывается картина магнитного поля нашей планеты.

В Советском Союзе с 1931 года началась генеральная магнитная съемка по всей стране в тысячах пунктов на расстоянии 20—30 километров один от другого. Она была завершена в 1936 году, а через год приступили к еще более подробной съемке, регистрирующей все, даже самые незначительные аномалии.

Обследуя районы аномалий, можно узнать, какие полезные ископаемые находятся здесь в недрах земли. Таким образом, магнитная съемка стала одним из важных средств геологической разведки подземных сокровищ.

Подробное изучение магнитного поля Земли позволило составлять магнитные карты высокой точности. Правда, они постепенно стареют, но в течение пяти лет сохраняют необходимую точность, а затем приходится их обновлять. Величина магнитного склонения указывается также и на морских картах.

Теперь, где бы ни находился корабль, штурман в любой момент может по морской карте определить величину склонения и внести поправку в показания компаса. Главная задача решена, но еще в середине прошлого столетия возникли новые осложнения.

Девияция компаса

Деревянные корабли не отличались большой прочностью, почти после каждого плавания их приходилось ремонтировать. В XVIII веке в корпусе корабля и вдоль его палубы стали прокладывать железные крепления. Они увеличили прочность корабля, но вызвали неожиданные и неприятные последствия.

Напечатанные при Петре I «Книга, учащая морского плавания» И. Ф. Копиевского (1701) и «Книга устав морской» (1720) строго-настрого предписывали «хранить компас от железа». Моряки знали, что железные предметы притягивают к себе магнитную стрелку, заставляют ее отклоняться, и поэтому компас помещали вдали от якорей и артиллерийских орудий. Но дело осложнилось, когда на кораблях появились железные крепления, которые «уводили» стрелку в сторону от магнитного меридиана.

Теперь, для того чтобы пользоваться корабельным компасом, уже недостаточно было знать только величину склонения. Приходилось, кроме того, учитывать и д е в и а ц и ю к о м п а с а, как стали называть угол отклонения стрелки от магнитного меридиана под влиянием судового железа. Если девияция

по знаку¹ совпадала со склонением, то компасная стрелка еще больше отступала от географического меридиана.

На русском флоте в конце XVIII века устраняли, или, как говорят моряки, уничтожали девиацию посредством железных брусков. Если девиация была восточной, то у западной стороны компаса устанавливали брусок: притягивая к себе стрелку, он уничтожал, т. е. уравнивал девиацию.

Для этого нужно было умело подобрать подходящий «уничтожитель» и правильно поместить его. Но беда в том, что после уничтожения девиации она почему-то вновь возникала во время плавания. И при перемене курса изменялась не только величина, но иногда также и знак девиации.

Чтобы выяснить зависимость девиации от курса корабля, знаменитый русский мореход Крузенштерн в 1824 году провел испытания компаса при различных поворотах брига «Олим». Эти опыты дали практические навыки для уничтожения девиации при перемене курса.

Вскоре французский математик Пуассон разработал уравнения, по которым можно было вычислить действие корабельного железа на компасную стрелку. Однако уравнения не указывали в понятной для моряков форме зависимость между девиацией и курсом корабля.

Впрочем, на деревянных судах девиация была невелика, и опытные штурманы по догадке уничтожали ее при помощи железных брусков и магнитов. Но уже свыше 100 лет назад начали строить более прочные корабли с железными корпусами. По морям и океанам все смелее пускались в дальние плавания железные пароходы с мощными машинами.

Вся масса корабельного металла так вредно действовала на компас, что иногда пользоваться им оказывалось невозможно. Грубые ошибки в определении курса и управлении судном приводили к катастрофам. При кораблекрушениях погибали сотни пассажиров, не говоря уже о ценных грузах. Компас стал опасным «предателем».

Практические способы уничтожения девиации оказывались недостаточными, и полагаться только на опыт и догадки штурманов не приходилось. Необходимо было исследовать, какие магнитные силы действуют на железных кораблях.

Под влиянием земного магнетизма корабль намагничивается еще на верфи во время постройки. Если, например, нос корабля обращен к северу, то здесь образуется северный магнитный полюс, а на корме — южный. Железный корпус судна становится огромным магнитом, причем не все его части намагничиваются одинаково: так называемое магнитно-твердое железо — сталь — долго сохраняет приобретенные магнитные

¹ Знак склонения и девиации условились считать положительным, когда стрелка отклоняется к востоку от географического меридиана, и отрицательным при отклонении к западу.

