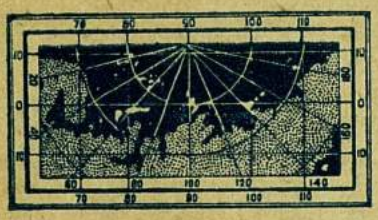
Проверено 1950

ГИДРОГРАФИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЛАВСЕВМОРПУТИ ПРИ СНК СССР

СЕВЕРНЫЙ МОРСКОЙ ПУТЬ

СБОРНИК СТАТЕЙ ПО ГИДРОГРАФИИ И МОРЕПЛАВАНИЮ



VI

ЛЕНИНГРАД • ИЗДАТЕЛЬСТВО ГЛАВСЕВМОРПУТИ • 1937

Lp-100

5-19
4-6

ГИДРОГРАФИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЛАВСЕВМОРПУТИ ПРИ СНК СССР

35-19
104-6

СЕВЕРНЫЙ МОРСКОЙ ПУТЬ

СБОРНИК СТАТЕЙ
ПО ГИДРОГРАФИИ И МОРЕПЛАВАНИЮ

VI

Гос. Публичная Б-ка

ЛЕНИНГРАД • ИЗДАТЕЛЬСТВО ГЛАВСЕВМОРПУТИ • 1937

Ответственный редактор *П. В. Орловский*

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

Стр.

А. М. Носков. О совокупном определении времени и широты места по азимутам звезд 5

П. Е. Федулов. Определение элементов земного магнетизма на дрейфующих льдах 7

С. Н. Кравков. Определение секстаном азимута земного предмета . . . 11

Н. Н. Сысоев. Комбинированный метод съемки береговой черты и промера прибрежной полосы 21

Е. С. Гернет. Из опыта установки компасов на шхуне „Полярная Звезда" в бухте Тикси в 1935 году 24

Н. Н. Сысоев. Об измерении поверхностных течений в море 30

Н. Н. Сысоев. Некоторые вопросы применения вертушки системы Экмана-Мерца 34

С. Ф. Рюмин. О сравнительной оценке измеренных глубин судового промера 42

И. А. Киреев. Счисление при гидрографических работах в Арктике . . . 53

В. Н. Янкович. К вопросу о течениях в море Лаптевых 81

Ю. Д. Чирихин. К вопросу о судоходных горизонтах р. Лены 85

Д. Б. Карелин. Изохроны замерзания и вскрытия прибрежной зоны полярных морей Союза в зиму 1934/35 года 88

В. И. Арнольд-Алябьев. О применении водобоя (гидромонитора) в борьбе со льдом 98

Заметки

А. З. Полюшкин. Гидрографические суда Советской Арктики 110

А. З. Полюшкин. Спуск судов типа „Смольный" 114

CONTENTS

Section of science

A. Noscov. The cumulative determination of the time and latitude by Star azimuth 5
P. Fedoolov. Determination of elements of terrestrial-magnetism on the drifting ice 7
S. Kravkov. Determination of the earth object's azimuth by sextant 11
N. Sisoev. The combined method of Survey of the shore-line and soundings of the sea 21
E. Gernett. The compass mounting on the Schooner „Polar Star" in the bay of Tiksi in 1935 24
N. Sisoev. On the measurement of surface currents of the Sea 30
N. Sisoev. Some questions of applying Eckmann-Merz's whirligig for the measurements of currents 34
S. Riumin. On the comparative value of Sea-depths measured by ship-soundings 42
I. Kireyev. Dead reckoning in survey-work in Arctic regions 53
V. Junkovitch. On the question to the currents in the Laptev-Sea 81
I. Chirikhin. Lena river and its navigable horizon 85
D. Karelin. Freezing and opening isochroms of the coast region in the polar Seas of the USSR in the winter 1934/35 88
V. Arnold-Alabiev. Ice destruction by the water stream of high pressure („Hydromonitor") 98

Notices

A. Poljushkin. The hydrographic Ships of Sowiet Arctic 110
A. Poljushkin. Launching of Ships type „Smolny" 114

НАУЧНЫЙ ОТДЕЛ

А. М. НОСКОВ

О СОВОКУПНОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВРЕМЕНИ И ШИРОТЫ МЕСТА ПО АЗИМУТАМ ЗВЕЗД

Методы астрономических определений, основанные на измерениях абсолютных зенитных расстояний или азимутов звезд, строго говоря, нельзя считать пригодными для работ на пунктах 1-го и даже 2-го класса. Однако при экспедиционных определениях, особенно в условиях Арктики, нельзя ими пренебрегать. Каждый новый способ наблюдений, увеличивая число объектов, пригодных для наблюдения, дает лишнюю гарантию в возможности определения пункта.

Наиболее ценными в этом смысле являются способы быстрого определения координат (способы совокупные).

Один из таких способов, разработанный нами, предлагается ниже.

Идея способа чрезвычайно проста.

Допустим, что в моменты $\tau_1, \tau_2, \ldots \tau_i \ldots \tau_n$ мы отметили прохождения через среднюю вертикальную нить инструмента n звезд, находящихся на приблизительно одинаковых зенитных расстояниях $z_i = z$, отсчитав при этом горизонтальный круг. Будем считать, что все звезды наблюдены при одном и том же положении инструмента R или L, но в различных азимутах.

В силу инструментальных погрешностей отсчет горизонтального круга, соответствующий наблюдению $i-1$ звезды, a_{i-1} не будет тождественен с истинным ее азимутом A_{i-1}, а выразится формулой:

$$a_{i-1} = A_{i-1} - c \operatorname{cosec} z - (i_{i-1} + \rho) \operatorname{ctg} z - \Delta_{i-1} \qquad (1)$$

где c — коллимация; i_{i-1} — наклонность горизонтальной оси, ρ — неравенство цапф и Δ_{i-1} — совокупность погрешностей, связанных с отсчетами лимба. Для второй звезды мы можем написать аналогичное выражение:

$$a_i = A_i - c \operatorname{cosec} z - (i_i + \rho) \operatorname{ctg} z - \Delta_i. \qquad (2)$$

Вычитая из равенства (2) равенство (1), получим:

$$a_i - a_{i-1} = A_i - A_{i-1} - (i_i - i_{i-1}) \operatorname{ctg} z - (\Delta_i - \Delta_{i-1}). \qquad (3)$$

Из этого выражения видно, что разность наблюденных азимутов свободна от влияния коллимации, неравенства цапф и места меридиана на горизонтальном круге (в разности $\Delta_i - \Delta_{i-1}$ оно исключается).

Качество современных инструментов таково, что величину $a_i - a_{i-1}$ после того, как будут исправлены наблюдения за *Run* микроскопов, можно считать практически свободной от систематических инструментальных ошибок.

Положим теперь, что нам известны приближенные широта места φ_0 и поправка хронометра u_0 относительно местного звездного времени. Если теперь, пользуясь этими φ_0 и u_0 и моментами τ_{i-1}, мы вычислим разность азимутов двух последовательно наблюденных звезд $A_i - A_{i-1}$, то получим:

$$A_i - A_{i-1} = \Delta_i - \Delta_{i-1} - (i_i - i_{i-1}) \operatorname{ctg} z - \left(\frac{\partial a_i}{\partial t} - \frac{\partial a_{i-1}}{\partial t}\right) \Delta u -$$

$$- \left(\frac{\partial a_i}{\partial \varphi} - \frac{\partial a_{i-1}}{\partial \varphi}\right) \Delta \varphi. \qquad (4)$$

В формуле (4) $\frac{\partial a}{\partial t}$, $\frac{\partial a}{\partial \varphi}$ — суть приближенные значения производных от азимута по времени и широте, Δu и $\Delta \varphi$ — поправки приближенных значений u_0 и φ_0.

Вычтем из выражения (4) выражение (3). Тогда будем иметь (пренебрегая членом $\Delta_i - \Delta_{i-1}$):

$$(A_i - A_{i-1}) - (a_i - a_{i-1}) = \left(\frac{\partial a_{i-1}}{\partial t} - \frac{\partial a_i}{\partial t}\right) \Delta u + \left(\frac{\partial a_{i-1}}{\partial \varphi} - \frac{\partial a_i}{\partial \varphi}\right) \Delta \varphi \qquad (5)$$

или вводя обозначения:

$$\left.\begin{aligned} A_i - A_{i-1} &= D_{i-1} \\ a_i - a_{i-1} &= d_{i-1} \\ \frac{\partial a_{i-1}}{\partial t} - \frac{\partial a_i}{\partial t} &= M_{i-1} \\ \frac{\partial a_{i-1}}{\partial \varphi} - \frac{\partial a_i}{\partial \varphi} &= N_{i-1} \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

получаем:

$$D_{i-1} - d_{i-1} = M_{i-1} \Delta u + N_{i-1} \Delta \varphi. \qquad (7)$$

Пронаблюдав n звезд, мы получим $n-1$ уравнений (7), решение которых по способу наименьших квадратов относительно Δu и $\Delta \varphi$ не представляет затруднений. Минимальное число звезд для определения пункта — три. Наивыгоднейшим является равномерное расположение звезд по азимутам.

П. Е. ФЕДУЛОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗЕМНОГО МАГНЕТИЗМА НА ДРЕЙФУЮЩИХ ЛЬДАХ

В связи с большим значением магнитной съемки в Арктике желательно дать небольшой обзор прежних работ на дрейфующих льдах с тем, чтобы обратить внимание на необходимость использовать имеющийся в этом направлении опыт, расширить его применение и улучшить методику. Вместе с тем автор хотел бы поставить на обсуждение вопрос о наиболее пригодных приборах.

Работы на дрейфующих льдах производились первый раз в экспедиции Нансена на „Фраме“ в 1893—1896 гг. (1), затем во время экспедиции „Мод“ у северо-востока Сибири в 1918—1925 гг. (2), наконец, за последние годы во время экспедиции „Седова“ в 1934 г. (3) и „Малыгина“ в 1935 г. автором (4); Бидлингмайером во время южной полярной Германской экспедиции в 1900—1901 гг. на судне „Гаусс“ и И. Д. Жонголовичем на „Садко“ в 1935 г. (6). Остановимся несколько подробнее в отдельности на каждой из этих работ.

По вмерзании „Фрама“ в ледяное поле, вместе с которым корабль дрейфовал к западу с 7 октября 1893 г., Скотт-Гансен, ведший наблюдения по земному магнетизму, установил магнитный теодолит в стороне от судна, в отдельно поставленной палатке. Достаточно далеко от магнитного прибора был установлен астрономический теодолит, объектив которого сначала служил мирой во время магнитных наблюдений, а впоследствии, по установке ледяной обсерватории, мирой был взят столб, на котором был установлен этот же теодолит (астрономический).

В те дни, когда позволяла погода, производились астрономические наблюдения и определялся азимут магнитного прибора. В остальные дни велись определения элементов земного магнетизма. Как обычно, перед наблюдением и после него производились наводки на миру и почти всегда, если не было во время наблюдения подвижек льда, обе наводки сходились в пределах 1′.0.

При таких малых изменениях азимута миры (а он оставался постоянным довольно долго—до месяца), естественно, и не было причин беспокойства за качество наблюдений наклонения и горизонтальной составляющей. На точность их определения гораздо меньше, чем на склонение, влияет небольшой поворот по отношению к меридиану. Всего до июля 1896 г. было сделано около 194 наблюдений. Приборы, имевшиеся в распоряжении экспедиции, при таком медленном дрейфе,

конечно, вполне удовлетворяли требованиям, предъявляемым к ним, так как не было необходимости быстрой переброски их в трудной ледовой обстановке или же очень быстрого проведения работы.

Во время подготовки экспедиции на „Мод“ заранее обсуждались требования, предъявляемые к магнитным приборам в полярной экспедиции, однако из опубликованной статьи не видно, чтобы у руководителей — Амундсена и Свердрупа — возникал вопрос о рассмотрении условий работы на подвижных льдах и связанных с этим изменений в приборах. Учитывались лишь условия работы при низких температурах, необходимость частого переноса инструментов, и соответственно этому в приборы (обычного типа, Института Карнеджи) были введены некоторые улучшения. Упомянем вкратце о них, так как это полезно делать и в наших экспедициях. Для удобства быстрой установки прибора сделали специальный ящик, где он помещался в собранном виде; все головки винтов, которых необходимо касаться руками, были покрыты целлулоидными покрышками; оправы оптической части прибора рассчитаны так, чтобы все стекла, лежащие между глазом наблюдателя и шкалой, градуировкой и наблюдаемым предметом, было легко очищать от снега и конденсирующихся паров; устроен удобный арретир и т. д.

Даже при поверхностном взгляде на приборы, взятые в экспедицию „Мод“, бросается в глаза их сложность и неудобство раздельности астрономической и магнитной частей. Это служит еще лишним подтверждением того, что в экспедиции не учитывали необходимости работы, резко отличной по своей обстановке от той, что производится на твердой земле. Действительно, все магнитные наблюдения на подвижном льду производились зимой и весной, т. е. тогда, когда лед был прочен и покрывал большие пространства. Летний период для наблюдений на льду не использовался, хотя это и дало бы возможность составить в результате экспедиции гораздо более полные магнитные карты, чем те, которые были этой экспедицией составлены.

Наблюдения производились несколько отлично от того, как это было на „Фраме“. Магнитный и астрономический теодолиты устанавливались, также как и там, в стороне от судна. Однако магнитные и астрономические наблюдения делались всегда одновременно двумя наблюдателями. Это было вызвано значительно бо́льшим дрейфом полей, чем наблюдал Нансен, что и понятно, так как „Мод“ дрейфовала значительно южнее „Фрама“, вероятно, не в многолетних паковых льдах. Свердруп отмечает размеры углового поворота до 0,5 за получасовой промежуток, а к лету считает возможным и больше, хотя и не видно, чтобы наблюдения производились в таких случаях. Эти повороты легко учитывались при принятом способе

наблюдения, как в определениях склонения, так и наклонения и горизонтальной составляющей. Во время экспедиции, каждой весной, когда начиналось таяние льда, наблюдения все более затруднялись, главным образом, из-за трудностей подбора места для системы двух теодолитов и, наконец, совсем прекращались до следующей зимы.

В 1934 г. во время экспедиции „Седова" в северо-восточной части Карского моря автором несколько раз были сделаны опыты наблюдений на отдельных льдинах в районе битого льда. Бóльшая часть их была сделана в 9-балльном льду, но два раза автору удалось произвести работу при 5 баллах, причем один раз при очень свежем ветре; так как „Седов" работал внутри кромки льда, то зыбь не мешала наблюдениям. Однако учитывать поворот льда так, как это делалось в экспедициях на „Фраме" и „Мод", автору было невозможно. Во-первых, льдины, на которых велась работа, были малы (до $1-1^1/_2$ миль в поперечнике), они раскалывались и, следовательно, нельзя было быть уверенным в сохранении обоими теодолитами своего положения относительно друг друга; во-вторых, находившийся в распоряжении экспедиции астрономический теодолит имел малую светосилу, из-за чего можно было упустить ряд (и без того редких) случаев, удобных для наблюдения. Поэтому пришлось отказаться от применения двух приборов одновременно, остановившись на схеме, построенной на быстром чередовании групп астрономических и магнитных наблюдений, а отсюда учета дрейфа по изменению астрономического меридиана прибора. Это возможно при условии, если промежутки между астрономическими наблюдениями малы. Детали работы изложены в статье „Магнитные наблюдения в экспедиции „Седова" в 1934 г.", в отчете об этой экспедиции (3). Там же приведена табличка, характеризующая дрейф в отдельных случаях. Так, в спокойной обстановке дрейф за 6 минут давал от 5 до 3 угловых минут, в наиболее же трудных условиях от 19′ до 20′ за шестиминутный перерыв. Изменения дрейфа от промежутка к промежутку во всех случаях были так малы и равномерны, что их было легко учесть. Точность наблюдений, сделанных на плавающем льду, была не менее ±3′. Поправки в наблюдения горизонтальной составляющей и наклонения, само собой разумеется, было вводить легко на основании астрономических наблюдений.

В 1935 г. на „Малыгине" магнитные работы на льду получили дальнейшее развитие: производились наблюдения на небольших ледяных полях (до льдин диаметром в 50 шагов), при выходе на чистую воду близ кромки льда, причем промежутки между астрономическими наблюдениями были значительно уменьшены. В связи с применением графической обработки таких наблюдений и применением двойного

компаса для определения горизонтальной составляющей были получены более полные данные. При этом выяснилось, что вполне возможно произвести достаточно точные наблюдения даже на льдинах, подверженных большому угловому повороту (до 2′ в 1 сек. времени), если производить наблюдения достаточно тщательно при хорошей погоде. Значение же горизонтальной составляющей, получаемое двойным компасом, описанным у Бидлингмайера (5) и у автора (4), совершенно не должно искажаться никаким поворотом льда. Если к двойному компасу применить метод Ламона для определения наклонения, то он обеспечит и этот последний элемент.

Бидлингмайер во время экспедиции на „Гауссе“ в Антарктике производил наблюдения на отдельных льдинах компасом с пеленгатором, следя за угловым дрейфом другим компасом. В 1935 г. И. Д. Жонголович на „Садко“ сделал ряд наблюдений на льду магнитометром Тиберг-Талена. К сожалению, описанием этих работ автор не располагает.

Итак, ясно по приведенному списку работ, что наблюдения на дрейфующем льду не только возможны, но и легко осуществимы, притом не только на больших, но и на малых полях. Необходимы лишь приборы, дающие возможность быстрой работы. Из имеющихся типов абсолютных приборов удобна малая модель Муро. Очень полезно и важно снабжение экспедиций для работы на льду малым одноминутным теодолитом для контроля углового поворота льда параллельно с магнитными наблюдениями (это лучше, чем дополнительный компас) и весами Шмидта H и Z или хотя бы магнитометрами Тиберг-Талена. Для определения горизонтальной составляющей лучше всего двойной компас Бидлингмайера. При дальнейшей разработке вопроса об использовании подвижных льдов для магнитной съемки в море следует ознакомиться еще с компас-вариометром Института Карнеджи, с успехом применявшимся на работах у Бермудских островов, а также с приспособлением двойного компаса для определения наклонения.

Судя по уже имеющемуся опыту, можно несомненно, при должном желании, добиться достаточно высококачественного материала для геомагнитной характеристики морей Арктики вдали от берегов, что исключительно трудно достижимо для южных морей.