свойства, а магнитно-мягкие материалы, например чугун, скоро утрачивают их, вернее, изменяют.

Когда корабль меняет курс, это не отражается на твердом железе: где были его северный и южный полюсы, там они и остаются. А мягкое железо при перемене курса перемagnичивается, и полюсы его перемещаются.

Но это лишь условный пример. На самом-то деле твердое железо не так уже прочно сохраняет, а мягкое не сразу лишается приобретенных магнитных свойств. Их изменение зависит от магнитного поля Земли, а оно неодинаково в различных местах и в разное время. Поэтому неодинаково намагничиваются корпус корабля, его машины, перевозимые грузы.

В сущности, девиация представляет собой своеобразную магнитную аномалию. Но горные породы, вызывающие аномалию, неподвижны, а положение корабля в магнитном поле Земли непрерывно меняется. Вот почему и магнитное поле самого корабля изменяется в зависимости оттого, где, когда и куда он идет. Но это еще не все. Качка судна также изменяет магнитные силы, действующие на компас. Оказывает влияние на него и угол крена корабля. Такая девиация — креновая — отклоняет картушку то к правому, то к левому борту судна, заставляет ее колебаться около вертикальной оси и искажает показания компаса.

Корпус парохода или теплохода непрерывно колеблется от работы двигателей, и эта вибрация изменяет магнитное состояние судна. Кроме того, удары волн о борта, смена температуры, вспышки молнии и другие причины также могут изменить величину и знак девиации.

При таком множестве условий, от которых зависит девиация, точное определение ее величины казалось неразрешимо сложным. Но нет таких практических задач, которые не могли бы решить наука и техника.

В 1849 году был изобретен дефлектор — специальный прибор для измерения магнитных сил, действующих на компасную стрелку. Прибор не отличался достаточной точностью и пользоваться им во время плавания было неудобно, но все же можно было определить величину девиации.

В том же году английский математик А. Смит преобразовал и дополнил уравнения Пуассона, которые учитывали действие только мягкого железа на компас. Формулы Смита уже позволяли составлять таблицы изменений девиации в зависимости от курса корабля.

Однако и после этого грубые ошибки, вызванные девиацией компаса, приводили к опасным авариям. Английское правительство в 1860 году даже постановило «не перевозить ни войск, ни казенных грузов, если судно не сделало ни одной морской кампании».

Велики заслуги русских ученых в разработке теории девиации, а также практике ее определения и уничтожения.

В 1862 году в Англии по заказу России сооружался броненосец «Первенец». Чтобы доставить его в Петербург, был командирован русский штурман лейтенант И. П. Белавенец. Обследовав еще на стапеле строившийся корабль, Белавенец обнаружил, что девиация на нем превышает 40 градусов, и решился на смелый опыт.

Недостроенный корабль был спущен на воду и установлен в направлении, противоположном тому, какое он занимал на стапеле. Пока корабль одевали броней, пока устанавливали машины и орудия, корпус судна перемагнитился, и девиация уменьшилась до 17 градусов. Этот опыт имел важное значение: в то время на боевых кораблях обычно не уничтожали девиацию, а при большой ее величине компас вообще мог выйти из строя.

Белавенец написал ряд работ о девиации и в 1864 году основал компасную обсерваторию в Кронштадте, которая стала самой первой русской школой специалистов компасного дела. Ближайшим помощником и продолжателем Белавенца был И. П. Колонг, завоевавший мировую славу как один из творцов науки о девиации. Он разрешил давний спор между учеными.

Одни ученые считали, что уничтожение девиации вредно для компаса, поэтому достаточно определить ее, составить таблицы и по ним вносить поправки. Другие ученые утверждали, что следует только уничтожить девиацию, тогда вовсе не нужны будут таблицы и расчеты.

Колонг показал, что компас становится ненадежным при большой девиации. Но уничтожить ее полностью не всегда удается, остаточная девиация достигает 3—4 градусов и пренебрегать такой погрешностью нельзя, тем более, что она может увеличиться.

Поэтому нельзя ограничиваться только определением девиации, а необходимо довести ее до наименьшей величины, затем вносить поправки в показания компаса по таблицам. Это правило стало законом для штурманов всех флотов.

Талантливый ученый-моряк Колонг почти сорок лет посвятил разработке теории девиации, ее определению и уничтожению посредством новых способов, которые вскоре вошли в международную практику. Он создал удобный дефлектор большой точности, пригодный в условиях плавания, усовершенствовал морской компас.

Под руководством Колонга начал службу на флоте будущий «адмирал корабельной науки» Алексей Николаевич Крылов. Свою первую научную работу, опубликованную в 1886 году, он посвятил компасу. В течение более чем полувековой деятельности академик Крылов написал ряд трудов о компасе и его девиации.

И. Колонг, А. Крылов, Н. Оглоблинский, В. Павлинов, П. Домогаров выдвинули нашу Родину на первое место в мире по компасному делу. Работы этих ученых довели важнейший мореходный прибор до высокой степени совершенства.

Современный морской компас даже по внешнему виду совсем не похож на старинный. Именно девиация заставила коренным образом изменить его конструкцию.

Картушка имеет уже не одну стрелку, а магнитную систему, состоящую из нескольких, обычно трех пар стрелок, расположенных симметрично относительно центра картушки. Зачем понадобилось увеличить число стрелок?

Как отмечалось, для уничтожения девиации вблизи от стрелки приходится помещать магниты и железные предметы (мягкое железо). Они изменяют магнитное поле вокруг компаса и вызывают новые виды девиации.

Такая девиация зависит от длины стрелки и расстояния от нее до магнитов и мягкого железа. Теория и практика показали, что можно устранить эти виды девиации, если в компасе будет не одна, а несколько пар стрелок.

Правильно рассчитать число, длину и взаимное положение стрелок — задача очень сложная. Ею занимались многие теоретики девиации, и наиболее удачное решение дал 23-летний мичман А. Н. Крылов в своей первой научной работе «О расположении стрелок в картушке компаса».

Стрелки заставляют картушку (ее линию север — юг) располагаться вдоль магнитного меридиана. Но для этого картушка должна свободно поворачиваться на острие шпильки, т. е. испытывать наименьшее трение. Кроме того, картушку не должны беспокоить ни качка корабля и удары волн о борта, ни вибрация машин, ни резкая смена температуры. Чтобы уменьшить трение картушки и предохранить ее от других вредных влияний, пришлось переоборудовать морской компас (рис. 7).

Теперь он представляет собой медный котелок, заполненный водным раствором спирта. На поверхности жидкости держится пустой внутри полукруглый поплавок, к которому прикреплена картушка, а внизу — магнитные стрелки. Посредине дна поплавок, в конусообразном углублении, помещается топка из агата. Топка опирается на острие шпильки, которое сделано из твердого металла иридия и поэтому долго не тупится.

Поплавок вместе с картушкой и стрелками весит более ста граммов. Но подъемная сила жидкости по закону Архимеда действует снизу вверх и уменьшает давление картушки на острие шпильки примерно до 4 граммов. Благодаря этому уменьшается также трение картушки об острие и значительно облегчаются ее повороты под действием земного магнетизма. Вместе с тем жидкость мешает картушке крениться или колебаться, поддерживая ее в горизонтальном положении.

Котелок компаса перегородкой разделен на две камеры:

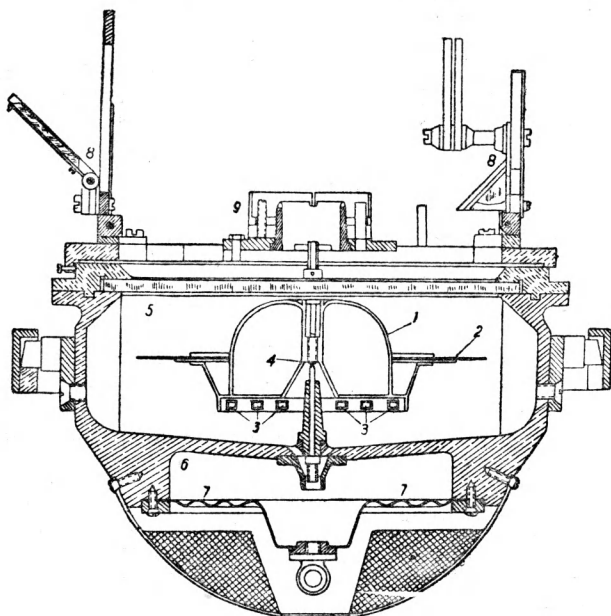


Рис. 7. Морской магнитный компас в разрезе:

1 — поплавок; 2 — картушка; 3 — магнитные стрелки; 4 — топка; 5 — верхняя камера; 6 — нижняя камера; 7 — гофрированная диафрагма; 8 — пеленгатор; 9 — чашка для установки дефлектора.

большая, верхняя, целиком заполнена жидкостью, а в нижней камере, у ее «потолка», сохраняется немного воздуха.

При повышении температуры жидкость расширяется и по узким каналам переходит из верхней камеры в нижнюю. Там она сжимает воздух и давит на дно — гофрированную диафрагму, которая легко растягивается. Когда температура понижается, жидкость из нижней камеры возвращается в верхнюю, но не позволяет проникнуть вверх пузырькам воздуха, чтобы они не нарушали горизонтального положения картушки.

Котелок компаса помещен в кардановы кольца, благодаря которым даже при сильной качке он сохраняет горизонтальное положение. Кардановы кольца в свою очередь покоятся на пружинах, смягчающих вредное влияние сотрясений корабля на котелок и картушку. Наконеч, свинцовый груз в нижней части котелка придает ему устойчивое равновесие.

Компасы установлены на силуминовых (немагнитный сплав кремния с алюминием) шкафиках-нактоузах, прочно укрепленных в наиболее спокойных местах корабля, где меньше всего ощущается вибрация от работы машин. Внутри нактоуза находится особый прибор и передвижные магниты для уничтожения

девиации. Кроме них, при каждом компасе имеется набор уничтожителей разных форм и размеров.

Курс корабля назначают по главному компасу, находящемуся на капитанском мостике. Перед штурвалом — рулевым колесом, а также на всех постах управления установлены путевые компасы, по которым правят — удерживают корабль на заданном курсе. Для определения направлений на крышку котелка надевают пеленгатор. При помощи этого прибора берут пеленги, т. е. измеряют углы, обычно между линией север — юг и направлением на видимые с корабля маяки, фабричные трубы, вершины гор и другие береговые предметы, обозначенные на морской карте.

Морской компас — очень точный прибор (погрешность его не превышает десятых долей градуса), но уверенное пользование им все-таки осложняется девиацией. Определять и уничтожать ее особенно трудно на боевых кораблях: мощное артиллерийское вооружение, вращающиеся башни, сложное электрооборудование, стрельба из орудий так вредно действуют на компас, что могут вывести его из строя.

Да и на пассажирских или грузовых судах определение и уничтожение девиации требует громоздких вычислений. Поэтому ученые давно стремились заменить магнитный компас другим прибором, не зависящим от действия корабельного железа. Впервые такая мысль возникла более ста лет назад.

Гироскопический компас

Каждому из нас с детства знаком волчок. Его в течение многих веков считали только забавной игрушкой. Но уже в XVIII столетии волчок привлек внимание ученых, так как он на опытах позволял проверять законы вращения, чрезвычайно важные для науки и техники.

Ведь и Земля — это огромный волчок, который непрерывно вращается вокруг оси. Множество механизмов — часы, станки, любая машина — не могли бы работать без вращающихся шестерен и колес.

Основные законы вращения изучил еще Эйлер. Его теория движения твердого тела объяснила некоторые особенности в движении Земли и Луны. После Эйлера законы вращения исследовали французские ученые Лаплас и Лагранж, знаменитые русские математики С. В. Ковалевская и А. М. Ляпунов, «отец русской авиации» Н. Е. Жуковский, великий кораблестроитель А. Н. Крылов и другие крупнейшие ученые.

Но какое отношение имеет волчок к компасу?

Когда быстро вращается игрушечный волчок, его ось стоит вертикально. Попробуйте отклонить ее, и вы сразу почувствуете сопротивление, тем более упорное, чем тяжелее волчок и чем быстрее он вращается. Вот это удивительное свойство волчка —

сохранять при быстром вращении начальное положение своей оси — и позволило создать компас нового типа.