Конечно, все приборы должны быть предварительно подготовлены к полярной работе. Может возникнуть вопрос о возможности проведения такой работы без излишней перегрузки экспедиций. Однако, во-первых, работа, проводимая в целях обеспечения безопасности мореплавания, не может и не должна считаться излишней, и, во-вторых, суда в Арктике сплошь и рядом делают массу остановок во

льду. Поэтому 10—12 остановок, на час каждая, за 3 месяца экспедиции легко осуществимы, тем более что результаты каждого из этих определений немедленно используются этим же кораблем. Поставив же перед собою задачу тщательного всестороннего изучения Северного морского пути, следует связанные с этим работы выполнять настолько хорошо, чтобы дополнительных и повторных наблюдений впоследствии не потребовалось бы и в результате был бы дан ответ на ряд запросов практики. Наблюдения на дрейфующих льдах по земному магнетизму являются одной из таких работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Steen Aksel S. Terrestrial Magnetism. Scientific Results of Norwegian Polar Expedition 1893—1896. Christiania, № VII.
2. Sverdrup H. H. Magnetic, Atm. electr. and Auraral results. „Maud"-expedition 1918—1925. Washington. 1927. Res. of the Dep. of Terrestr. Magn.
3. Федулов П. Е. Магнитные наблюдения в экспедиции „Седова" в 1934 г. (Фонды Гидрографического управления Главсевморпути.)
4. Федулов П. Е., Работы по земному магнетизму в экспедиции „Малыгина" в 1935 г. (Фонды Гидрографического управления Главсевморпути.)
5. Bidlingmaier F. Deutsche Südpolarexpedition. V. Erdmagnetismus, I, Berlin, 1906.
6. Жонголович И. Д. Труды экспедиции на „Садко" в 1935 г. (Фонды Арктического института.)

С. Н. КРАВКОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕКСТАНОМ АЗИМУТА ЗЕМНОГО ПРЕДМЕТА

При первоначальных обследованиях новых районов Арктики обычно применяются разные навигационные методы определения своего места, не исключая и счисления. Вызывается это тем, что при этих обследованиях задачей является не получение точного картографического материала, а возможно быстрое (и лишь по возможности точное) получение основных данных о новом районе — очертания берегов, обзора глубин, дающего понятие о проходимости района для судов, сведений о возможности отстоя, укрытия от напора льда и т. д.

Когда в таком районе начинается настоящее гидрографическое исследование, целью которого является получение картографического материала, все ранее произведенные обследования приходится обычно выбрасывать, повторяя иногда проделанные уже работы, как проделанные без достаточной точности.

Чтобы по возможности уменьшить количество материала, который не может быть использован картографией, следует и при обследованиях, предшествующих настоящему гидрографическому исследованию, вести работу с наибольшей возможной точностью. Сводится это к уточнению прокладки обследующего судна.

Навигационные приемы обсервации основаны обычно на наблюдениях, произведенных компасом. Наиболее обычный прием обсервации — это по двум пеленгам двух опорных предметов; если в наличии имеются три опорных предмета, берется пеленг и третьего предмета, но лишь в случае получения большого ложного треугольника от пеленгов переходят к углам между предметами, и то переход этот делается сличением тех же пеленгов.

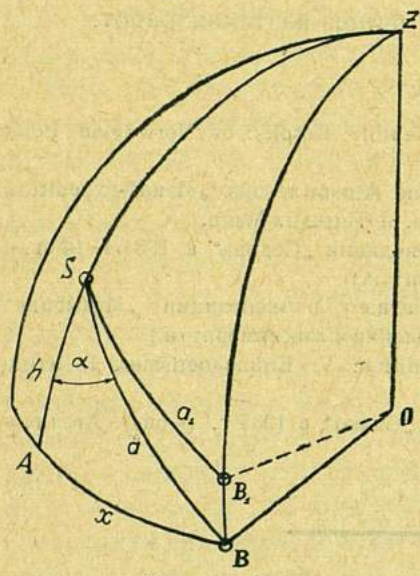


Рис. 1.

Между тем в Арктике, вследствие вялости картушки, не приходящей точно на меридиан благодаря слабости направляющей силы, показания компаса едва удовлетворяют навигационным целям, и базироваться на них при составлении карты совершенно недопустимо. При наличии трех предметов, служащих опорой для обсервации, выходом является определение углов между ними непосредственно секстаном, а не сличением пеленгов, как это принято в навигации. При наличии же только двух опорных предметов можно рекомендовать прием, описание и разбор которого и являются темой настоящей статьи.

Вопрос о способе, могущем заменить прием определения места по двум пеленгам, возник вследствие накопления большого количества материала, не могущего быть использованным для дальнейших картографических целей. Способ, конечно, должен исключать использование компаса и основываться на астрономической базе.

В Карском море при промерной погоде, т. е. ветре не свыше 5 баллов, солнце бывает видно не так уже редко; если небо не совершенно ясно, то солнце просвечивает сквозь облака или появляется между ними. При наличии же солнца азимуты опорных предметов возможно определить астрономически секстаном.

Идея определения азимутов опорных предметов с судна астрономически при помощи секстана заключается в том, что мы измеряем угол между ближайшим краем солнца и основанием одного из опор-

ных предметов, заметив момент по хронометру; одновременно измеряем горизонтальный угол между обоими опорными предметами; по счислимым координатам судна вычисляем азимут солнца и передаем его на опорные предметы.

Передача азимута светила на первый предмет производится следующим образом:

плоскость BAO — плоскость истинного горизонта,
S — светило,
B — предмет, расположенный на плоскости истинного горизонта,
ZSA — вертикал светила,
ZB_1B — вертикал земного предмета, азимут которого мы определяем,
$SA = h$ — высота светила,
$SB = a$ — угол между светилом и предметом.

В сферическом, прямоугольном треугольнике SAB нам известны: a, измеренное секстаном, и h, которое можно либо измерить непосредственно при измерении a, либо вычислить по замеченному моменту и счислимым координатам.

Из него мы имеем, что

$$\cos x = \cos a \sec h, \tag{1}$$

где $x = AB$ — разность азимутов солнца и земного предмета.

Вычислив азимут светила, придаем к нему x и получаем азимут первого предмета с судна. Азимут второго предмета найдется придачей угла, полученного между предметами. Счислимая долгота судна и долгота предмета дают возможность перевести обратный азимут с судна на прямой с предмета, помощью формул Живри или упрощенных геодезических формул Шрейбера для конических проекций.

Такого рода обсервация производится без помощи компаса и имеет определенные пределы точности, указывающие на возможность ее использования.

Так как мы здесь измеряем угол между краем солнца и основанием предмета, то к исправленному отсчету прибавляем полудиаметр солнца, ибо центр его всегда будет на дуге большого круга, проведенной через предмет и точку касания на краю солнца.

Если основание предмета не на горизонте, то вводим соответствующую поправку в x, о которой будет сказано ниже.

При производстве анализа предлагаемого способа необходимо иметь в виду, что он состоит из двух самостоятельных частей: получение начального азимута светила и передача его на земной предмет.

Получение верного азимута светила связано исключительно со счислимыми координатами судна, и поэтому азимут может быть получен всегда верный, так как можно всегда перерешить задачу в любом

приближении. Весь вопрос состоит в том, чтобы узнать, насколько счислимое место судна может отличаться от обсервованного, чтобы точность графических построений была полностью удовлетворена. Разберем отдельно допустимую разность счислимых и верных широты и долготы.

1) Для широты имеем формулу из астрономии:

$$d\varphi = dA \operatorname{cosec} A \operatorname{ctg} h, \tag{2}$$

связывающую ошибку в широте ($d\varphi$) с ошибкой в азимуте dA, где A — азимут, h — высота светила. Для того чтобы получить наименьшее значение $d\varphi$, задаемся наименьшими значениями $\operatorname{cosec} A = 1$ (когда светило на первом вертикале) и $\operatorname{ctg} h$ при наибольшей рабочей высоте 65°, больше которой, как будет разобрано дальше, задача становится неудобной во всех отношениях. $\operatorname{Ctg} 65° = 0.47$. Подставляя эти величины и считая графическую точность построения, т. е. dA, за $7'$, получим:

$$d\varphi \geqslant 3'.3,$$

т. е. при знании широты в пределах $3'$—$4'$ — перерешать задачу не нужно.

2) Для долготы имеем из астрономии формулу, связывающую изменение часового угла с изменением азимута

$$dt = dA \frac{\cos h}{\cos q \cos \delta}, \tag{3}$$

где q есть параллактический угол, а остальные обозначения уже известны. Представим эту формулу в более удобном виде:

$$dt = dA \cos h \sec \delta \sec q.$$

Чтобы иметь наименьшее значение $dt = dl$, задаемся наибольшим значением $h = 65°$. $\cos 65° = 0{,}42$. В остальном наименьшие значения секансов будут равны 1 (когда светило на экваторе и параллактический угол равен 0, т. е. светило кульминирует). Имея $dA = 7'$, получаем:

$$dt \geqslant 2'.9,$$

т. е. знание долготы до $3' = 12^s$ нас удовлетворит во всех случаях рабочих высот, не превышающих 65°. На местности для Карского моря, беря его основную широту 78°, эти $3'$ представятся в виде 0,6 мили. На деле в этой широте высота светила всегда будет очень близкой к склонению, почему произведение $\cos h \sec \delta$ будет близко к 1 и на меридиане, при $q = 0$ формула примет вид:

$$dt = dA = 7',$$

что на местности дает 1,4 мили.

Исходя из вышеизложенного, можно считать, что неверность счислимого места до $1^1/_2$—2 миль не даст заметной ошибки в азимуте светила при решении этой задачи.

Передача азимута от светила на земной предмет содержит в себе ошибки наблюдений и определенных допущений, которыми пользуются во время работ. Из ошибок наблюдений, влияющих на точность получаемой разности азимутов между светилом и земным предметом, мы имеем: 1) ошибки высоты, 2) ошибку угла между светилом и земным предметом и 3) ошибку высоты предмета над истинным горизонтом.

3) Дифференцируя основную формулу (1) по x и h, мы получаем степень точности высоты, которая удовлетворяет графическому построению азимута. Формула

$$\cos x = \cos a \sec h$$

дает:

$$\sin x\, dx = \cos a \operatorname{tg} h \sec h\, dh$$

или

$$dh = -\, dx \sin x \frac{\operatorname{ctg} h}{\cos a \sec h},$$

где знаменатель $\cos a \sec h = \cos x$, почему, заменяя, получаем:

$$dh = -\, dx \operatorname{tg} x \operatorname{ctg} h. \qquad (4)$$

Эта формула указывает, что при малых высотах светила большая ошибка в высоте не скажется заметно на вычисленном x.

В остальном формула показывает, что разность азимутов между светилом и земным предметом может быть тем меньше, чем меньше высота. Выведем практическую зависимость между x и h, чтобы остановиться на предельной высоте. Формула (4) дает:

$$\frac{dh}{dx} = -\operatorname{tg} x \operatorname{ctg} h$$

или

$$\frac{dh}{dx} \operatorname{tg} h = -\operatorname{tg} x.$$

В левой части равенства dh есть точность измерения секстаном, а dx — предельная точность графического построения азимута, которыми мы можем задаться и вывести отсюда предел соотношения x к h, изменив последнее равенство в следующее неравенство

$$\frac{dh}{dx} \operatorname{tg} h \leqslant \operatorname{tg} x.$$

Считая точность измерения секстаном (без увеличения) за 2′ и точность графического построения азимута за 7′, получаем

$$\frac{dh}{dx} = 0.29.$$

Подставляя далее в последнюю формулу тангенсы разных высот, получим, что при $h = 20°$ минимальная допустимая разность азимутов между светилом и земным предметом может быть 6°. Для 60° получаем $x = 27°$, для $80° - x = 59°$. Из этого видно, что при больших высотах светила требуется, для получения разности азимутов с достаточной точностью, чтобы и разность эта была достаточно велика, тогда как при малых высотах и она может быть небольшая. Чтобы в процессе работ не задерживаться разрешением вопроса о возможности использовать данное расположение светила и опорного предмета, мы и указываем, что предельная рабочая высота является 65°, при которой разность азимутов должна быть около 30° (или больше), что обычно бывает в отношении хотя бы одного опорного предмета.

Принимая выведенный нами максимум высоты и минимум разности азимутов за обязательные при работах данным способом, мы должны притти к заключению, что знание нами высоты светила с точностью до 2′ является достаточным, ибо исходя из этой точности мы и вывели указанные пределы.

Рассмотрим теперь вопрос о необходимости приведения высоты, наблюденной непосредственно перед измерением угла между светилом и предметом, к моменту этого измерения, что может быть выполнено по табл. 25 Мореходных таблиц 1933 года. Исходить мы будем, понятно, из выведенного нами положения, что точность знания высоты до 2′ является достаточной.

Из таблицы видно, что изменение высоты увеличивается с уменьшением широты и увеличением азимута, почему рассмотрим случай для южных параллелей Карского моря (т. е. около 66°) и когда светило на первом вертикале, при котором изменение высоты в 1 минуту времени около 6′. Это изменение высоты показывает, что если измерение высоты и угла может быть произведено наблюдателем в течение 20^s времени, то приведения высоты к моменту измерения угла не требуется. Возможность этого зависит, конечно, от опытности наблюдателя.

Малоопытным лицам рекомендуется замечать моменты при обоих измерениях и исправлять высоту за промежуток времени по упомянутой табл. 25 или же, не производя вовсе наблюдения высоты, вычислять последнюю по счислимым координатам и моменту при измерении угла.

Измеренную высоту светила необходимо привести к истинной, как обычно.

4) Чтобы знать степень точности измерения угла между светилом и земным предметом, необходимую для знания увеличения, которым

следует пользоваться, разберем основную формулу (1) по изменяемости x и a

$$-\sin x\, dx = -da \sin a \sec h.$$

Заменяя

$$\frac{\sin a}{\sin x} = \operatorname{cosec} \alpha$$

(из прямоугольного сферического треугольника), получаем

$$dx = da \operatorname{cosec} \alpha \sec h. \qquad (5)$$

Для требуемой точности $dx = 7'$, предельной высоты 65°, при предельном $\alpha = 34°25'$, рассчитанном по этой высоте, и по минимальному, ей соответствующему, x, получим:

$$da = dx \sin \alpha \cos h$$

или

$$da = 1'.7,$$

т. е. знание измеренного угла до 2′ всегда удовлетворит требуемой графической точности построения. Отсюда следует, что для этих работ не требуется сильного увеличения и можно их производить либо совсем без трубы, либо с трубой, в которую наблюдаются углы между земными предметами при производстве обыкновенных гидрографических работ.

5) Для введения поправок за видимую угловую высоту предмета над горизонтом из чертежа имеем:

B_1 — точка выше горизонта на $H = BB_1$,

$a_1 = SB_1$ — дуга, измеренная секстаном вместо a; из сферического треугольника ZSB_1, учитывая, что $ZB_1 = 90° - H$, а угол SZB измеряется дугой x, имеем:

$$\cos a_1 = \sin h \sin H + \cos h \cos H \cos x.$$

Дифференцируем эту формулу по a_1 и H

$$-\sin a_1 da_1 = \sin h \cos H\, dH - \cos h \sin H \cos x\, dH$$

или

$$da_1 = -dH(\sin h \cos H - \cos h \sin H \cos x) \operatorname{cosec} a_1.$$

Ограничиваясь для данной формулы наибольшей высотой предмета над горизонтом — до 2°.5, при которой $\sin H \leqslant 0.04$ и может быть принят равным нулю, а $\cos H \geqslant 0.999$ и может быть принят равным 1, получаем:

$$da_1 = -dH \sin h \operatorname{cosec} a_1.$$

В этой формуле dH по своему значению всегда отрицательно, так как может быть только одно возвышение, но не снижение, отчего формула примет вид:

$$da_1 = dH \sin h \operatorname{cosec} a_1.$$

Заменяя da_1 и dH через $(da_1)' \sin 1' = \Delta' \sin 1'$ и $H' \sin 1'$, окончательно получаем:

$$\Delta' = H' \sin h \operatorname{cosec} a', \qquad (6)$$

которой и пользуемся на практике. Величина Δ в минутах всегда прибавляется к a_1, чтобы получить a.

H в минутах получаем путем измерения тем же секстаном видимой высоты предмета, сразу после измерения угла. В полярных странах, где земная рефракция велика и переменна, следует исключительно пользоваться практическим измерением высоты предмета, а не номограммами.

Касаясь общей точности предлагаемого метода, можно указать на то, что даже применение секстана без увеличения дает результат, вполне удовлетворяющий любой графической точности, почему этот метод дает результаты не ниже определений по двум углам, требуя видимости только двух, а не трех предметов.

Практически работа производится следующим образом:

1. Если видимый горизонт под светилом не занят берегом, то для сокращения вычислений измеряем его высоту одним приемом с точностью до 1′ и замечаем момент по хронометру.

2. Если нет возможности измерить высоту светила, то не делаем этого, так как всегда имеется возможность ее вычисления попутно с вычислением азимута светила.

3. После измерения высоты светила измеряем угол между светилом и срединой оснований земного предмета; одновременно второй наблюдатель измеряет горизонтальный угол между двумя земными предметами; при наблюдении замечаем момент по хронометру.

4. Сразу после наблюдения углов одним из секстанов измеряем видимую высоту земного предмета.

Этим заканчивается работа по наблюдению.

При измерении угла мы приводим в соприкосновение ближайший край солнца с основанием предмета и прибавляем всегда 16′ для приведения измеренного угла к центру солнца. Если условия облачности не дают возможности в данный момент произвести измерение до ближайшего края солнца, то производим измерение для дальнейшего, но из произведенного отсчета вычитаем 16′.

Пример:

18 августа 1934 г. в счислимой $\varphi = 73°54'$ N и $\lambda = 82°52'$, с высоты глаза наблюдателя 6.1 м = 20 фут. отнаблюден угол между краем солнца и знаком Западнокаменный = 67°44′.7 и замечен момент по хро-

нометру $12^h05^m04^s.5$, поправка которого относительно среднего гринича времени — $02^m01^s.0$. Одновременно с этим углом измерен горизонтальный угол между знаками Западнокаменный и Расторгуев 95°47′.8 при *ci* этого секстана —0′.2. Перед наблюдением, в $12^h03^m42^s$ по тому же хронометру, измерена высота ⊙ = 14°39′.1. После наблюдения сразу измерена видимая высота знака Западнокаменный 0°36′.0. *ci* основного секстана + 1′.3.

А. Решение высоты

Отсчет	14°39′.1	Момент высоты	$12^h03^m42^s$
ci +	01 .3	„ наблюдений	12 05 04
d +	08 .1	Промежуток времени для табл. 25	+ 01 22
h′	14 48 .5		
табл. 25	— 05 .3		
h	14 43 .2		

Б. Решение угла

Отсчет	67°44′.7	Отсчет *H*	0°36′.0	
ci +	01 .3	*ci* +	01 .3	
полуд. +	16 .0	*H*	0 37 .3	lg 1.5717
a_1	68 02 .0			lg cosec 0.0327
Δ +	10 .2	*h*	14°43.′2	lg sin 9.4050
a	68 12 .2			lg Δ 1.0094

В. Решение разности азимутов

$$a = 68°12'.2 \quad \lg\cos\ 9.5697$$
$$h = 14\ 43\ .2 \quad \lg\sec\ 0.0145$$
$$x = 67\ 25\ .7 \quad \lg\cos\ 9.5842$$

Г. Решение азимута солнца

$$\operatorname{tg} A = \frac{\operatorname{ctg}\delta\ \sec\varphi\ \sin t}{1 - \operatorname{ctg}\delta\ \operatorname{tg}\varphi\ \cos t}$$

Момент по хронометру	$12^h05^m04^s.5$
поправка	— 0? 01 .0
Среднее гринич. время	12 03 03 .5
E	11 56 07 .5
Истинное гринич. время	23 59 11 .0
l	5 31 52 .0
Истинное местное время	5 31 03 .0

$\delta = 13°14'.5$	lg ctg	0.6284	lg ctg	0.6284
$\varphi = 73\ 54\ .0$	lg sec	0.5570	lg tg	0.5397
$t = 5^h31^m.03^s.0$	lg sin	9.9965	lg cos	9.1008
		1.1819		0.2689
		9.9333	арг.	0.2698
$A = 86°46'.2$	lg tg	1.2486	β	9.6644

Д. Решение азимутов знаков

$A\odot = 266°46'.2$
$x = 67\ 25\ .7$
$A_1 = 334\ 11\ .9$ Западнокаменный
угол $= 95\ 47\ .6$

$A_2 = 69\ 8\ .7$ Расторгуев

После этого полученные обратные азимуты геодезическим путем по разности долгот переводим в прямые и откладываем их от знаков, или для меркаторской проекции вводим поправки Живри по формуле:

$$c = \frac{S}{2} \sin A \operatorname{tg} \varphi_{ср},$$

где S — расстояние в морских милях, A — наблюденный азимут и $\varphi_{ср}$ — средняя широта.

Для данного примера имеем:

Знак Западнокаменный $\varphi = 73°0'6.2$ и расстояние около 13.2 мили до судна; среднее $\varphi = 1/2\ (74°06'.2 + 73°54'.0) = 74°00'.1$.

$S = 13\ .2$	lg	1.1206
$A = 334°11'.9$	lg sin	9.6387
$\varphi_{ср} = 74°00'\ .1$	lg tg	0.5425
2	lg	9.6990
$c = -10'.0$		1.0008

Следовательно, прокладываем азимут с Западнокаменного 154°01'.9.

Знак Расторгуев $\varphi = 74°00'.6$, и расстояние около 18.8 мили.

$S = 18.8$	lg	1.2752
$A = 69°58'.7$	lg sin	9.9729
$\varphi_{ср} = 73°57'.3$	lg tg	0.5413
2	lg	9.6990
$c = +\ 30'.7$		1.4874

Таким образом, прокладываем азимут с Расторгуева 250°29'4 и получаем точно место судна.

Н. Н. СЫСОЕВ

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД СЪЕМКИ БЕРЕГОВОЙ ЧЕРТЫ И ПРОМЕРА ПРИБРЕЖНОЙ ПОЛОСЫ

В практике гидрографических работ по съемке морских побережий могут встретиться случаи, когда на берегу из-за сложности его рельефа, наличия леса и других причин не может быть проложена магистраль или выполнена триангуляция. Для съемки в такого рода условиях рекомендован целый ряд приемов, описания которых имеются в руководствах по гидрографии, например в „Гидрографии" Г. С. Максимова и в „Гидрографических работах" П. В. Мессера. Изложенные в руководствах методы, однако, далеко не охватывают всех возможностей съемки и промера и допускают применение новых схем и методов работы.

В частности, вниманию гидрографов может быть предложена схема работ, осуществленная Методической партией Морского отдела Государственного гидрологического института во время работы в 1934 г. на Белом море.

По ходу работ над изучением волнения и течений, предпринятых Методической партией у мыса Турий на Белом море, было необходимо разбить на берегу опорную сеть и произвести в прибрежной части подробный промер. Участок, на котором должны были быть произведены съемка и промер, простирался на 0.5 км на E и 3.5 км на W от знака „Турий" (между тонями Малая Серка и Большая Серка).

Рекогносцировка в районе предполагаемых работ показала чрезвычайную сложность берегового рельефа, наличие на берегу большого числа осыпей, оврагов, крутых склонов, а также обилие леса. Рекогносцировкой же было установлено, что на обоих концах участка на осушках могут быть промерены базисы. Выявленный характер местности не допускал разбивки на берегу цепи треугольников или проложения магистрали[1] и заставил принять схему работ, предполагавшую разбивку между базисами цепи таких треугольников, одна из вершин которых получалась на воде. Эта схема предусматривала одновременное ведение съемки и промера.

Практически схема была осуществлена следующим образом. В начале участка на осушке был разбит и ориентирован базис, на концах

[1] Здесь с помощью дальномера могла быть разбита магистраль, но из-за недостаточной точности такого рода магистрали от нее пришлось отказаться.

которого во взаимно видимых пунктах *A* и *B* (см. рис. 1) и в некоторой точке *C*, видимой с пункта *B*, устанавливались теодолиты, а в море высылался карбас, оборудованный для производства промера. С карбаса, шедшего галсами по заранее выставленным на берегу створам, производился промер; места глубин фиксировались засечками трех ориентированных теодолитов.[1] Перед началом галса, идущего по створу, расположенному между точками *B* и *C*, теодолит из точки *A* переносился в новый пункт *D*, и промер продолжался. Следующим переносился теодолит из пункта *B* в пункт *E* и т. д. В конце участка, как и в начале его, для увязки съемки был измерен базис.

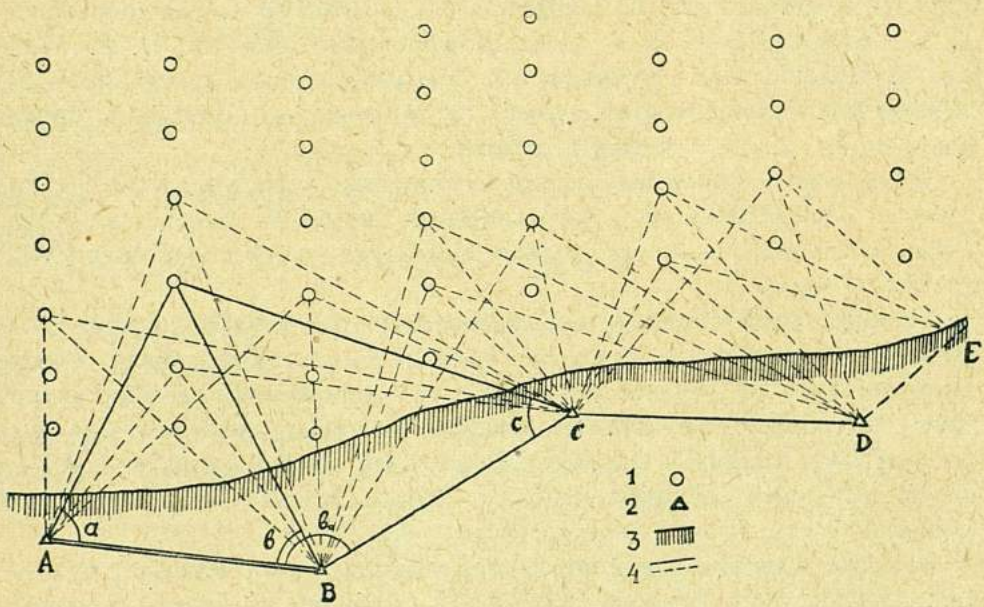


Рис. 1. Схема комбинированного метода съемки и промера.
1—точки промера; *2*—место стоянок теодолитов; *3*—береговая черта; *4*—стороны треугольников, образуемых при каждой точке промера.

Приводим некоторые детали выполненной съемки:

1) Промеры базиса были произведены по кольям стальной 20-метровой компарированной лентой.

2) Теодолиты, использованные для съемки, имели точность, равную 1′.

3) Промер производился с вьюшки лотом Томсона, при этом трос с лебедки сбегал через блок-счетчик, подвешенный на стреле.

---

[1] В некоторых случаях работ вместо засечки третьим теодолитом может быть измерен угол между пунктами *B* и *C* секстаном с карбаса.

4) Одновременность засечек промерной точки теодолитами обеспечивалась сигнализацией с карбаса; точкой для наводки теодолитов служил блок-счетчик; по сигналу с карбаса „приготовиться" производилась наводка трубы на роульс, после чего лимб закреплялся, и до сигнала „засекай", вертикальный волосок трубы удерживался наведенным на роульс вращением микрометренного винта.

5) Расстояние каждой новой точки от предыдущей в ряду A, B, C..... например, точки D от C бралось исходя из следующего неравенства:

$$2a > x > \frac{a}{2},$$

где a — расстояние между первым и вторым теодолитом, x — искомое расстояние между новой точкой и предыдущей.

В результате проделанных таким образом работ были получены промеры с определением их местоположения по трем пунктам и вместе с тем получены данные, пригодные для составления плана опорных пунктов. Обработка промеров производилась обычными приемами; что же касается обработки полученных наблюдений для определения местоположения опорных пунктов — стоянок теодолитов, то здесь был применен метод, аналогичный тому, которым определяется длина недоступной прямому измерению линии. Например, для вычисления длины и направления стороны BC в результате работ имелись данные: базис AB, угол b и определяемые при каждом промере углы — a, b и c, на основе которых решением по теореме синусов двух смежных треугольников легко находилось расстояние BC. Для устранения возможных ошибок, происходящих при измерении углов, и вообще для повышения точности результата длина каждой из сторон BC, CD и т. д. бралась средняя из полученных по нескольким парам треугольников.

Число решаемых пар принималось не менее трех и определялось степенью сходимости результатов. Если расхождения при трех решениях не превышали 0.3 м, то вычисления этим ограничивались. При бо́льших расхождениях число решаемых треугольников увеличивалось, и при выводе среднего результаты с большими отклонениями в расчет не принимались.

При таком методе подсчета из общего числа восьми случаев — в одном было решено 5 пар треугольников, в двух — по 4 и в пяти — по 3 треугольника.

По данным вычислений, пользуясь обычными методами топографии в дальнейшем было произведено уравнивание треугольников и составлен план участка съемки в масштабе 1:2500.

Точность, достигнутая применением изложенного метода, оказалась достаточной для цели данных работ и в числовом выражении может быть характеризована следующими величинами:

1) Расхождение двух измерений базиса оказалось равным ± 0.12 м на километр.

2) Расхождение вычисленных и измеренных данных второго базиса оказалось: длина — 0.42 м, а направление 0°58′.

Что же касается быстроты производства работ изложенным методом, то она оказалась вполне удовлетворительной и превысила нормы обычных съемок и промера. При составе партии в 5 технических работников и 3 рабочих при работе четырьмя теодолитами, устранявшими перерыв в работе, неизбежный при применении трех теодолитов (во время переноски теодолита на новую стоянку), вся съемка и промер участка длиною в 4 км при 142 точках промера и 8 треугольниках (за исключением рекогносцировки и промера начального базиса) были окончены в течение 8 часов.

Е. С. ГЕРНЕТ

ИЗ ОПЫТА УСТАНОВКИ КОМПАСОВ НА ШХУНЕ „ПОЛЯРНАЯ ЗВЕЗДА“ В БУХТЕ ТИКСИ В 1935 ГОДУ

„Полярная Звезда“ (бывшая „Polar Bear“) — парусно-моторная шхуна американской постройки, грузоподъемностью 55 т. Корпус ее сделан из дерева, вследствие чего на компас влияют, кроме мелких железных поделок, лишь мотор, гребной вал и рулевой привод. С 1929 г. по 1934 г., т. е. в течение пяти лет, шхуна, полностью разоруженная и заброшенная, сидела на мели сначала в заливе Неелова, а потом, после снятия с мели, в период буксировки ее в Якутск — в Булуне на Лене.

Зимою 1934/35 г. шхуна была отремонтирована в Якутске. Ремонтом шхуны руководил судовой механик В. М. Ухов, впоследствии назначенный групповым механиком судов, приписанных к порту Тикси. Ремонт был произведен вполне удовлетворительно, но вооружить и испробовать шхуну на ходу в Якутске не хватило времени. Поэтому вниз по Лене до бухты Тикси шхуна была проведена в составе речного каравана, буксируемого „Первой Пятилеткой“. В Тикси шхуну надлежало вооружить силами прибывшей судовой команды и испробовать механизмы на ходу.

Вооружение шхуны, по указаниям ее капитана М. И. Полторацкого, было произведено в несколько дней. Пробы на ходу выявили полную пригодность к работе собранного старого мотора шхуны, но обнаружили крупный дефект, без устранения которого техническая комиссия порта не нашла возможным выпустить шхуну в море. Дефект этот — недопустимый нагрев дейдвуда — так и не мог быть устранен средствами порта Тикси за короткий навигационный период.

Во время вооружения шхуны автор этих строк принял на себя установку на ней компасов.

В связи с этим, желая исследовать работу компаса в высоких широтах, помимо обычных береговых наблюдений, давших в дефлекторных единицах

$$H = 55.7 \text{ и } z = 428$$

нами совместно с Б. А. Моржовым были произведены еще следующие наблюдения.

Был свезен на берег подлежавший установке главный судовой 127-миллиметровый компас с картушкой в жидкости образца Гидрографического управления УМС РККА, с нактоузом. Мы выбрали две очень отдаленные, но четко видимые точки и пеленговали их на каждом из восьми главных компасных курсов, на которые последовательно поворачивали компас, при различном количестве поставленного на свои места мягкого железа.

1) Начали мы с того, что удалили все магниты и все мягкое железо и в таком состоянии компаса произвели пеленгование предметов. Средние из пеленгов каждого предмета, округленные до $^1/_4{}^\circ$, принимались в дальнейшем за магнитные пеленга предметов.

Для исследования характера отклонений пеленгов на каждом из восьми главных компасных курсов от магнитного, их приняли как бы за девиации, хотя никакого железа вблизи компаса не было, и получили следующее [1] (см. табл. 1).

2) Затем в нактоуз были вставлены пластинки мягкого железа (под котелком) и процедура пеленгования была повторена. Сравнивая полученные пеленги с ранее определенными магнитными, получили девиации, приведенные в табл. 2.

3) После этого к пластинкам был прибавлен один брусок. После пеленгования получили девиации, приведенные в табл. 3.

---

[1] Термин „девиация“ употребляется условно и во всем дальнейшем изложении в тех случаях, когда всякое железо отсутствует.

Таблица 1

Компасные курсы	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Девиации, определенные по пеленгам первого предмета .	$-\frac{1}{2}°$	$-\frac{1}{4}°$	0°	$+\frac{1}{4}°$	0°	$+\frac{1}{2}°$	+0°	$-\frac{1}{4}°$
Девиации, определенные по пеленгам второго предмета . .	$-\frac{3}{4}°$	$+\frac{1}{4}°$	$+\frac{1}{4}°$	$+\frac{1}{2}°$	$+\frac{1}{4}°$	$-\frac{1}{4}°$	0°	$-\frac{1}{2}°$
Средние	−0°.6	0°	+0°.1	+0°.4	+0°.1	+0°.1	0°	−0°.4
Коэффициенты девиаций, вычисленные по этим данным, дали: $A = -0°.04$; $B = +0°.16$; $C = -0°.33$; $D = +0°.02$; $E = -0°.15$; а девиации по коэффициентам .	−0°.5	−0°.1	+0°.3	+0°.3	+0°.1	+0°.1	0°	−0°.4
Абсолютная разница между вычисленными и средними наблюденными девиациями . . .	0°.1	0°.1	0°.2	0°.1	0°	0°	0°	0°

Таблица 2

Компасные курсы	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
По пеленгам первого предмета	$-\frac{1}{2}°$	−6°	$+\frac{3}{4}°$	$+7\frac{3}{4}°$	$-\frac{3}{4}°$	$-7\frac{1}{2}°$	−1°	+6°
По пеленгам второго предмета	$-\frac{3}{4}°$	−6°	$+\frac{3}{4}°$	$+7\frac{3}{4}°$	$+\frac{1}{4}°$	$-7\frac{3}{4}°$	$-1\frac{1}{4}°$	$+4\frac{3}{4}°$
Средние	−0°.6	−6°.0	+0°.8	+7°.8	−0°.1	−7°.6	−1°.1	−5°.4
Коэффициенты по этим девиациям $A = -0°.19$; $B = +1°.16$; $C = -1°.24$; $D = -6°.70$; $E = -0°.12$; а девиации по коэффициентам	−0°6	−6°.2	+1°.1	+7°.5	−0°.1	−7°.5	−1°.2	−5°.5
Абсолютная разница между вычисленными и средними наблюденными девиациями . . .	0°	0°.2	0°.3	0°.3	0°	0°.1	0°.1	0°.1

Таблица 3

Компасные курсы	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
По пеленгам первого предмета	$+3^\circ$	$-1^3/_4{}^\circ$	$+^1/_2{}^\circ$	$+2^\circ$	$-2^1/_2{}^\circ$	-6°	-1°	$+5^1/_4{}^\circ$
По пеленгам второго предмета	$+2^3/_4{}^\circ$	-2°	$-^1/_4{}^\circ$	$+2^1/_4{}^\circ$	$-2^1/_2{}^\circ$	$-6^1/_4{}^\circ$	$-1^1/_4{}^\circ$	$+4^3/_4{}^\circ$
Средние	$+2^\circ.9$	$-1^\circ.9$	$+0^\circ.1$	$+2^\circ.1$	$-2^\circ.5$	$-6^\circ.1$	$-1^\circ.1$	$+5^\circ.0$
Вычисленные коэффициенты: $A = -0^\circ.18$; $B = +0^\circ.53$; $C = +2^\circ.60$; $D = -3^\circ.78$; $E = +0^\circ.35$; и девиации по ним	$+2^\circ.8$	$-1^\circ.8$	$0^\circ.0$	$+2^\circ.1$	$-2^\circ.4$	$-6^\circ.2$	$-1^\circ.1$	$+5^\circ.1$
Абсолютная разница	$0^\circ.1$	$0^\circ.1$	$0^\circ.1$	0°	$0^\circ.1$	$0^\circ.1$	0°	$0^\circ.1$

4) Затем пластинки были вынуты, а оба бруска вставлены на свои места. После такого же, как раньше, пеленгования получили девиации, приведенные в табл. 4.