В 1852 году выдающийся французский физик Л. Фуко продемонстрировал придуманный им прибор — гироскоп. В этом приборе волчок, подвешенный на двух кольцах, взаимно перпендикулярных, мог свободно поворачиваться вправо или влево, вверх или вниз. Ось такого волчка при быстром вращении также неизменно сохраняет свое начальное положение.

Земля непрерывно вращается, а вместе с нею и гироскоп, но ось волчка не изменит своего направления в мировом пространстве. Вращения Земли мы не замечаем, поэтому нам должно казаться, что перемещается ось волчка.

И действительно, хотя опыт Фуко продолжался только десять минут, можно было уловить отклонение оси волчка и, так сказать, воочию наблюдать вращение Земли. Но другую задачу ставил перед собой ученый: он стремился создать компас, более совершенный, чем магнитный. И Фуко доказал, что таким компасом мог бы служить простой гироскоп (рис. 8).

Как видите, концы массивного волчка опираются на полукольцо, которое легко повернуть на его ножке в подставке. Таким образом этот волчок может не только вращаться вокруг горизонтальной оси, но, кроме того, вместе с кольцом поворачиваться и вокруг вертикальной оси.

Если такой волчок быстро вращается и его ось сохраняет горизонтальное положение, то она через некоторое время установится в определенном направлении. По законам механики самое вращение Земли заставляет ось волчка располагаться параллельно земной оси, т. е. вдоль географического меридиана. Следовательно, ось волчка гироскопа будет указывать север и юг точнее, чем стрелка магнитного компаса, которая, как мы уже знаем, отклоняется от линии север — юг.

Однако такой гироскопический компас был бы непригоден на корабле, так как при качке ось волчка не могла бы сохранять горизонтальное положение.

Когда Фуко проводил свои опыты, еще не было такого электродвигателя, который мог бы заставить волчок вращаться быстро, непрерывно и как угодно долго. Не было и шарикоподшипников, которые уменьшают трение и обеспечивают надежную работу волчка при быстром вращении. Следует учесть и еще одно очень важное обстоятельство.

В магнитном компасе направление стрелок зависит от дей-

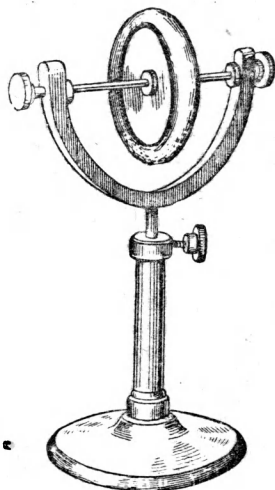


Рис. 8. Гироскоп.

ствия земного магнетизма. В гироскопическом компасе волчок подчиняется не магнетизму Земли, а ее вращению — именно оно направляет ось волчка в плоскость географического меридиана. Но эта направляющая сила ничтожно мала, потому что наша планета вращается очень медленно, делая всего лишь один оборот в сутки.

Волчок гироскопа должен очень чутко воспринимать неуловимо-медленное вращение Земли. К тому же волчку приходится преодолевать тяжесть кольца и трение его ножки в подставке. Но разве можно создать гироскоп с невесомым кольцом и без трения?

Только высокая техника приборостроения, достигнутая в начале нашего века, позволила победить эти трудности и построить гирокомпас. Конструкция его очень сложна, поэтому остановимся лишь на важнейших особенностях одного из видов этого точного прибора.

Главная часть гирокомпаса — чувствительный элемент: он должен «чувствовать» вращение Земли и направлять ось волчка в плоскость географического меридиана. Чувствительный элемент состоит из электродвигателя (ротора¹, находящегося внутри камеры) и вертикального кольца.

Роль волчка выполняет ротор электродвигателя, быстро вращающийся вокруг своей горизонтальной оси. Концы ротора опираются на шарикоподшипники в гнездах камеры с северной и южной ее сторон. С западной и восточной сторон камера также на подшипниках подвешена к вертикальному кольцу, которое, в свою очередь, поддерживается на проволочном подвесе.