Таблица 4

Компасные курсы	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
По пеленгам первого предмета	-2°	$+3^1/_2{}^\circ$	$+3^1/_2{}^\circ$	$-^1/_2{}^\circ$	$+^3/_4{}^\circ$	$+5^1/_2{}^\circ$	$-3^1/_4{}^\circ$	-7°
По пеленгам второго предмета	$-2^1/_4{}^\circ$	$+4^\circ$	$+3^1/_4{}^\circ$	$-1^1/_4{}^\circ$	$+1^\circ$	$+5^\circ$	$-2^1/_4{}^\circ$	$-7^3/_4{}^\circ$
Средние	$-2^\circ.1$	$+3^\circ.8$	$+3^\circ.4$	$-0^\circ.9$	$+0^\circ.9$	$+5^\circ.2$	$-2^\circ.8$	$-7^\circ.4$
Коэффициенты по ним: $A = +0^\circ.02$; $B = +2^\circ.46$; $C = -2^\circ.14$; $D = +4^\circ.32$; $E = -0^\circ.45$; а девиации	$-2^\circ.6$	$+4^\circ.6$	$+2^\circ.9$	$-1^\circ.0$	$+1^\circ.7$	$+4^\circ.1$	$-2^\circ.0$	$-7^\circ.6$
Абсолютная разница	$0^\circ.5$	$0^\circ.8$	$0^\circ.5$	$0^\circ.1$	$0^\circ.8$	$1^\circ.1$	$0^\circ.8$	$0^\circ.2$

5) И, наконец, в нактоуз было вставлено все мягкое железо, т. е. оба бруска и пластинки. Девиации приведены в табл. 5.

Таблица 5

Компасные курсы	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
По пеленгам первого предмета	-2°	$+1\frac{1}{4}^\circ$	$+7\frac{1}{4}^\circ$	$+6\frac{3}{4}^\circ$	0°	-1°	-2°	$-2\frac{1}{4}^\circ$
По пеленгам второго предмета	$-2\frac{1}{4}^\circ$	$+1\frac{1}{4}^\circ$	$+6\frac{3}{4}^\circ$	$+6\frac{3}{4}^\circ$	$+\frac{3}{4}^\circ$	-1°	$-2\frac{1}{4}^\circ$	$-2\frac{3}{4}^\circ$
Средние	$-2^\circ.1$	$+0^\circ.2$	$+7^\circ.0$	$+6^\circ.8$	$+0^\circ.4$	$-1^\circ.0$	$-2^\circ.1$	$-2^\circ.8$
Коэффициенты по ним: $A = +0^\circ.80$; $B = +4^\circ.18$; $C = -2^\circ.11$; $D = -1^\circ.20$; $E = -1^\circ.65$; а девиации по ним	$-3^\circ.0$	$+1^\circ.1$	$+6^\circ.6$	$+6^\circ.4$	$+1^\circ.3$	$-1^\circ.9$	$-1^\circ.7$	$-2^\circ.4$
Абсолютная разница	$0^\circ.9$	$0^\circ.9$	$0^\circ.4$	$0^\circ.4$	$0^\circ.9$	$0^\circ.9$	$0^\circ.4$	$0^\circ.4$

Рассматривая приведенные выше данные, мы можем констатировать, что:

1) Значительных ошибок в пеленговании не было, так как девиации на тех же курсах по пеленгам обоих предметов при данных условиях компаса мало отличаются друг от друга.

2) Девиации при отсутствии мягкого железа получились незначительные.

3) Коэффициенты полукруговой девиации вырастают с прибавлением мягкого железа к компасу, причем они вызываются отнюдь не постоянным магнетизмом мягкого железа, ибо, будь это так,

— пластинки, например, могли бы дать C, но не B, а на самом деле они дают $B = +1^\circ \cdot 16$, а C только $-0^\circ \cdot 24$;

— бруски, могущие дать B, но не C, дают B и C, численно, примерно, одинаковые: $+2^\circ \cdot 46$ и $-2^\circ \cdot 14$;

— пластинки и один брусок дали $C = +2^\circ \cdot 60$, а добавление еще одного бруска, который может изменить B, но отнюдь не C, изменяет полученное C с $+2^\circ \cdot 60$ до $-2^\circ \cdot 11$, т. е. на $4^\circ \cdot 71$ и т. д.

4) Разница между средними наблюденными девиациями и вычисленными по коэффициентам становится особенно большой в последних двух случаях, т. е. когда при компасе было много мягкого железа.

Последние две констатации свидетельствуют о неверности наблюденных девиаций или, иначе говоря, пеленгов при наличии мягкого железа. Сопоставляя это с первой констатацией, т. е. с правильностью самого пеленгования, приходим к выводу, что неверность пеленгов

при наличии мягкого железа вызывается какой-то другой причиной, которая вероятнее всего заключается в том, что сама картушка в этих случаях останавливалась на каждом курсе произвольно, несколько в стороне от магнитного меридиана, а не на нем. Это предположение подтверждается и другим наблюдением, сделанным нами во время этой работы: когда мы, при наличии мягкого железа, попробовали повторно ложиться на курсы, то заметили, что пеленга не совпадают с прежде взятыми, а несколько различаются.

Так как, как видно по коэффициентам, при отсутствии мягкого железа с компасом дело обстояло благополучно, приходится притти к заключению, что уменьшение направляющей силы устанавливаемым у современных компасов мягким железом (бруски продольные) — в Тикси и везде, где направляющая сила такого же значения, как в Тикси, — является критическим, ибо без мягкого железа картушка действует исправно, а с ним — нет.

В связи с этим, по установке компасов на „Полярной Звезде“, из них были вынуты все магниты и все мягкое железо, чтобы выявить, какую же девиацию дает сама шхуна.

Место для главного компаса было выбрано над рулевой рубкой, где обычно на таких шхунах главный компас и устанавливается. Коэффициенты девиации у этого компаса, определенные обычным способом по девиациям на 8 курсах, оказались: $A = +1^\circ \cdot 00$; $B = +4^\circ \cdot 12$; $C = -0^\circ \cdot 10$; $D = -0^\circ \cdot 10$, $E = -0^\circ \cdot 30$. По этим коэффициентам видно, что после уничтожения продольными магнитами силы λBH компас можно считать во вполне удовлетворительном состоянии и что в мягком железе при нем нет никакой надобности.

Хуже обстояло дело с путевым компасом. Его пришлось поставить около штурвала, сбоку от штурвального устройства, а так как последнее сделано из железа, то естественно, что от компаса можно было ожидать самых невероятных показаний. Действительно, при перемене магнитного курса от N до NE этот компас изменил свое показание на 195°, в других же получетвертях магнитной картушки — от 16° до 34°.

Ориентировочно вычисленные коэффициенты девиации были: $A = +31^\circ$, $B = -50^\circ$, $C = -6^\circ$, $D = +4^\circ$, $E = -8^\circ$. Уничтожить полукруговую девиацию фактически нам не удалось за невозможностью, из-за неисправности дейдвуда, сняться с якоря для этой цели, но, предполагая вычисленные коэффициенты верными, а B и C уничтоженными, мы должны получить девиацию хотя и большую (главным образом из-за A), но не очень сильно изменяющуюся, почему *для путевого компаса* мы считаем ее приемлемой, а потому применять мягкое железо не нужно и здесь.

Возможно, конечно, что причиной неисправности путевого компаса являлась не сила λBH, как это получилось в результате вычислений, а слабость силы λH, благодаря которой картушка на различных курсах не приходила на компасный меридиан, но и в этом случае установкой при компасе мягкого железа дела поправить нельзя.

Таким образом, из опыта установки компасов на „Полярной Звезде" в 1935 г. в бухте Тикси, можно сделать вывод о нецелесообразности применения в них мягкого железа. Этот опыт не дает, конечно, еще права на обобщающие выводы о нецелесообразности применения мягкого железа при компасах в Арктике вообще, но все же штурманам в Арктике можно рекомендовать производить наблюдения для определения коэффициентов четвертной девиации, производимой самим судном на данный компас (т. е. при отсутствии мягкого железа при компасе), для решения вопроса о том — стоит ли уменьшать направляющую силу компаса ради уничтожения нескольких градусов четвертной девиации. Ибо лучше плавать с несколькими градусами четвертной девиации, чем с картушкой, не приходящей точно на меридиан из-за слабости направляющей силы.

Вопрос этот является особенно актуальным в связи с окончанием постройки ряда деревянных судов, направляемых для плавания в арктические воды.

Н. Н. СЫСОЕВ

ОБ ИЗМЕРЕНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕЧЕНИЙ В МОРЕ

(Из работ 2-й Морской методической партии Государственного Гидрологического института) [1]

Существующие инструкции по методике производства морских гидрологических наблюдений рекомендуют для измерения поверхностных течений с судна применение вертушек Экмана-Мерца и привязных поплавков Митчеля, но почти не делают оговорок об условиях

[1] Улучшение постановки изучения течений, наблюдения над которыми занимают с каждым годом все более крупное место в планах гидрографо-гидрологических работ Главсевморпути, представляется существенно важным. В связи с этим приобретают большой интерес специальные методические работы по течениям, ведшиеся в последние годы под общим руководством В. В. Тимонова Методической партией Морского и Гидрометрического отделов Гос. Гидрологического института. По соглашению с последним, более существенные для системы Главсевморпути результаты работ названной партии в извлечениях будут опубликованы на страницах „Северного морского пути" в виде ряда заметок, первыми из которых и являются помещаемые статьи Н. Н. Сысоева. *(Прим. ред.)*

применения этих приборов. Между тем, применение названных приборов, как показали работы Л. Мёллер, Тораде и др. по исследованию девиации магнитных указателей направления (1921—1929 гг.) и работы Методической партии Морского и Гидрометрического отделов Гидрологического института по точности измерения течений в море (1933—1934 гг.), сопровождаются значительными ошибками.

Основные факторы, вызывающие ошибки в наблюдениях прибором Экмана-Мерца, как и многими другими вертушками — судовой магнетизм, собственные горизонтальные и вертикальные движения корабля[1] и искажение течений корпусом корабля. Главные факторы, обусловливающие малую точность наблюдений поплавками Митчеля, это — трудность определения момента окончания каждого отдельного наблюдения с поплавками, невозможность работы поплавками на малых скоростях и, наконец, влияние ветра на линь и поплавок.

Девиация, вызываемая судовым магнетизмом, согласно исследованиям Л. Мёллер, Тораде (1) и др., зависит в основном от материала и размеров судна, курса и расположения прибора по отношению к судну. Исследования Л. Мёллер показали, что девиация изменяется по времени и убывает с глубиною, примерно, по закону Кулона, сказываясь в практически ощутимых величинах на железных судах до глубин в 20—25 метров и даже более. При работах упомянутой Методической партии на Северодвинском пловучем маяке в Белом море девиация стрелки вертушки Экмана-Мерца, расположенной в 3.2 м от борта на глубине 2.5 м устанавливалась сравнением с самописцем Раушельбаха и в некоторых случаях достигала 56°. Для гидрографического судна „Гидрограф“ (Гидрографический отдел Черного моря) девиация, определенная сравнением показаний Экмана-Мерца с морской вертушкой Воскресенского-Кузнецова и с поплавками Митчеля на глубине 5 м, нередко превышала 45—50°.

Величина искажения показаний направления и скорости течений корпусом корабля, естественно, зависит от размеров и обводов судна, от горизонтального и вертикального удаления вертушки от корпуса судна, места ее подвеса, положения судна относительно течения, глубины под килем и т. п. условий. Чтобы охарактеризовать порядок величин таких искажений, можно привести результаты сравнения показаний прибора Экмана-Мерца с поплавочной вертушкой Отта, тип VIf, и с поплавками Митчеля. Это сравнение показало, что для дере-

---

[1] Движения судна, вызываемые воздействием ветра, течения и волнения и проявляющиеся в виде: 1) вращения судна вокруг якоря или некоторой точки по длине якорного каната, 2) поступательно-возвратных перемещений по направлению к якорю и от него и 3) качки.

вянного 50-тонного парусно-моторного бота „Лиман“, при условии удаления вертушки на расстояние 1.5 м от борта (на глубине) и при расположении ее в середине корабля, величина расхождения показаний направления по сравниваемым приборам на глубине 0.9 м очень часто достигала 30—40°, увеличиваясь в некоторых случаях до 70°. Расхождения в показаниях скорости достигали 15—20% (2).

Насколько далеко от корпуса корабля может еще сказываться его искажающее влияние, можно судить по некоторым результатам работ Тораде на „Посейдоне“ в 1931 г. (3). Оказалось, что при трехметровой осадке судна и глубине места, равной 32 м, искажение направления течения удалось отчетливо зафиксировать приборами Раушельбаха, работавшими на глубине 10 м (!) при четырехметровом выносе за борт. Правда, абсолютные величины искажения в данном случае не имели практического значения, на что, очевидно, нельзя рассчитывать при большей близости прибора к кораблю и при меньших глубинах места наблюдений.

Ошибки от неучета влияния собственных горизонтальных движений корабля могут быть также довольно значительными, находясь в полной зависимости от часто весьма различных условий наблюдений. Этот источник ошибок, имеющих значение, конечно, не только для наблюдений поверхностных течений, получил довольно обширное освещение в иностранной литературе, в связи с чем здесь приводятся лишь в качестве примера, выбранного более или менее случайно, результаты наблюдений над влиянием „рысканья“ судна, произведенных в Кандалакшском заливе Белого моря. Как показывают материалы этих наблюдений, ошибки достигали 0,15 м/сек., составляя в данном случае 40—50% от наблюдаемых скоростей (2).

Качка корабля также может довольно значительно искажать наблюдения, сказываясь, главным образом, на показаниях скорости. Наибольшее значение влияние качки имеет именно при наблюдениях в поверхностном и приповерхностных слоях.

Суммируя сказанное о влиянии различных источников ошибок, приходится притти к выводу, что применение вертушки Экмана-Мерца в поверхностном слое на глубинах, меньших или равных осадке судна, за редкими исключениями — непозволительно; при работе же с больших, а в особенности, с металлических судов, приходится, даже до глубин в 10—15 м и более, считаться с возможностью значительных неточностей. Отсюда, естественно, напрашивается вывод о предпочтительности для наблюдений над поверхностными течениями поплавков Митчеля, на которые перечисленные факторы не оказывают влияния.

Однако поплавки Митчеля имеют свои недостатки — прежде всего низкую точность показания скорости. Так, размеры ошибок, сопро-

вождающих измерение скорости течений поплавками Митчеля, по данным Методической партии (4), при скорости 0.30 м/сек. могут достигать 20—50%; при скоростях же меньших 0.08 м/сек. применение поплавков становится совсем недопустимым. Ветер скоростью 4—6 м/сек., при котором, согласно существующих инструкций, допускается производство наблюдений поплавками, в зависимости от направления, может при скорости течения от 20 до 40 см/сек. давать искажение скорости от 15 до 30%.

Чтобы исключить или, во всяком случае, уменьшить ошибки, сопровождающие наблюдение поверхностных течений обоими разобранными приборами, по предложению В. В. Тимонова[1] при работах Методической партии Гидрологического института 1933—1935 гг., а позднее и в других экспедициях, был применен комбинированный метод наблюдений, метод, при котором для определения скоростей течения применяются вертушки (предпочтительнее электрические вертушки Прайса, Отта, VIE и VIf и др.), а определение направления одновременно производится по привязным поплавкам.

Если измеряется только поверхностное течение, выпускается один поплавок, при глубинных наблюдениях—два поплавка. Поплавки выпускаются на линях за борт и закрепляются; определение направления течений производится при этом путем пеленгования поплавков с корабля.

Для работ в темное время суток верхние сосуды поплавков снабжаются небольшими лампочками или освещаются прожектором. При невозможности освещения поплавка прожектором или установки на поплавках лампочки, с достаточной для практических целей точностью, при слабом ветре определение направления течения может выполняться путем пеленгования части линя (10—20 м), на освещение которой обычно достаточно источника света силой в 25—50 свечей.

При описываемой схеме работ электрическая вертушка опускается с лебедки через блок-счетчик, укрепленный на стреле, вынесенной за борт корабля на столько, чтобы искажение в показаниях вертушки от влияния корпуса корабля было минимально. Однако, гораздо лучше выпускать электровертушку за корму, подвешивая ее к специальному поплавку. При слабом волнении, или при полном отсутствии его, электрические вертушки, работающие в сочетании с поплавком, можно укреплять между верхним и нижним сосудами поплавка Митчеля, соединенными штангой.

В тех случаях, когда отсутствуют электрические вертушки с изолированными от проникновения воды контактами (Отта, VIE, Прайса

[1] В. В. Тимоновым этот метод впервые был применен в 1923 г. на Белом море.

и др.), можно при описываемом методе пользоваться вертушками Экмана-Мерца, которыми в этих случаях, в целях устранения влияния корпуса корабля на течение, работают вблизи носа корабля или с консольного мостика, обеспечивающего значительное удаление вертушки от бортов. В случаях же положения судна поперек течения, за чем рекомендуется внимательно следить, необходимо выносить вертушку за корму, или, что лучше, опускать впереди форштевня.

Полученный до настоящего времени опыт применения описанного приема в различных его модификациях позволяет с уверенностью рекомендовать его к широкому применению; при достаточной простоте он представляется едва ли не единственным путем устранения заведомых и грубых ошибок в определении поверхностных течений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Möller L. Die Deviation bei Strommessungen im Meere. Berlin, 1924.
2. Сысоев Н. Методы и результаты наблюдений над гидрологическим режимом вершины Двинского залива в августе 1933 г. (Фонды Гос. Гидрологического института.)
3. Thorade H. Über Stromunruhe. Ann. d. Hidrographie, IX, 1934.
4. Сысоев Н. Материалы по методике наблюдений привязными поплавками. (Фонды Гос. Гидрологического института.)

Н. Н. СЫСОЕВ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕРТУШКИ СИСТЕМЫ ЭКМАНА-МЕРЦА

(Из работ 2-й Морской методической Партии Государственного Гидрологического института) [1]

Методика и условия применения вертушки Экмана-Мерца, принятой в Союзе в качестве одного из основных приборов для измерения течений больших водоемов, в литературе освещены недостаточно.

Возьмем вопрос о девиации стрелки вертушки Экмана-Мерца, вызываемой наличием судового магнетизма. Неучет этого чрезвычайно важного фактора вносит в результаты измерения ошибки, размер которых может быть определен лишь в период наблюдений и не поддается учету в последующее время. [2]

---

[1] См. примечание на стр. 30.

[2] Правильное решение этого вопроса имеет особенное значение в системе Главсевморпути, где часто наблюдения над течениями приходится производить с крупных металлических судов.

Существование девиации стрелки в приборе Экмана-Мерца общеизвестно, но отсутствие данных о ее величине, зависимости от курса и размеров корабля, знания законов распространения девиации в воде, заставляют наблюдателей при производстве измерений руководствоваться личными взглядами. Одни считают, что металлические части деревянных судов, якорная цепь, якорная машина и т. д. практически не влияют на стрелк верутушки, если последняя находится в расстоянии одного метра от борта корабля, другие принимают, что при работе вертушкой Экмана-Мерца на металлических судах, удаление вертушки на пять метров от корпуса корабля уже обеспечивает отсутствие девиации и т. п. Наряду с этим в Союзе недостаточно широко известны работы по девиации германских исследователей (1921—1930 гг.), которые на основании экспериментальных данных установили для ряда случаев границы распространения девиации, порядок ее величин, указали ее изменение по времени и наметили путь ее определения и исключения.

Согласно исследованиям Л. Мёллер, А. Шумахера и Тораде (2, 3, 4), магнитная стрелка вертушки подвержена воздействию всех сил, влияющих на судовой компас. Однако магнитная стрелка в приборе Экмана-Мерца вследствие своего несимметричного расположения относительно судна реагирует на судовой магнетизм значительно сильнее.[1] Те же исследования показали, что девиация уменьшается с увеличением расстояния от судна и ее изменение с глубиной идет сначала быстро, а затем медленно. Глубина, на которой девиация становится меньше $\pm 5°$, Л. Мёллер (1) назвала девиационной глубиной. Последняя, по данным Тораде (4) для бота (длина = 22.8 м, ширина 4.8 м, осадка 1.4) составляла 15 м; для гидрографического же судна „Пантер" (длина = 66.9, ширина = 9.7, осадка = 3.5), как показал Тораде она даже на глубине 30 м колебалась в пределах ± 20.[2]

Наблюдений девиации на больших глубинах до сего времени нет, так что точного указания на размеры „девиационной глубины" для крупных судов сделано быть не может. В некоторых случаях выходят из затруднения, допуская, что девиация стрелки вертушки Экмана-Мерца на железных судах на глубине, равной двойной осадке судов, практически незначительна. Мёллер (1) рекомендовала для ис-

---

[1] Тораде опытными наблюдениями на судне „Пантер" установил, что в редких, но встречающихся случаях девиация достигала $\pm$ 140°-160°. В наших опытах на Северодвинском пловучем маяке девиация на глубине 2.55 м нередко доходила до 50° (5).

[2] Следует отметить, что сделанные на судне „Пантер" наблюдения над девиацией производились в сравнении с прибором Якобсена, показание которого, согласно нашим исследованиям (6) для глубин 30—35 м, сопровождаются заметными ошибками.

ключения девиации применять поправочные кривые, получаемые из специальных наблюдений при одинаковых с работами условиях. Но, как было показано позже Тораде (3) (1927 г.), этот метод оказался малоприемлемым вследствие быстрого изменения девиации во времени и необходимости для установления упомянутых кривых производства большого числа сравнений.

Не считая вопрос о девиации, ее пределах и методах исключения решенным, в качестве временной меры можно рекомендовать для руководства следующие правила применения вертушек с магнитными указателями направления:

1) Измерения магнитного направления с железных судов в поверхностных слоях до 10 м включительно недопустимы.

2) Следует считать девиационной глубиною: а) для мелких деревянных моторных судов (бота) —5—10 м, в зависимости от размеров судов; в) для ледоколов типа „Ермак" и „Ленин" – 25 м.

Следующий вопрос применения вертушек Экмана-Мерца, недостаточно освещенный в литературе, относится к конструкции прибора.

А. Мерцем, усовершенствовавшим вертушку Экмана, были разработаны два типа приборов, предназначавшихся один для работы при малых, а второй при больших скоростях (7). Почти сходные по своему устройству, эти вертушки отличаются друг от друга лишь конструкцией пропеллера и руля.

Руль в приборе для больших скоростей снабжен стабилизатором (наклонными плоскостями), которого нет в вертушке для малых скоростей. Это, казалось бы, по существу незначительное конструктивное различие, как это установлено на практике, в некоторых случаях сильно сказывается на результатах измерений.

Дело в том, что нередко приходится производить наблюдения течений при волнении, которое вызывает качку, а вместе с этим и вертикальное перемещение подвешенного на тросе прибора. В последнем случае прибор или перемещается, сохраняя во все время перемещения низменное горизонтальное положение, как это имеет место в вертушках для малых скоростей, или вследствие неравенства моментов, действующих, с одной стороны, на руль с наклонными плоскостями, а с другой — на предохранительное кольцо, прибор при вертикальном перемещении поворачивается на некоторый угол к горизонту (прибор для больших скоростей). Поворот вертушки при этом происходит так, что вертушка всегда перемещается вперед пропеллером и отмечает преувеличенную скорость течения. Степень наклона вертушки к горизонту зависит от периода и размаха качания корабля и от скорости течения в слое наблюдений.

Опыты сопоставления одновременно работавших вертушек с стабилизатором и без него (Черное море, 1935 г., катер „Осводовец") показали, что результаты, зарегистрированные вертушками со стабилизаторами при волне около 0.5—0.6 м на 15 до 20 м/сек., превышали показания прибора без стабилизатора. Однако из этого не следует делать вывод о целесообразности перехода на наблюдения исключительно приборами для малых скоростей, ибо на многих случаях наблюдений в море — на больших скоростях — стабилизатор необходим.

Чтобы удовлетворить обоим пожеланиям, не прибегая при этом к увеличению числа приборов для малых и для больших скоростей, следует рекомендовать все имеющиеся и выпускаемые вертушки снабдить съемными стабилизаторами и пользоваться ими сообразно условиям погоды в зависимости от качки и в зависимости от скоростей течения.

Далее остановим внимание на вопросе о контроле степени намагничивания стрелки в приборе Экмана-Мерца. Неоднократно приходилось видеть результаты измерений, где при благоприятных условиях работы наблюдалось большое рассеивание шариков, рассеивание, которое было трудно объяснить собственными движениями судна или свойствами течений. На поверку, в большинстве подобных случаев, оказывалось, что эти наблюдения выполнялись со слабо намагниченными стрелками, которые плохо устанавливались в плоскости магнитного меридиана, отклоняясь от него при малейших толчках.

Чтобы предотвратить возможность повторения этих ошибок для наблюдений вертушкой Экмана-Мерца, следует применять только те стрелки, с помощью которых можно поднять железный груз весом не менее 50 г.

Обратимся теперь к рассмотрению продолжительности наблюдений вертушкой Экмана-Мерца. Этот вопрос, нигде в морской гидрометрической литературе не освещенный, решается каждый раз на месте работ, в зависимости от личных взглядов наблюдателей. Последние очень часто по малой квалификации, а нередко и по другим причинам, упускают из виду условие применения приборов, дающих точечные, а следовательно характерные лишь для короткого периода времени, показания изменяющегося во времени фактора — течения.

Приведем пример. Если представить себе, что прибор Экмана-Мерца работает в условиях течения, изменение направления которого по времени представлено на рис. 1, то, при условии равномерного выпадения шариков через каждые 33 оборота, возможно следующее распределение выпадающих шариков по отсекам магнитной коробки: шарик № 1 — в 21 отсек и соответственно: 2—14; 3—16; 4—19;

5—18; 6—20; или шарик № 1—в 18 отсек и соответственно 2—18; 3—19; 4—18; 5—17; 6—20.

Для первого случая моменты выпадения шариков на графике № 1 показаны знаком „1".

Для второго случая моменты выпадения шариков на графике помечены знаком „2".

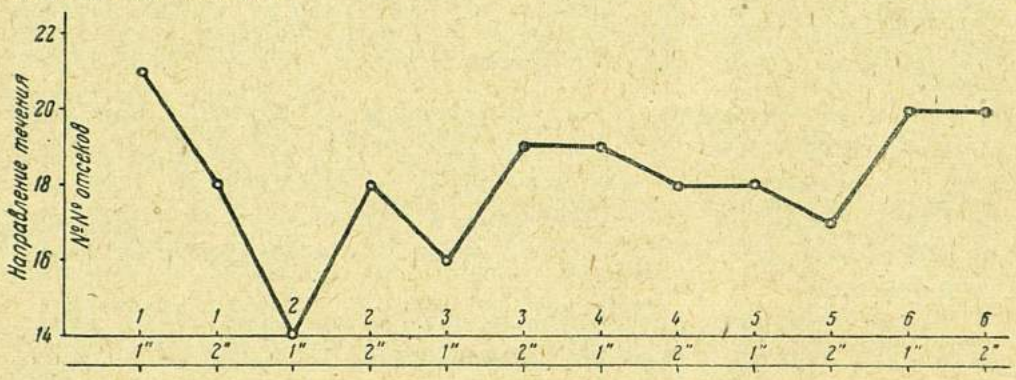


Рис 1.

Сопоставляя эти случаи показаний течения прибором Экмана-Мерца, получим следующую картину:

Количество шариков	1	2	3	4	5	6
	Направление течения в градусах					
Случай 1-й	210	175	170	175	176	180
Случай 2-й	180	180	183	182	180	183
Расхождение показаний в градусах	+30	—5	—13	—7	—4	—3

Этот пример учит, что с увеличением числа шариков вероятность случайных показаний направления уменьшается. Однако этот факт часто игнорируется, и можно привести многочисленные материалы, где значительная доля наблюдений имеет по 2—3 выпавших шарика, несмотря на сравнительно большое их рассеивание.

Зададимся теперь вопросом: выпадение какого количества шариков обеспечивает получение результата с ошибкой направления в $\pm 5°$? Для ответа на поставленный вопрос воспользуемся формулой для вычисления вероятной ошибки суммы наблюдений:

$$R = \varphi \cdot \alpha : \sqrt{n}$$

в этой формуле:

R — вероятная ошибка суммы и слагаемых.
φ — коэффициент пропорциональности.
α — предельная ошибка отдельного измерения.
n — число слагаемых.

Примем при вычислении эти величины равными:

$R = 5$, т. е. вероятная ошибка одного измерения равна 5°
$\varphi = 0.39$
$\alpha = \pm 60°$, т. е. будем считать сектор рассеивания шариков равным 120°.

Подставим теперь в формулу заданные величины и, решая равенство относительно n, получим

$$5 = 0.39 \cdot 60 : \sqrt{n}, \qquad n = 23 \text{ шт.},$$

т. е. если сектор рассеивания равен 120°, а число выпавших шариков = 23 шт., то направление течения получается с точностью до ± 5°.

Аналогично получим, что для заданных условий при секторе рассеивания в 40° нужно выпадение всего лишь трех шариков, для сектора 60° — 6 шариков и соответственно для 80° — 10 шариков и 100° — 16 шариков.

Пользуясь этой формулой, можно решить и обратную задачу подсчета точности производимых наблюдений.

Установив число шариков, выпадение которого необходимо для обеспечения определенной точности, мы не можем считать решенным вопрос о продолжительности, так как время, потребное для выпадения шариков, всецело зависит от скорости течения и, кроме того, должно находиться в определенных пределах. Кроме того, назначая желательное число выпадающих шариков, необходимо считаться с конструкцией прибора, которая в данном случае предусматривает наибольшее число заряжаемых шариков, равное 20—23. Имея в виду последнее, нужно помнить и то, что при работах вертушкой не следует допускать таких случаев наблюдений, когда вертушка, выбрасывая все шарики, работает некоторое время без них, так как в результате будут получены несравнимые по времени величины элементов течения.

Приняв в расчет эти условия, будет правильным считать оптимальным выпадение 13 шариков (в период одного наблюдения).

Число выпадающих шариков за единицу времени может быть найдено: если считать, что 1 об./сек. соответствует скорости в 0.30 м/сек. (это, между прочим, близко к действительности для большинства приборов Экмана-Мерца), тогда при скорости течения 1.00 м/сек. ша-

рики будут выпадать через каждые 10 сек., при скорости течения = 0.50 м/сек. шарики будут выпадать через каждые 20 сек., при скорости течения = 0.25 м/сек. шарики будут выпадать через каждые 40 сек., при скорости течения = 0.10 м/сек. шарики будут выпадать через каждые 100 сек.

Из последних данных можно подсчитать, что для выпадения 13 шариков требуется выдержать вертушку в точке: при скоростях 1.00 м/сек. — 2.5 мин. и соответственно: 0.50 м/сек. — 5.0 мин., 0.25 м/сек. — 9 мин. и 0.10 м/сек. — 22 мин.

Для скоростей меньших 0.15 м/сек. нельзя рекомендовать увеличение времени наблюдения в точке за пределы 20 мин., так как, во-первых, это чрезвычайно затрудняет соблюдение требуемого ниже условия повторяемости наблюдений и ограничивает число горизонтов наблюдения, а, с другой стороны, в отдельных случаях, при быстром изменении направления и скорости по времени (например, смена течений), длительные наблюдения сглаживают важные элементы станций.

Подводя итоги сделанного рассмотрения для общего случая измерений, следует рекомендовать установление следующей продолжительности наблюдений в точке.

Для скоростей	0.75 м/сек. и выше			2.5 мин.
„ „	от 0.35 „	до	0.75 м/сек.	5.0 „
„ „	„ 0.20 „	„	0.35 „	10.0 „
„ „	< 0.20 „	„	0.20 „	20.0 „

Однако в целом ряде случаев при незначительном рассеивании шариков продолжительность наблюдений может быть уменьшена и назначена исходя из таблицы, приведенной на стр. 41.

Рекомендуемое правило может быть практически применено после первого или предварительного измерения, а в дальнейшем его соблюдение легко достигается путем учета тенденции течения к усилению или ослаблению.

При рассмотрении вопроса о повторяемости наблюдений можно коснуться лишь вопроса повторяемости в применении к наблюдениям течений на суточных или полусуточных станциях, т. е. вопроса, который может быть решен на основе изучения уже имеющихся материалов. При назначении времени повторяемости должно быть учтено, что чрезмерная частота затрудняет производство наблюдений и требует увеличения числа приборов и штата наблюдателей, а недостаточная повторяемость ухудшает материал, часто не разрешая вопроса об изменении направления течения.

Имеющиеся наблюдения с учетом сделанных замечаний заставляют считать, что в настоящий период оптимальная повторяемость измере-

Сектор рассеивания шариков / Скорость течения м/сек.	В градусах																							
	30		40		50		60		70		80		90		100		110		120		130			
	продолжительность наблюдений																							
	м	с	м	с	м	с	м	с	м	с	м	с	м	с	м	с	м	с	м	с	м	с		
1.00	—	20	—	30	—	40	1	—	1	20	1	40	2	10	2	30	3	10	3	40	4	20		
0.50	—	40	1	—	1	20	2	—	2	40	3	20	4	20	5	—	6	20	7	20	8	40		
0.25	1	20	2	—	2	40	4	—	5	20	6	40	8	40	10	—	12	40	14	40	17	20		
0.10	3.2	20	5	—	6	40	10	—	13	20	16	40	21	40	25	—	31	40	36	40	43	20		

ний должна быть установлена равной одному наблюдению в час для всех горизонтов за исключением поверхностного, подверженного большей изменчивости, где следует рекомендовать производство наблюдения каждые 30 минут.

Еще один вопрос при точечном методе измерения течений заслуживает внимания — это вопрос о распределении горизонтов наблюдений по вертикали. Вопрос этот в настоящее время не может быть решен полностью, но допускает принятие следующих решений:

1) При измерении течений на каждой станции в интересах мореплавания и выяснения гидрологического режима моря наблюдениями должен быть освещен десятиметровый поверхностный слой, для чего следует производить наблюдения в поверхностном (1 м) и пятиметровом горизонтах; (для районов открытого моря здесь пятиметровый горизонт может быть заменен десятиметровым).

2) Для изучения моря, помимо поверхностного горизонта, безусловно важны измерения в горизонтах, выбираемых относительно слоя раздела вод различной плотности; следует выполнять наблюдения по одному горизонту вверх и вниз от него, соблюдая при этом по возможности требование о назначении горизонтов кратных 25, т. е. в 25, 50, 75, 100 м.

3) Так же важны наблюдения и в придонных слоях, наблюдения в которых особенно важны при изучении режима грунтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Möller L. Die Deviation bei Strommessungen im Meere. Veröffentl. d. Instituts für Meereskunde. Neue Folge. Reihe A. H. 8. Berlin, 1924.
2. Thorade H. Methoden zum Studium der Meeresströmungen (Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. II, Physikalische Methoden, Teil 3, Heft 3). Berlin, 1933.
3. Thorade H. Zur Kenntnis der Deviation bei Strommessungen. Annalen d. Hydrographie und maritimen Meteorologie V, 1927.
4. Thorade H. Schiffsmagnetismus und der Ekman-Merz — Strommesser. Annalen d. Hydrographie und maritimen Meteorologie VI, 1923.
5. Сысоев Н. Методы и результаты наблюдений над гидрологическим режимом в вершине Двинского залива в августе 1933 г. (Фонды Гос. Гидрологического института.)
6. Тимонов В. В. и Сысоев. Н. Н. К проблеме простейших приборов для наблюдений над течениями. Исследование морей СССР, вып. 26, изд. ГГИ (печатается).
7. Merz A. Stark- und Schwachstrommesser, Veröffl. des Inst. für Meereskunde. N. F. Reihe A, H. 17, Berlin, 1921.

С. Ф. РЮМИН

О СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ ИЗМЕРЕННЫХ ГЛУБИН СУДОВОГО ПРОМЕРА

В практике камеральной обработки судовых промеров нередко возникает необходимость качественного сравнения промеров, вызываемая обнаружением невязок или противоречий между различными источниками.

Возникновение этих невязок и противоречий объясняется наличием на современных картах северных полярных морей, наряду с новейшими, большей частью достаточно точными промерами, также и старых промеров различного достоинства, вплоть до таких, самый источник которых не может быть установлен. Кроме того, большую роль играют здесь и особые трудности навигационного порядка, неизбежные в условиях работы на северных морях, понижающие точность координирования промеров: неблагоприятные условия для производства обсерваций, сложность счисления при плавании во льдах, наличие недостаточно изученных течений и пр.

С другой стороны, эти же самые обстоятельства придают особое значение возможности надежной корректуры счисления по ранее измеренным и нанесенным на карты глубинам, как вообще в плава-

нии, так и при производстве гидрографических работ. Это вызывает необходимость уточнения рельефа дна на современных навигационных картах, которое может быть достигнуто только в результате полной систематизации всего имеющегося батиметрического материала (осуществляемой в форме каталога глубин) и последующего на ее основе постепенного очищения карт от ненадежных или недостаточно точных промеров.

Таким образом, сравнительная оценка качества различных промеров является практической необходимостью не только в целях уточнения и облегчения камеральной обработки новых промеров, но и непосредственно для нужд мореплавания.

Понятно, что совершенно нерационально производить такую оценку наново в каждом частном случае, каждый раз обращаясь к подлинным материалам промера и, тем более, на основе чисто субъективного суждения.

Оценка всех произведенных промеров должна быть осуществлена раз навсегда, попутно с составлением каталога глубин, на основе определенной, твердо установленной классификации промеров.

Для этой цели необходимо построить шкалу сравнительной оценки измеренных глубин в зависимости от качества данного промера, определяемого на основании известных показателей или признаков, могущих быть установленными из рассмотрения существующих подлинных материалов.