Подвес несет на себе всю тяжесть чувствительного элемента, т. е. делает его практически невесомым. Вместе с тем проволочный подвес позволяет вертикальному кольцу вместе с электродвигателем почти без трения поворачиваться к востоку или к западу, пока ось ротора не установится в направлении север — юг.

Однако при каждом повороте вертикального кольца в ту же сторону станет закручиваться и проволока подвеса, все больше задерживая поворот кольца, а значит и ротора. Выходит, что мы ничего не выиграли: раньше трение, а теперь кручение мешает ротору свободно поворачиваться вокруг вертикальной оси. Чтобы этого не было, придумана остроумная следящая система (рис. 9).

Основная часть системы — следящее кольцо, неразлучный спутник вертикального кольца. Куда бы ни повернулось вертикальное кольцо, тотчас через контакты втулки подвеса включается азимут-мотор². Мотор тотчас поворачивает в ту же сторону и

¹ Ротором называется вращающаяся часть электродвигателя.

² Электродвигатель называется азимут-мотором потому, что осуществляет движение в азимуте — восточном или западном направлении.

с такой же скоростью следящее кольцо, а оно словно следит за вертикальным кольцом и повторяет все его движения.

Если ротор и весь чувствительный элемент повернется, например, вправо, вслед за ним немедленно и тоже вправо повернется следящее кольцо. Таким образом предупреждается закручивание проволоки подвеса и обеспечивается свободный поворот ротора вокруг вертикальной оси.

К втулке подвеса сверху прикреплена катушка гирокомпас. Поэтому она также в точности повторяет повороты следящего кольца, а значит и ротора; когда его ось совпадает с плоскостью меридиана, нулевое деление катушки (знак «N») точно указывает направление к северу.

В отличие от магнитного гироскопический компас подчиняется законам механики. Это — прибор электромеханический. Он не только указывает курс корабля, но и приводит в действие еще другие приборы.

На рисунке вы видите зубчатый обод. Именно при его помощи азимут-мотор поворачивает следящее кольцо и вместе с ним катушку. Одновременно зубчатый обод передвигает валик так называемого передатчика, включая каждый раз на короткое время электрический ток. Эти «порции» тока по проводам идут к моторчику в котелке репитера, или компаса-повторителя. Моторчик автоматически поворачивает катушку репитера на такой угол, на какой передвинулось следящее кольцо и вместе с ним катушка гирокомпаса.

К одному гирокомпасу можно присоединить несколько репитеров и они будут копировать его показания на всех постах управления кораблем. Кроме репитеров, от гирокомпаса работают курсограф и авторулевой.

Курсограф непрерывно записывает на движущейся бумажной ленте все, даже незначительные отклонения корабля от курса, в том числе и рыскание. Курсограмма — своеобразный

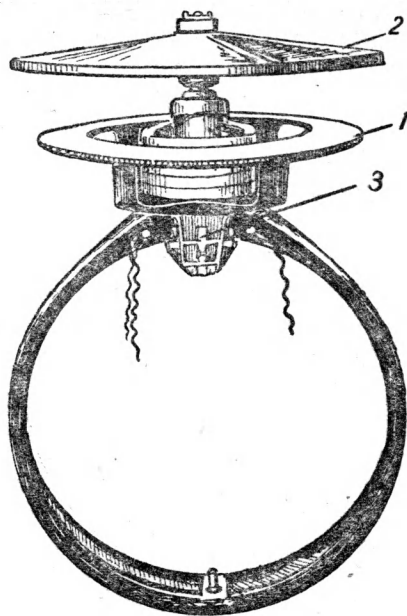


Рис. 9. Следящее кольцо с зубчатым ободом (1), катушкой (2) и втулкой проволочного подвеса (3).

«протокол» плавания — со стенографической точностью отмечает, когда были совершены повороты корабля и сколько времени он лежал на каждом курсе.

Авторулевой при отклонении корабля автоматически поворачивает штурвал и руль, возвращая судно на заданный курс. Автомат ведет корабль по курсу гораздо точнее, чем это может сделать самый опытный рулевой. Благодаря этому сокращается путь корабля и сберегается много времени и средств.

Как мы видели, гироскопический компас в сравнении с магнитным обладает очень ценными преимуществами. Но значит ли это, что магнитный компас, прослуживший века, уже можно сдать в архив? Нет, у каждого изобретения свои достоинства и недостатки.