В отношении полярных морей задача эта усложняется как большим разнообразием источников промеров, произведенных на протяжении десятилетий, так и неполнотой подлинных документов старых промеров, которые тем не менее мы будем вынуждены частично использовать на наших картах в течение еще целого ряда лет.

Настоящая работа представляет собою попытку построения шкалы для сравнительной оценки измеренных глубин с учетом данных условий. Идея построения такой шкалы не является новой. Е. С. Гернет в 1934 г. при промере „Садко“ в Карском море применял 10-балльную шкалу для оценки измеренных глубин (6). Эта шкала предусматривает оценку глубин в зависимости от степени точности определения места их на карте, при этом обсервованные глубины (независимо от качества обсервации) оцениваются 10 баллами, все же промежуточные—от 9 до 1 балла, в зависимости от расстояния и условий плавания.

Насколько известно автору, сравнительную оценку измеренных глубин применял так же Н. Н. Зубов при каталогизации промеров Баренцова моря.

Таким образом, в настоящей работе новым является лишь более широкая постановка вопроса, предусматривающая сравнительную оценку различных промеров в зависимости от общего качества данного промера.

Общее качество промера определяется не только степенью точности координирования, но и степенью точности самого измерения глубины; поэтому предлагаемая здесь шкала дает суммарную оценку данного промера в зависимости от этих отдельных его качеств. В соответствии с этим, шкала имеет два входа: вертикальный вход — по способу измерения глубин и горизонтальный — по степени точности координирования промера.

Для оценки промеров принята пятибалльная система, дающая наиболее наглядную оценку общего качества промера и потому наиболее удобная для практического пользования. В силу значительного количества различных категорий промера при этом возникла необходимость в обобщении оценки близких по своему качеству категорий, что неизбежно приводит к некоторой неточности оценки. С целью устранения этого недостатка шкала предусматривает, помимо общей балльной оценки промера, дополнительную раздельную оценку отдельных его качеств, для чего каждой категории промера присвоена определенная буква алфавита: прописная — для категории вертикального входа и строчная — для горизонтального; порядковое место буквы в алфавите служит выразителем сравнительного качества данной категории промеров в принятой классификации.

Такая система дает, следовательно, как общую оценку промера, выраженную баллом, так и оценку отдельных его качеств, позволяющую сравнивать между собою эти качества, причем те же обозначения служат также и для классификации промера.

Для облегчения ориентировки по вертикальному входу в шкалу в последнем выделены два раздела (непосредственное измерение глубин и косвенное измерение), обозначаемых соответственно римскими цифрами I и II; остальные рубрики этого входа такого обозначения не имеют. Следует оговориться для ясности, что эти обозначения не имеют никакого отношения к оценке промера.

Таким образом, полный шифр каждой глубины, включающий в себе общую оценку данного промера, раздельную оценку отдельных его качеств и полную характеристику по принятой классификации, состоит из римской цифры I или II, балла, прописной и строчной буквы, например: I—4Дв, II—5Гг.

В некоторых частных случаях предусмотрены добавочные обозначения, а именно: 1) для глубин, имеющих особое навигационное значение, например, банки, мелководье в открытом море, отличитель-

ные глубины и пр., в добавление к общему шифру сокращенное выражение нав (навигационная); 2) для глубин, координированных по береговым пунктам, место которых определено пока приближенно, впредь до уточнения положения этих пунктов на карте, в добавление к общему шифру сокращенное выражение усл (условно), например: I—5жд/нав., II—4Иб/усл.

Переходя к рассмотрению классификации промеров, положенной в основу шкалы, необходимо отметить следующее:

1) Шкала построена с учетом специфических особенностей полярных морей и конкретного характера имеющихся материалов судового промера на этих морях.

2) Все принятые в шкале обозначения (непосредственное и косвенное измерение, механический лот, гидростатический глубомер и пр.) соответствуют определениям, предложенным П. В. Мессер (3).

3) Выражение „систематический промер" употребляется в шкале в соответствии с определением, даваемым „Инструкцией по судовому промеру" Гидрографического управления УМС РККА (1).

4) Под „гидрографическим судном" подразумевается (как в шкале, так и в тексте) судно, производившее гидрографические работы и имевшее соответствующее оборудование и персонал.

В основу классификации промеров по степени точности измерения глубины (вертикальный вход в шкалу) положен способ промера и полнота имеющихся документальных данных.

В соответствии с этим основным аргументом для входа в шкалу является обстоятельство: известен или неизвестен способ промера.

Категории „Способ промера неизвестен" придана, по понятным соображениям, низшая оценка; однако она несколько выше категорий неточного промера, на том основании, что эти последние чрезвычайно редко применялись на практике, и потому приравнивать к ним оценку промеров, произведенных неизвестным способом, было бы явно несправедливо в отношении преобладающего числа этих промеров. Кроме того, вероятность применения неточных способов промера представляется особенно сомнительной для первых категорий горизонтального входа в шкалу (систематический промер, промер с документально обоснованной координацией, попутный промер гидрографического судна), в отношении которых и допущено относительное повышение оценки промеров неизвестным способом.

Если способ промера известен, то точность и надежность произведенного измерения глубины определяется прежде всего исправностью или неисправностью прибора.

Под исправным прибором здесь предусматривается прибор любой конструкции, принятой при гидрографическом промере, находящийся

в исправном состоянии и выверенный, инструментальная поправка которого или равна нулю или была точно определена и учитывалась затем при измерении глубин, причем об этом имеются определенные документальные данные.

Если эти данные отсутствуют, промер оценивается по категории „Исправность прибора неизвестна". Хотя ошибки в измерении глубины, могущие произойти от неисправности прибора, до известной степени зависят от типа прибора, представляется мало целесообразным загромождать шкалу подробным отражением этой зависимости. Однако вероятность подобных ошибок значительно меньше у приборов, построенных по принципу непосредственного измерения глубин, чем у приборов косвенного измерения. Поэтому шкала дает для соответствующих категорий промеров различную оценку. Оба раздела шкалы имеют одинаковую структуру (построены по общему принципу).

Если имеются данные о полной исправности прибора, точность промера устанавливается в зависимости от наличия данных о расчете и введении специфических поправок прибора (например, угол наклона лотлиня, поправки за давление атмосферы и разность температур воды на поверхности и у дна, за наклон дна и т. д.).

В целях упрощения шкалы, при наличии упомянутых данных все способы промера (в пределах данного раздела) признаются практически одинаково точными, и этой категории промеров по обоим разделам присвоена высшая оценка.

Если расчет специфических поправок прибора отсутствует в документах промера, шкала устанавливает степень точности промера в зависимости от типа прибора, величины измеренной глубины и некоторых других обстоятельств, влияющих на величину возможной ошибки от неправильного расчета или пренебрежения специфическими поправками данного типа прибора. При этом более высокая оценка присвоена промерам посредством данного прибора в той зоне глубин, на которую он преимущественно рассчитан.

В соответствии с этим принципом, шкала устанавливает следующие категории промеров, охватывающие все способы промера, применявшиеся и применяющиеся обычно на полярных морях.

I. По принципу непосредственного измерения:

а) Промер на стоянке (механическим лотом с блок-счетчиком или марками на лотлине, ручным лотом, дип-лотом или рыба-лотом): 1) при отсутствии дрейфа и 2) при наличии или вероятности дрейфа.

б) Промер на ходу посредством рыба-лота на глубинах 1) <100 м и 2) >100 м (имеется в виду средняя модель); ручным лотом на глубинах 1) <20 м и 2) >20 м; дип-лотом на глубинах 1) <100 м и 2) >100 м.

II. По принципу косвенного измерения:

а) Промер эхо-лотом 1) на участке ровного дна и 2) при сложном рельефе (наличие резких неправильностей рельефа).

б) Глубомером Клаузена 1) в пределах двойного отсчета (по двум трубкам), 2) на глубинах свыше предела двойного отсчета и 3) на глубинах до 20 м.

в) Глубомером Томсона 1) на глубинах $>$ 20 м и 2) на глубинах $<$ 20 м.

Последнее разделение основано на практическом (навигационном) значении глубин менее 20 м, в пределах которых учет поправок гидростатических глубомеров приобретает особую важность.

Промер неточным измерением (механическим лотом без гидростатического глубомера):

на стоянке — по счетчику вьюшки;

на ходу — по маркам лотлиня и скорости хода;

„ „ по счетчику вьюшки и скорости хода;

„ „ пружинным глубомером.

Разбивка категорий промера на упомянутые выше разделы (I и II) произведена с целью облегчения отыскания по шкале нужной категории; при этом неизбежно нарушилось расположение категорий по степени точности промера, а следовательно и алфавитный порядок присвоенных им букв, выражающих относительное качество промера. Однако это обстоятельство является не столь существенным, так как при сравнительно небольшом числе граф (в каждом разделе восемь) отыскание нужной категории не представляет особого труда.

Таким образом, квалификация промера по степени точности измерения глубины производится по следующей, достаточно простой и наглядной, схеме:

1) Способ промера: известен — неизвестен.

2) Измерение: непосредственное — косвенное — неточное.

3) Прибор: исправен — исправность прибора неизвестна.

4) Расчет поправок: имеется — отсутствует.

4-а) (Для I раздела.) Промер: на стоянке — на ходу.

5) Тип прибора и глубина (для эхо-лота — характер рельефа дна).

В основу классификации промеров по степени точности координирования (горизонтальный вход в шкалу) положено наличие или отсутствие материалов счислдния и оссерваций или характер и источник промера.

Высшим типом судового промера является систематический промер. Так как такой промер по самому характеру своему может быть произведен только специальным судном, при наличии достаточного и квалифицированного персонала и соответствующего оборудования,

всем глубинам этого промера, независимо от наличия и полноты подлинных документальных материалов, присвоена в шкале высшая оценка. Глубины же несистематического промера оцениваются в зависимости от наличия или отсутствия материалов по координированию промера.

Место измеренной глубины может быть получено обсервацией (астрономической или навигационной) или по счислению. Ввиду чрезвычайного разнообразия как самих способов определения места, так и различных факторов, влияющих на точность этих способов, абсолютно невозможно выразить в простой и сжатой схеме сравнительное качество (точность) всех этих способов.

Поэтому шкала устанавливает оценку качества координирования промера не по способу, а по результатам обсерваций, причем вероятная ошибка определяется по соображениям в зависимости от конкретных условий плавания и производства обсерваций.

В соответствии с этим, при наличии материалов счисления и обсерваций, шкала дает четыре категории промера по степени точности определения места измеренных глубин:

а) Место глубины определено точно:

1) Полной или безусловно надежной обсервацией (например, три пеленга или два пеленга при надежной поправке компаса, достаточном угле между предметами, отсутствии качки; в открытом море — три или две надежных сомнеровых линии, и т. п.).

2) По счислению между полными обсервациями при отсутствии невязки.

б) Место глубины определено приближенно:

1) Не полной или не вполне надежной обсервацией, например, два ненадежных пеленга, крюйс-пеленг, астрономическая обсервация при плохом горизонте, ненадежной поправке хронометра, малой высоте светила или по одному наблюдению светила и т. п.

2) По счислению между неполными обсервациями или вообще по счислению при наличии невязки.

Если материалы счисления и обсерваций отсутствуют, о точности координирования промера можно судить лишь приблизительно на основании косвенных признаков.

Такими признаками приняты при построении шкалы: источник промера (т. е. кем произведен промер) и характер его (промерный галс или отдельно измеренная глубина), так как вполне естественно предположить, что координирование промера, произведенного гидрографическим или экспедиционным судном будет более точным и надежным, чем координирование промера промыслового или транспорт-

ного судна, и при попутном или рекогносцировочном промерном галсе более надежной, чем при случайном эпизодическом измерении.

Схема квалификации промера по степени точности определения места измеренной глубины имеет, таким образом, следующий вид:

I) Промер: систематический—не систематический.

II) Материалы счисления и обсервации: имеются—отсутствуют.

а) Материалы имеются: место глубины определено точно полной обсервацией или счислением без невязки — место глубины определено приближенно (вероятная ошибка <3 миль—вероятная ошибка >3 миль.

б) Материалы отсутствуют: источник промера известен—неизвестен. Источник известен: а) экспедиционное или гидрографическое судно — промысловое или транспортное судно; б) попутный или рекогносцировочный галс — отдельно измеренная глубина.

Оценка общего качества промера, выраженная баллом, находится в пересечении граф соответствующих категорий вертикального и горизонтального входов, причем категориям промера, характеризуемым неполнотой имеющихся документальных данных, присвоена двойная оценка; высшим баллом оценивается в этих случаях промер, произведенный гидрографическим судном, как более надежный не только в отношении координирования, но и точности измерения глубины.

В качестве иллюстрации к пользованию шкалой приведем следующие примеры из практики камеральной обработки промеров.

Гидрографическая экспедиция на ледокольном пароходе „Малыгин" 1935 г. производила промер в северо-восточной части Карского моря; способ промера — непосредственное измерение механическим лотом с блок-счетчиком (исправным), на полной остановке судна, угол наклона лотлиня учитывался, расчет поправок имеется; промер несистематический, материалы счислений и обсерваций имеются, места глубин определены точно и приближенно, с вероятной ошибкой менее трех миль и более трех миль. Глубины этого промера, в зависимости от точности координации, имеют следующую характеристику, включающую общую и раздельную оценку и классификацию: I—5Аб, I—5Ав, I—5Аг и I—4Ад.

В открытом море, вне видимости берегов, экспедицией обнаружен мелководный район с глубинами менее 8 м. Глубины, измеренные в этом районе, имеют характеристику I—5Аг/нав.

Другой пример: экспедиция Брусилова на шхуне „Св. Анна", дрейфуя в Карском море, измерила ряд глубин, до настоящего времени значащихся на навигационных картах. Способ промера неизвестен; материалы счисления и обсерваций отсутствуют; судно экспедиционное (не только промысловое), промер эпизодический. Характеристика промера — I Сж.

Шкала сравнительной оценки

Способ промера / Точность определения места глубины или источник промера					Способ про							
					I. Непосредственным измерением Ручной лот. Дип-лот, Рыба-лот. Механ.-лот (на стоянке) с блок-счетчиком или марками на лот-лине							
					Прибор исправен (выверен)							
					Поправки введены (расчет поправок имеется)	Расчет поправок отсутствует						Исправность прибора неизвестна
						На стоянке (учет наклона лот-линия отсутствует)		На ходу				
						Дрейфа не было	Дрейф был или возможно был	Рыба-лот. Глуб. ∨ 100 м	Ручной лот. Глуб. ∨ 20 м. Дип-лот. Глуб. ∨ 100 м	Рыба-лот. Глуб. ∧ 100 м	Ручной лот. Глуб. ∧ 20м. Дип-лот. Глуб. ∧ 100 м	
					А	Б	Д	Е	Ж	К	Л	М
Систематический промер												а
Материалы счисления и обсерваций	Имеются	Место глубины определено	Точно	Обсервацией полной или безусловно надежной				5		4—5		3—4	б
				Счислением между полными обсервациями (б—б) невязки нет									в
			Приближенно	Обсервацией неполной или невполне надежной; счислением между б—г (д) или г(д)—г(д); счислением при наличии невязок	Вероятная ошибка менее 3 миль							г
					Вероятная ошибка более 3 миль			4		3—4		2—3	д
	Отсутствуют	Источник промера известен		Экспедиционное или гидрографическое судно	Попутный или рекогносцировочный галс								е
					Отдельно измеренная глубина								ж
				Промысловое или транспортное судно	Попутный или рекогносцировочный галс			3		2—3		1—2	з
					Отдельно измеренная глубина								и
Источник промера неизвестен								3		2		1	к

Примечания: 1. Категории, которым присвоен двойной балл, оцениваются высшим баллом, ские работы).

2. Глубины, имеющие особое навигационное значение (банки, отличительные например, II—2Не/нав.

3. Глубины, координированные по береговым пунктам, положенным на карту к шифру сокращенного выражения „усл" (условно), например, I—5 Аб/усл.

глубин судового промера

мера известен								Способ промера известен		
II. Косвенным измерением: Гидростатические глубомеры Томсона и Клаузена. Эхо-лот								Неточным измерением: Механический лот без гидр. глубомера		
Прибор исправен (выверен)								На стоянке	На ходу	
Расчет поправок отсутствует										
Поправки введены (расчет поправок имеется)	Эхо-лот. Ровное дно (глубины меняются без резких скачков)	Клаузен. Глубины в пределах двойного отсчета	Томсон. Глуб. >20 м. Клаузен. Глуб. вне предела двойного отсчета	Клаузен. Глуб. <20 м	Томсон. Глуб. <20 м	Эхо-лот. Сложный рельеф (глубины резко меняются)	Исправность прибора неизвестна	Способ промера неизвестен	По счетчику вьюшки	По маркам лот-линя или блок-счетчику и скорости хода	По счетчику вьюшки и скорости хода или пружинным глубомером
В	Г	З	И	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф
5	3—4			2—3		2—3			1—2		
4	2—3			2—3		1—3			1		
3	2—3			1—2		1—2			1		
3	2			1		1			1		

если промер произведен гидрографическим судном (т. е. судном, выполнявшим гидрографиче-
и пр.), обозначаются добавлением к шифру сокращенного выражения „нав" (навигационная
приближенно, впредь до уточнения положения последних, обозначаются прибавлением

Предположим, что при нанесении глубин „Малыгина“ на карту возникла невязка с имеющимся уже на карте промером „Св. Анны“. Картограф решает обычно такой вопрос механически: меньшая глубина наносится на карту, бо́льшая отбрасывается. Конечно, это неправильно, и задача уточнения навигационных карт требует иного, более обоснованного решения вопроса, которое и дает предлагаемая шкала.

Располагая систематическим каталогом глубин (вопрос о форме которого не входит в рамки настоящей статьи), любой работник средней квалификации может легко отыскать по каталогу данную глубину и, взяв оттуда ее характеристику, путем механического сопоставления оценок решить вопрос о преимуществе одного промера перед другим (например, характеристика глубины „Малыгина“ I—5Ав, „Св. Анны“ I Сж).

Из приведенных примеров видно, что с помощью описанной здесь шкалы возможно с достаточной простотой произвести как объективную сравнительную оценку измеренных глубин, так и классификацию их, причем полная характеристика каждой глубины имеет достаточно краткое выражение, позволяющее свободно вместить ее в соответствующую графу каталога глубин.

Помимо этого, описанное выше устройство шкалы позволяет также применить ее и при составлении новых карт, путем установления определенных категорий промера, допустимых к использованию на данной карте (в зависимости от ее района, масштаба и назначения, а также наличия материала) и при планировании новых промерных работ.

Не лишне отметить, что вопрос о разработке шкалы сравнительной оценки измеренных глубин приобретает теперь особую актуальность в связи с работами по составлению кадастра морей СССР, проводимыми Государственным Гидрологическим институтом, в общий план которого входит и каталогизация промеров.

Конечно, предлагаемая шкала, представляющая собою попытку в простой схеме охватить все разнообразие накопленного в течение десятилетий батиметрического материала, нуждается еще в тщательной проверке, главным образом, путем практического применения в порядке опыта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по судовому промеру Гидрографич. упр. Л., 1931.
2. Максимов Г. С. Гидрография. Изд. Главсевморпути. Л., 1935.
3. Мессер П. В. Гидрографические работы и морские навигационные карты. Гидрограф. упр. Л., 1933.
4. Сакеллари Н. А. Описание мореходных инструментов. ОГИЗ. Л., 1933.
5. Сакеллари Н. А. Навигация. Гос. воен. изд., 1933.
6. „Садко“ под советским флагом. Изд. Главсевморпути. Л., 1935.

И. А. КИРЕЕВ

СЧИСЛЕНИЕ ПРИ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТАХ В АРКТИКЕ

1. Некоторые замечания о точности счисления в Арктике. Загадка об островах Уединения и Исаченко

Навигационные затруднения, с которыми приходится сталкиваться в Арктике, хорошо знакомы всем мореплавателям, побывавшим за полярным кругом, и не меньшей известностью пользуются трудности, преодолеваемые картографом при попытке положить на карту пути судов, плававших при исключительно неблагоприятных условиях; во многих случаях удается воспроизвести лишь схему пути, которая с гидрографической точки зрения не выдерживает никакой критики.

Не мало примеров, иллюстрирующих это положение, можно привести из истории исследования Карского моря. Достаточно вспомнить о сложном перемещении на карте о. Уединения; обстоятельство это всем хорошо известно, но надо заметить, что после того как в 1934 г. вопрос считался окончательно выясненным, в 1935 г. могло, в сущности, возникнуть новое сомнение, характеризующее, отчасти, степень доверия, которое можно оказывать различным географическим открытиям прошлого столетия.

Остров, который находится в $\varphi = 77°30'$ N и в $\lambda = 82°20'$ E и который в 1933 г. посетили „Челюскин“ и „Белуха“, а в 1934 г. „Седов“, действительно является тем островом, на котором в 1915 г. „Эклипс“ установил знак, обнаруженный в 1934 г. Р. Л. Самойловичем. Но на основании этой находки еще нельзя было сказать с уверенностью, что именно этот остров („Эклипса“) и является о. Уединения, открытым в 1878 г. Иоганнесеном во время плавания на „Нордланде“, который определил его координаты между параллелями 78°31′ и 78°42′N и в долготе 86°E. Правда, по исследованию А. В. Эверлинга, поправка хронометра у Иоганнесена была неверна, вследствие чего долгота была преувеличена именно на ту величину 3°40′, которая соответствует разности долгот островов Иоганнесена и „Эклипса“. Но в таком случае и у „Эклипса“ счисление было в достаточной мере неверным; в нашем распоряжении не имеется материалов, которые позволили бы проанализировать счисление „Эклипса“, поэтому остается допустить, что „Эклипс“ доверился данным Иоганнесена, тем более, что весьма лаконичное описание о. Уединения[1]

[1] Визе В. Ю. История исследования Советской Арктики, Севкрайиздат. 1934, стр. 106.

позволило „Эклипсу“ принять обнаруженный им остров за остров Уединения, хотя из этого описания можно заключить, что о. Уединения вытянут по меридиану, а не по параллели. Некоторое сомнение возбуждает вопрос о большой ошибке в счислении, которое очевидно за все время перехода (от шхер Минина до о. „Эклипса“ и отсюда к о. Диксона) не могло быть проверено астрономическими наблюдениями; относительная ошибка в счислении должна была достигать у „Эклипса“ 19%, причем должен был наблюдаться сильный дрейф на Е, достигавший 1.9 мили на 10 миль счислимого пути. Впрочем примеры крупных ошибок в счислении известны и из практики новейших полярных экспедиций и плаваний 1930—1935 гг.

Западный берег открытого в 1930 г. о. Исаченко, со слов участников экспедиции на „Седове“, оказался „скалистым“. По этому признаку вплоть до 1935 г. не имелось никаких бесспорных данных, которые позволили бы утверждать, что о. Исаченко не является о. Уединения, открытым Иоганнесеном. Только теперь, на основании материалов, полученных экспедицией 1935 г. на „Малыгине“, вопрос можно считать окончательно выясненным. Твердо установлено, что о. Исаченко, открытый в 1930 г. „Седовым“, и Остров I, точно нанесенный на карту „Малыгиным“, являются одним и тем же островом. Для того чтобы доказать, что этот же самый остров не является о. Уединения, открытым Иоганнесеном, особого труда не потребовалось, но в связи с интересом, который проявляет к этому вопросу широкий круг полярных работников, здесь приводятся все подробности произведенного исследования.

Прежде всего надо заметить, что имелся ряд признаков противоположного значения, которые нельзя было оставить без внимания.

На приложенном снимке с карты № 1484 (рис. 1) показан о. Уединения в том виде, в каком он был нанесен на картах Карского моря издания 1932—1934 гг. Остров I, находящийся в 45 милях на ESE, в плане имеет почти овальную форму, но его возвышенная часть по форме близка к четыреугольнику (на рис. 1 заштрихована); низменные песчаные наносы, округляющие контуры на севере, на востоке и на юге, с моря (и с самого острова) видны лишь на близком расстоянии. Таким образом, если смотреть на Остров I с моря, то его очертания сильно напоминают о. Иоганнесена. К тому же оба они вытянуты по меридиану и одинаковы по длине,[1] тогда как о. „Эклипса“ вытянут по широте всего на 3 мили; странно, как мог Иоганнесен допустить такой грубый промах в оценке размеров острова. Наконец,

[1] По Иоганнесену „протяжение острова с севера на юг составляет примерно $2^1/_2$ географических мили“, т. е. равно 10 морским милям, соответствующим длине Острова I.

Остров I лежит немного ближе к острову Иоганнесена, чем остров „Эклипса“.

Далее следует упомянуть о признаках, которые либо страдают некоторой неопределенностью либо являются общими для обоих островов и, следовательно, непоказательными.

Речь идет, во-первых, об озере (читай — лагуне) с вытекающей из него на юг речкой. По Иоганнесену озеро (лагуна) находится „внутри острова“; однако лагуны имеются на обоих островах и на Острове I и на о. „Эклипса“; но расположены они не внутри, а на севере и на юге. При этом на острове „Эклипса“ в 1933—1934 гг.

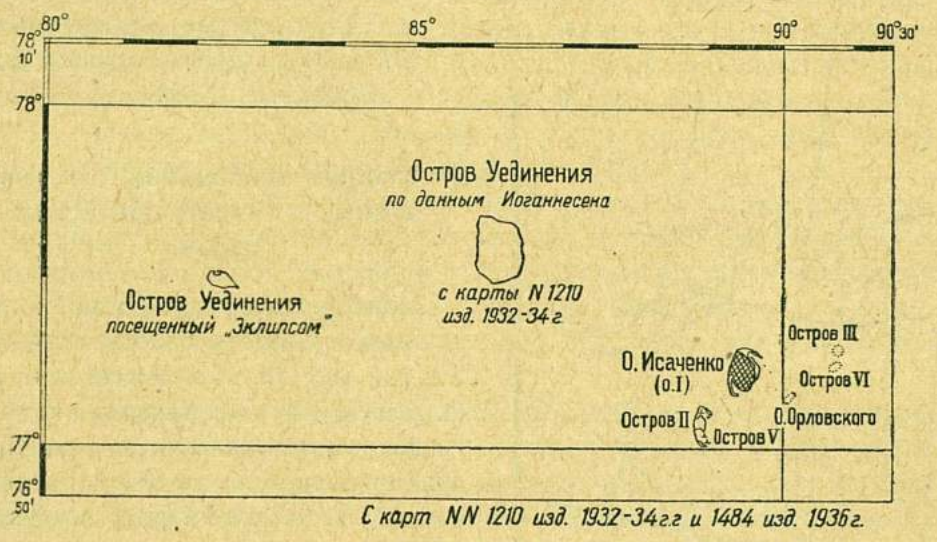


Рис. 1.

никакой речки не обнаружено (имеется лишь сухой лог), тогда как на Острове I насчитано до шестидесяти двух речек и ручьев, имевших снеговое питание; но этому противопоказателю нельзя придавать существенного значения, так как с 1878 по 1915 г. и с 1915 по 1934 г. в характере озера (лагуны), виденного Иоганнесеном, могли произойти изменения; в ту пору оно могло сообщаться с морем протокой, которая в настоящее время оказалась занесенной песками. Во-вторых, Иоганнесен констатирует отсутствие на острове всякой растительности; это справедливо по отношению к острову „Эклипса“, но Иоганнесен не мог видеть лишайники и мхи, покрывающие внутреннюю возвышенную часть Острова I. Общими признаками для обоих островов являются обрывистый характер берегов на западе и сравнительно отлогий — на востоке, а также — наличие плавника.

Таким образом, если Иоганнесен подходил к о. Уединения лишь с севера или с северо-востока или, в пасмурную погоду, с запада или с востока, то по всем приведенным выше данным едва ли у кого-либо могло возникнуть сомнение в том, что Остров I является о. Уединения. Решающим признаком является маршрут Иоганнесена (рис. 2).[1]

Рис. 2. Путь Иоганнесена в районе о. Уединения на судне „Нордланд".

Какой бы неточностью ни отличалось счисление Иоганнесена, трудно допустить, что, огибая о. Уединения с востока и с запада, он мог не заметить Острова II, V, III и VI, открытые „Малыгиным" в 1935 г., и о. Орловского, открытого „Ермаком" в 1934 г.

2. Особые требования, предъявляемые к гидрографическим судам

Приведенные выше подробности не имеют прямого отношения к делу, так как ни Иоганнесен ни О. Свердруп не плавали с гидрографическими целями; но они наглядно свидетельствуют о последствиях, первоисточником которых являлась крайняя неточность счисления. В настоящее время не может быть и речи о подобной грубости счисления, так как мореплаватель располагает усовершенствованными приборами и во многих случаях может пользоваться усовершенствованными навигационными приемами. Но какой бы точностью ни обладали эти приборы и какую бы практическую ценность ни представляли эти приемы, цель не будет достигнута до конца, пока не будут составлены точные карты северных морей.[2] Для этого

[1] С карты, приложенной к статье Ю. М. Шокальского „Карское море и его океанографический характер". (Известия Гос. Института геодезии и картографии. Новости картографии, вып. 1, 1931).

[2] Попутно с уточнением карты должно итти увеличение масштаба ходовых карт; в настоящее время в Арктике преобладают карты мелкого масштаба, поэтому в искажении счисления не последнюю роль играют общеизвестные графические неточности прокладки.

требуется образцовая постановка гидрографической службы, между тем гидрографические суда, на долю которых выпадает задача по производству морской описи, не располагают до сего времени никакими инструкциями, касающимися методов работы во льдах, и пользуются обычными правилами, которые в Арктике не всегда оказываются действительными.

Если речь идет о координировании судового промера по береговым предметам, то наличие или отсутствие льда, конечно, не влияют на технику работы. Но при выполнении морского промера вне видимости берегов, когда координирование производится по счислению и путем обсервации по небесным светилам и по радиопеленгам, возникает надобность в особых правилах, потому что и не только во льдах, а и во всяком море, в котором существуют заметные течения, надо так или иначе определять и учитывать снос, иначе итоги работы не будут отличаться той степенью точности, которая необходима и достаточна для составления навигационных карт.

Не касаясь здесь ни вопроса об определении сноса, ни всех прочих мероприятий, выработанных на практике для повышения качества гидрографических работ,[1] перейдем непосредственно к рассматриваемой теме, касающейся самих методов счисления, которое, как известно, заменяет собою прокладку во всех случаях, когда она становится слишком сложной.

Хотя в основе всех применяющихся на практике методов счисления лежит единая система,[2] тем не менее в Арктике, например, не существует и не может существовать никакого универсального метода и обычно каждый гидрограф пользуется той схемой, которая кажется ему наиболее приемлемой для данных условий. В настоящей заметке излагаются способы, выработанные автором и применявшиеся для вычисления путей „Седова“ в 1934 г. и „Малыгина“ в 1935 г. и для перевычисления путей ледоколов, плававших в Карском море в 1930—1934 гг. по существовавшей неточной карте. Прежде чем говорить по существу этих способов, надо рассмотреть вопрос о так называемом „микросчислении“ при плавании во льдах.

3. Метод Макарова

Счисление при гидрографических работах в открытом море выгоднее вести не по часовым или каким-либо иным промежуткам времени, а от момента измерения одной глубины до момента измерения

---

[1] Отчет экспедиции на „Малыгине“ в северо-восточной части Карского моря. в 1935 г. (Фонды Гидрографического управления Главсевморпути.)

[2] Развязка пути, вычисляемого в прямоугольных координатах.

следующей глубины; при этом в общем случае, когда плавание происходит по чистой воде или в разреженном льду, позволяющем долгое время итти постоянным курсом, глубины обязательно измеряются не только в соответствии с принятой на данном галсе частотой судового промера, но и в точках поворотов; таким образом элементарное счисление, от глубины до глубины, всегда будет простым счислением.

В частном случае, при плавании в сплоченном льду, нет никакой возможности учесть бесчисленные повороты и изменения скорости хода, непрерывно следующие друг за другом, и вскоре штурман совершенно теряет представление о том, с какой средней скоростью он шел и в какую сторону преимущественно поворачивал. Человеческая память способна запечатлеть большое число фаз одного и того же явления, однако лишь на протяжении ограниченного промежутка времени. Можно довольно верно оценить на-глаз среднюю скорость, которую имел ледокол в течение протекших нескольких минут, но ошибка будет очень велика, если пытаться установить эту скорость по истечении часа или, хотя бы, получаса. Записав курс в начале и в конце короткого промежутка времени, получают средний курс, который если не всегда, то по крайней мере в большинстве случаев будет наиболее вероятным средним курсом. Таким образом, элементарное счисление от начала до конца данного короткого промежутка времени всегда будет простым счислением, а счисление от глубины до глубины — сложным счислением. Способ этот в еще более упрощенном виде предложен С. Макаровым,[1] который рекомендовал детализировать счисление по пятиминутным промежуткам, ограничиваясь записью курса, по которому в данный момент правят, и скорости (на-глаз), которую ледокол в данный момент имеет. Генеральный курс исправлялся склонением, а девиацией пренебрегали „по ее незначительности, тем более, что она на разные румбы имеет разные знаки“.

Схема для вычисления генерального курса и генерального плавания, применявшаяся Макаровым, была крайне проста и удобна; теоретически она была правильна, так как для каждого среднего курса в отдельности вычислялись разности широт и отшествия. Впоследствии она была еще больше упрощена: курсы и скорости, записанные через каждые 5 минут, за каждый час складывались, и из них брались арифметические средние.[2]

---

[1] Макаров С. „Ермак“ во льдах, СПб., 1901, стр. 353.

[2] Морозов Н. Руководство для плавания во льдах Белого моря, ГИЗ, 1921, стр. 30.

Именно этот способ и удержался еще на ледоколах и ледокольных пароходах, хотя по существу он неверен, так как складывание расстояний, пройденных не по прямой линии, равносильно искусственному выпрямлению ломаного пути, следовательно генеральное плавание при этом методе всегда преувеличивается. Исследование, произведенное в 1935 г. в экспедиции северо-восточной части Карского моря, показало, что это преувеличение, выраженное в процентах от пройденного (по счислению) расстояния, как функция от амплитуды колебаний элементарных (пятиминутных) курсов, характеризуется гиперболической кривой (рис. 3). Материалом послужили записи, сделанные во время океанографической экспедиции 1934 г. на ледокольном пароходе „Седов", в которой автором настоящей статьи на практике были испытаны все способы счисления. В общей сложности было записано 1080 пятиминутных курсов и скоростей, относившихся к 204 глубинам, которые были измерены в тяжелом льду в период с 17 августа по 9 сентября 1934 г.[1] На основании этих данных составлена таблица поправок (q), которые следует вводить в пройденное расстояние при пользовании упрощенным методом Макарова.

Амплитуда в °	Поправка q в %	Амплитуда в °	Поправка q в %
10	0.5	100	15.8
20	1.3	110	18.6
30	2.3	120	21.6
40	3.7	130	25.3
50	5.3	140	30.0
60	6.9	150	35.2
70	8.8	160	41.5
80	10.9	170	52.0
90	13.2	>170	данных нет

По смыслу этой таблицы предполагается, что пятиминутные курсы колеблются на данном участке более или менее равномерно, в пределах данной амплитуды, но на практике случается, что путь долгое время располагается почти по прямой, и лишь изредка приходится резко уклоняться от генерального курса.[2] Вывод средней амплитуды

[1] Обработка произведена методом вариационной статистики; окончательные данные, помещенные в таблице, получены с точностью до $\pm 0{,}8\%$.

[2] Данные, полученные при обработке, в подобных условиях давали резкое отклонение от кривой, изображенной на рис. 3, и были отброшены.

колебаний курсов для каждого данного участка представил бы на мостике затруднения, поэтому практически, в упомянутых выше исключительных случаях, поправка вовсе не учитывается, а вообще при плавании во льдах переменными курсами счисление следует вести по участкам, не превышающим по длине 3 миль, тем более что кривая поправок выведена для расстояний не свыше 2—3 миль. При этих условиях, как показало дальнейшее исследование, упрощенный способ Макарова дает вполне удовлетворительные результаты и может с успехом применяться не только на обычных судах, где штурман обычно бывает до такой степени занят маневрированием, что он лишь с трудом поспевает сделать простейшие записи, но и на гидрографических судах, где имеется достаточный штат навигаторов, которые могли бы применять и любой иной, более сложный способ.

Действительно, вычислять разности широт и отшествия для каждого пятиминутного промежутка в отдельности нецелесообразно, коль скоро в основу всего способа положены довольно грубое определение среднего курса и глазомерное определение скорости хода. Но каковы бы ни были недостатки этого „микросчисления", обойтись без него не представляется возможным. Как справедливо замечает Макаров,[1] „как бы грубы приемы ни были, со счислением все же лучше, чем без счисления, и, войдя в лед, надо заставлять себя вести пятиминутные записи, иначе можно совершенно потерять уверенность в знании своего места".

Существенное облегчение и повышение качества этого счисления достигается с помощью курсографа, заменяющего и уточняющего половину работы навигатора, которому остается лишь сосредоточить все внимание на определении скорости хода; курсограф применялся, например, в 1935 г. на ледоколе „Красин". Какой именно метод вычисления пути, макаровский или упрощенный, следует применять при наличии этого прибора, сказать сейчас, за отсутствием опытных данных, не представляется возможным.