Магнитный компас не может соперничать с гироскопическим по устойчивости и точности показаний. Зато он проще, работает самостоятельно, без вмешательства человека, если не считать устранения девиации.

Гирокомпас — дорогой, сложный и капризный прибор — требует для своей работы электрической энергии, нуждается в бережном уходе и высококвалифицированном обслуживании.

Если выйдет из строя судовая электростанция, питающая гирокомпас, корабль останется без «путеводителя». Вот почему ни одно судно, ни один самолет не отправляется в путь без магнитного компаса.

* * *

Велика историческая роль магнитного компаса: он помог открыть новые части света, неизмеримо расширить наши географические познания и возможности мореплавания. В сущности, компас породил самое учение о земном магнетизме, которое приобретает все большее практическое значение для геологии, физики, радиосвязи.

И в наше время магнитный компас необходим не только на морских кораблях и на самолетах, но также и на суше: топографам и картографам, геологам и географам, горным инженерам-маркшейдерам, строителям, артиллеристам.

Наконец, компас — постоянный спутник и верный путеводитель географа и краеведа, охотника-профессионала и экскурсанта-любителя. Этот небольшой прибор необходим всегда и везде, где нужно точно определять направление.



90 коп.

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Принимается подписка
на **БРОШЮРЫ-ЛЕКЦИИ** на 1957 год

ПЕРВАЯ СЕРИЯ — общественно-политическая — 40 брошюр-лекций по вопросам истории КПСС, истории СССР, всеобщей истории.

ВТОРАЯ СЕРИЯ — общественно-политическая — 40 брошюр-лекций по вопросам диалектического и исторического материализма, истории философии, государства и права, педагогики и научно-атеистических знаний.

ТРЕТЬЯ СЕРИЯ — в помощь экономическому образованию — 40 брошюр-лекций по вопросам политической экономии, конкретной экономики промышленности, сельского хозяйства.

ЧЕТВЕРТАЯ СЕРИЯ — научно-техническая — 40 брошюр-лекций по вопросам техники, организации производства, истории технических открытий, изобретений, о передовом производственном опыте, о наиболее выдающихся работах в области научно-технического прогресса в СССР и за рубежом.

ПЯТАЯ СЕРИЯ — сельскохозяйственная — 28 брошюр-лекций о достижениях сельскохозяйственной науки, по вопросам организации сельскохозяйственного производства, об опыте новаторов и передовиков сельского хозяйства.

ШЕСТАЯ СЕРИЯ — литература и искусство — 24 брошюры-лекции по советской и русской классической литературе, литературе народов СССР и зарубежной литературе, по искусству и отдельным вопросам литературоведения, языкознания и эстетики.

СЕДЬМАЯ СЕРИЯ — вопросы международной жизни — 24 брошюры-лекции о внешней политике СССР, стран народной демократии, о внешней политике и внутреннем положении капиталистических государств, о современных международных отношениях, борьбе за мир и безопасность, о рабочем, демократическом и национально-освободительном движении.

ВОСЬМАЯ СЕРИЯ — естественно-научная — 52 брошюры лекции по вопросам биологии, медицины, геологии, географии, химии, физики, математики и астрономии.

УСЛОВИЯ ПОДПИСКИ:

С Е Р И Я	Колич. лекций	Подписная цена		
		на год	на полгода	на квартал
Первая	40	24 р.	12 р.	6 р.
Вторая	40	24 р.	12 р.	6 р.
Третья	40	24 р.	12 р.	6 р.
Четвертая	40	24 р.	12 р.	6 р.
Пятая	28	14 р.	7 р.	3 р. 50 к.
Шестая	24	12 р.	6 р.	3 р.
Седьмая	24	12 р.	6 р.	3 р.
Восьмая	52	31 р. 20 к.	15 р. 60 к.	7 р. 80 к.
Всего:	288	165 р. 20 к.	82 р. 60 к.	41 р. 30 к.

ПОДПИСКА ПРИНИМАЕТСЯ городскими и районными отделами «Союзпечать», конторами, отделениями и агентствами связи, почтальонами, а также общественными уполномоченными по подписке на фабриках, заводах, в совхозах и колхозах, в учебных заведениях и учреждениях.

Издательство «ЗНАНИЕ»