В частном случае, когда приходится долго маневрировать в тяжелом льду на ограниченном пространстве, весьма полезно замечать на льду исходную приметную точку и пеленговать ее по истечении некоторого промежутка времени, определяя таким образом генеральный курс. Глазомерная оценка расстояния до приметной точки во многих случаях может заменить в подобных условиях и определение генерального плавания.[2] Понятно, что лучшим и простейшим способом подобного счисления явилось бы сочетание дальномера и пелен-

---

[1] Макаров С. „Ермак" во льдах. СПб., 1901.

[2] Это упрощение применялось иногда в 1935 г. на „Малыгине".

гатора; в тумане и вообще в плохую видимость на смену выступают курсограф и записывание скорости хода через каждые 5 минут.

Что касается искажений генерального курса, за который, при пользовании упрощенным методом Макарова, принимается средний арифметический курс, то, как видно на рис. 3, они не превышают 12° и, достигая максимума при амплитудах 90—100°, в дальнейшем имеют тенденцию уменьшаться. Знак поправки, выраженной в градусах, зависит, очевидно, от того, в какую преимущественно сторону судно уклонялось от генерального курса; но судить об этом заранее, не зная генерального курса, затруднительно, поэтому на практике вводить поправку не следует, тем более что для коротких сравнительно генеральных плаваний, не превышающих трех миль, она не имеет существенного значения и носит случайный характер. Но самый факт искажения генерального курса учитывается при выборе той или иной схемы увязки пути, как об этом сказано в п. 5.

4. Основы счисления при морской описи

Известно, что ни один метод счисления не может гарантировать получения абсолютной точности.[1] Если при выполнении гидрографических работ в пределах видимости береговых предметов место каждой глубины определяется вполне надежно, то в открытом море речь может итти лишь о получении наиболее вероятных координат.

Далее, как уже упомянуто, не может существовать ни одного универсального метода счисления, пригодного во всех случаях, и к каждому галсу или к каждому участку пути надо подходить с особой оценкой, зависящей от условий данного перехода. При отсутствии гирокомпаса главным источником ошибок в счислении в общем случае является незнание точной поправки компаса; либо не имеется верной карты изогон при одновременном отсутствии надежных данных о девиации, резко меняющейся в северных широтах в пределах до 12° и более, либо вследствие пасмурности или облачности нет возможности определить поправку компаса по солнцу, либо, наконец, картушка слишком застаивается. Однако может случиться, что эти неблагоприятные явления отсутствуют на данном участке пути, поэтому причину расхождения счислимого места с обсервованным придется здесь приписать иным явлениям (например, ошибкам в определении скорости хода и незнанию элементов дрейфа) и избрать несколько иной способ увязки счислимого пути.

---

[1] Выражение „абсолютная точность" применено здесь в том смысле, что ее мерилом считается точность, достигаемая путем навигационных определений места по береговым предметам.

В частном случае, когда поправка компаса ненадежна, и судно медленно продвигается в тяжелых льдах или лежит в дрейфе, преимущественное значение приобретает влияние дрейфа, и способ увязки должен соответствующим образом измениться. При наличии безукоризненно действующего гирокомпаса в общем случае отпадают все сомнения относительно истинного курса, и остается лишь сосредоточить внимание на определении элементов дрейфа, чтобы сократить расхождение между счислимыми и обсервованными местами до минимума. Однако и здесь при увязке пути нельзя придерживаться какого-либо общего правила, так как скорость и направление дрейфа физически невозможно определять постоянно, между тем эти элементы меняются и во времени и в пространстве.

Существенное значение имеют и условия дрейфования. Если судно идет в сплоченном льду, то оно дрейфует вместе со льдом, с той же скоростью и в том же направлении; если же плавание происходит в разреженном льду или по чистой воде, то дрейф происходит под влиянием равнодействующей силы ветра и поверхностного течения, причем в свежую погоду влиянием течения можно пренебречь. Однако действие ветра не всегда можно учесть, и обстоятельство это является постоянным источником ошибок в счислении, так как элементы ветрового дрейфа зависят не только от силы и направления ветра, которые определяются к тому же с некоторыми перерывами, но и от скорости хода судна и от курсового угла на линию ветра, причем достоверные данные имеются лишь для частного случая, когда судно стоит с застопоренной машиной лагом к ветру или идет лагом или почти лагом к ветру.

Отсюда видно, что даже в том случае, когда на гидрографическом судне применяется однообразная и при этом наиболее совершенная система кораблевождения (систематическое определение элементов дрейфа, скорости и направления ветра, скорости хода, „микросчисление“ по пятиминутным промежуткам и пр.), степень точности полученных результатов никогда не будет одинаковой, и для получения наиболее вероятных координат каждой точки, в которой измерена глубина, необходимо применять систему увязки галса, соответствующую данным условиям плавания.

Схемы увязки пути гидрографического судна, которые предлагаются ниже вниманию читателя, конечно не являются совершенными, поскольку не существует еще совершенных способов определения ветрового дрейфа и учета прочих явлений, искажающих счисление. Во всяком случае, эти схемы проще некоторых других схем, которые автору случалось видеть и в которых без ущерба для дела можно было ввести ряд упрощений.

Прежде чем перейти к рассмотрению схем, надо условиться, что именно считать обсервованным и счислимым местами, какова степень доверия к этим точкам и какова, следовательно, степень доверия к вычисленным координатам данного участка пути.

Береговые предметы, правильно нанесенные на карту, обеспечивают наивысшую точность привязки галса, поэтому в общем случае участок пути, заключенный между двумя подобными обсервованными точками, будет заслуживать наибольшего доверия, однако при условии, что относительная ошибка в счислении не превышает 0.03. [1] Точки, расположенные ближе к обсервованным пунктам, будут более надежными, следовательно, при отсутствии промежуточных обсерваций, наименее точной будет средняя часть галса независимо от условий плавания на всем галсе.

Следующее по степени точности место занимают обсервованные пункты, полученные путем точных астрономических наблюдений на льду (универсальным инструментом и секстаном с искусственным горизонтом). Однако надо иметь в виду, что если эти наблюдения производятся на дрейфующем льду, то при большой их длительности [2] они должны сопровождаться определением элементов дрейфа. Случаи подобных наблюдений на неподвижном льду представляют сравнительную редкость, так как в открытом море даже сплошной лед далеко не всегда бывает неподвижным, а если речь идет о припае, то в большинстве случаев имеется возможность определиться по береговым предметам.

Далее идут обсервованные места, полученные путем судовых астрономических наблюдений; по имеющимся материалам можно сделать следующие предварительные выводы о степени их надежности:

а) существенное значение имеет применение прибора Пульфриха, так как в Арктике наклонение видимого горизонта по величине может значительно отличаться от данных, приведенных в Мореходных таблицах; таким образом при отсутствии этого прибора широта, например, всегда преувеличивается на 1—2′, а при пользовании прибором результаты очень часто бывают близки к результатам точных астрономических наблюдений универсалом. [3]

---

[1] Относительная ошибка в счислении определяется по формуле $\psi = \frac{\gamma}{L}$, где γ — абсолютная ошибка, выраженная в милях (расхождение между счислимым и обсервованным местами), и L — длина пути в милях.

[2] Что бывает в тех случаях, когда желают определить широту и долготу при наиболее выгодных условиях.

[3] Киреев И. А. Работы гидрографической группы Гидрографического управления Главсевморпути в океанографической экспедиции 1934 г. на л/п „Седов". Труды Арктического института, т. 83, 1937.

б) По ряду причин (ненадежность табличных данных о наклонении видимого горизонта и о рефракции, неясность горизонта, наличие на горизонте торосистого льда и пр.) заслуживающими доверия можно считать лишь определения широты и долготы при наиболее выгодных (по времени) условиях, а ошибки в определении места по сомнеровым линиям нередко достигают 8—10 миль; таким образом, если необходимо закрепить длинный участок пути, то со всех точек зрения выгоднее либо стать на якорь (если позволяют ледовые условия), либо лечь в дрейф на промежуток времени, необходимый для полной обсервации (практически не менее 4 часов).

Надо еще заметить, что на сравнительно коротких галсах, примерно не свыше 100 миль, или продолжительностью не более 20 часов, точность счисления (конечно, с учетом дрейфа) нередко бывает выше точности определений места секстаном, особенно при отсутствии прибора Пульфриха и вообще при неблагоприятных условиях астрономических наблюдений; в этих случаях выгоднее вовсе не учитывать промежуточные обсервации и увязывать счисление непосредственно между двумя точками (концами галса), определенными по береговым предметам или иными вполне надежными способами.

в) Что касается средней точности астрономических определений места секстаном, то здесь, для иллюстрации, можно привести результаты исследования, проделанного зимой 1935/36 г. в экспедиции северо-восточной части Карского моря И. М. Рогачевым и касающегося определений места в 1935 г. на ледоколе „Малыгин". Всего было произведено семью различными наблюдателями 194 наблюдения, из которых 46 было по различным причинам забраковано. Наблюдения производились различными секстанами при отсутствии прибора Пульфриха. Вводилась поправка по таблице 15 Мореходных таблиц. Все задачи были решены в 1-м и во 2-м приближениях. [1] Судить о степени точности полученных результатов по сравнению с более надежными данными (обсервации по береговым предметам или универсалом) можно по ряду параллельных наблюдений у о-вов Исаченко и Воронина; среднее расхождение составило ± 1.2 мили при крайних значениях 0.1 и 3 мили, причем точнее всего определялась широта. Примерно такие же результаты получены в открытом море различными наблюдателями в одной и той же точке (при стоянке на якоре на суточной станции). [2]

---

[1] Координаты, полученные в итоге 1-го приближения, явились исходными для решения задачи во 2-м приближении.

[2] При обработке за окончательные координаты было принято среднее арифметическое из всех определений.

Итак, средняя точность обсерваций по солнцу составила ±1.2 мили, причем результат этот относится ко всем видам определений, включая способ Сомнера. Но у различных наблюдателей ошибки были различными; у некоторых они колебались в пределах от 0.1 до 0.5 мили (И. М. Рогачев), а у других достигали 3 миль.

По поводу этих результатов может возникнуть вопрос, не лучше ли производить наблюдения лишь одним хорошо выверенным секстаном и не лучше ли, если эти наблюдения производятся в течение всего плавания лишь одним постоянным наблюдателем. Повидимому, подобный вывод был бы ошибочным, так как польза всякого рода параллельных наблюдений не вызывает сомнений; из опыта известно, что даже опытный наблюдатель может сделать непоправимый промах, который был бы устранен, если бы наблюдения производились одновременно двумя-тремя лицами.[1] Но это не значит, что нельзя доверять итогам, полученным лишь одним наблюдателем, если наблюдения производились по всем правилам.

На последнем по степени точности месте стоят всякого рода полуобсервованные места, полученные по неполной обсервации универсалом или секстаном на льду или на судне; сюда относятся: определение широты или долготы или вероятного места по пересечению сомнеровой линии с долготой, вычисленной по той же сомнеровой линии. Если эти наблюдения произведены одно после другого спустя 12 часов и более, то их нельзя связывать, а в отдельности они служат лишь некоторым контролем, степень полезности которого зависит еще от общих условий плавания. Обстоятельство это опять-таки говорит в пользу выжидания (на якоре или в дрейфе) с целью получения полной обсервации при наилучших условиях, так как показателем успешности гидрографических работ прежде всего является количество и качество обсерваций, а не количество пройденных миль или измеренных глубин.

За отсутствием достаточных материалов нельзя сказать, какова средняя точность определения места (или линии положения) по радиопеленгам. Как известно, степень надежности радиопеленга зависит от ряда элементов, из которых важнейшими (если судить по имеющимся практическим данным) являются:

а) расстояние до пеленгуемого предмета,

б) орографические условия (характер местности в районе между судном и предметом, величина угла между направлением на предмет и касательной к берегу, на котором расположен предмет),

[1] Так, например, в Таймырской экспедиции 1932 г. при определении широты одним наблюдателем по неизвестным причинам отсчет был преуменьшен на 10′, вследствие чего о. Визе, верно положенный на карту в 1930 г., был передвинут на 10 миль к северу и „возвращен" на свое место лишь в 1934 г.

№№ по порядку	Дата	Судовое время по V поясу	Вычисленные координаты		Наименование радиостанции, на которую взят радиопеленг	Расстояние до станции в милях	И. Р. П. (истинный радиопеленг)	Курсовой угол на станцию при пеленговании	Отклонение И. Р. П. от вычисленной точки		
			N	E					по азимуту в градусах	в милях	в % от расстояния
1	7/X	5.10	76°49′.8	70°43′	Мыс Желания	25.5	288¼	3°	0	0	0
2	26/VII	1.00	77 53 .5	83 47 .5	О. Уединения	30.5	38¾	48	0	0	0
3	3/X	1.40	74 00 .2	80 14 .5	О. Диксона	45.0	357¼	123	0	0	0
4	3/X	9.48	74 36 .9	80 49 .5	„	53.0	9¼	54	0	0	0
5	24/VII	10.00	77 53 .5	86 50 .5	О. Уединения	122.5	65¼		0	0	0
6	23/VII	10.00	77 40 .6	82 17	„	10.5	180	93	+ 2	0.4	4
7	7/X	4.10	76 44 .5	70 48	Мыс Желания	28.5	112½	128	+ 3½	1.5	5
8	3/X	5.22	74 17 .5	80 31 .5	О. Белый	183.0	78		— 5	17	9
9	23/VII	22.40	77 38 .4	82 11 .0	О. Уединения	8.2	179	85	— 5	0.9	11
10	22/VII	14.25	77 52 .1	77 27 .5	„	65.2	116	24	— 6	6.9	11
11	22/VII	17.52	77 56 .2	78 46 .7	„	51.5	128.2	51	— 8¼	6.3	12
12	23/VII	4.15	77 41 .6	81 45	„	13.1	132¾	44	+15½	3.3	25
13	23/VII	3.40	77 41 .7	81 45 .5	„	13.2	135½	25	+15½	3.4	26
14	21/VII	12.40	77 12 .7	71 07 .5	Мыс Желания	33.0	258	159	+12½	9.5	29

в) время наблюдения, [1]

г) надежность радиодевиации,

д) надежность поправки компаса и

е) величина курсового угла на предмет.

Из перечисленных выше элементов все, кроме последнего, в каждый данный момент не зависят от воли наблюдателя, желающего проверить счисление при первой представившейся возможности. Что же касается курсового угла, то этот элемент имеет, вероятно, исключительное, если не решающее значение, и в большинстве случаев каждое судно имеет возможность проверить радиопеленг на курсовом углу 0°, что и следует делать при гидрографических работах, не останавливаясь перед затратой времени и непродолжительным отклонением от генерального курса.

Из опыта экспедиции 1935 г. на „Малыгине" нельзя сделать исчерпывающих выводов, тем более что данные относятся к случаям пеленгования одного лишь предмета, так как в условиях плавания в Баренцовом и в Карском морях определение по двум одновременным радиопеленгам в настоящее время не может дать надежных результатов вследствие большого удаления одной радиостанции от другой. В помещенной на стр. 66 таблице приведены только те данные, которые позволяют сравнить результаты радиопеленгования с координатами, полученными иными способами и принимаемыми за истинные (обсервации по береговым предметам и по солнцу); в таблице эти координаты именуются „вычисленными".

Точки показаны в порядке возрастания относительной ошибки радиопеленга, выраженной в процентном отношении от расстояния до станции. Как видно из этих данных, не усматривается прямой зависимости точности радиопеленгования ни от времени радиопеленгования, ни от расстояния до станции, ни от курсового угла на нее. При самых выгодных моментах пеленгования получены наихудшие результаты (точка 14) и, наоборот, ночью в трех случаях из семи ошибка была равна нулю (точки 1—3). Несколько яснее зависимость от расстояния. Так, например, при расстояниях менее 60 миль в 5 случаях из 11 ошибка была от 0 до 4%; впрочем при очень малых расстояниях ошибка была от 11 до 26% (точки 9, 12 и 13). На расстояниях от 60 до 183 миль получены в двух случаях средние результаты (точки 8 и 10) и в одном случае — отличные (точка 5). Что касается зависимости от курсового угла, то и здесь ничего определенного не выяснилось. При попытке

[1] Именно в этом преимущественно пункте должно сказываться влияние различных геофизических факторов, влияние которых не подлежит сомнению, но еще далеко не изучено.

корреляции (в зависимости от трех переменных) для 12 точек получен коэффициент 0.55, но 7 точек (1, 6, 7, 9, 10, 11 и 14) легли на согласную кривую.

Итак, с одной стороны, получены данные, свидетельствующие о том, что даже при смешанных условиях радиопеленгования судно во многих случаях надежно определяло свою линию положения.[1] С другой стороны, и при благоприятных, казалось бы, условиях ошибки бывали очень значительными.[2] Таким образом собранных данных недостаточно для того, чтобы судить о преимущественном влиянии того или иного фактора (расстояния, курсового угла и пр.), но одно лишь обстоятельство является несомненным: ввиду огромного значения радиопеленгования в условиях плавания в полярных морях, необходимо продолжать исследования в этой области, включив их в план каждой гидрографической экспедиции.

Понятие о счислимом месте не требует особых пояснений. В общем случае — это счислимые координаты, не проверенные обсервацией и полученные на карте по истинному курсу и пройденному (по лагу или по числу оборотов) расстоянию. Остается лишь ввести понятие о счислимом месте, исправленном на дрейф; для краткости условимся именовать его исправленным местом. Таким образом, исправленные координаты включают поправку на дрейф, определенный экспериментально или по каким-либо таблицам.

Что касается так называемых истинных координат, полученных в результате обсервации, то со всех точек зрения правильнее было бы именовать их вероятными координатами судна.[3] Однако для гидрографических судов автор предпочитает термин вычисленные координаты, распространяя его на весь путь, пройденный между двумя обсервованными точками, и решительно отвергая возможность графической увязки пути гидрографического судна.

---

[1] В таблице не приведены данные, относящиеся к тем случаям, когда счисление не отличалось особой точностью. Так, например, во время шторма 7—9 октября „Малыгин" принужден был в течение двух суток держаться в районе Русской Гавани против волны 8—10 баллов, в расстоянии 15—25 миль от берега, при плохой видимости (часто налетала пурга). Но линия положения была все время известна благодаря частым радиопеленгам на станцию Русской Гавани, и утром 10 октября „Малыгин" уверенно подходил к берегу, руководствуясь радиопеленгом.

[2] С чисто технической точки зрения весь материал предполагается равноценным, но возможно, что в начале плавания, когда и наблюдались наибольшие ошибки, искажения радиопеленгов происходили по внутренним техническим причинам.

[3] Астрономо-геодезическая основа сама по себе не является непогрешимой и кроме того, понятие об истинных координатах может быть отнесено лишь к математической точке, тогда как судно не располагает такими приборами, которые позволили бы трактовать о точности, превышающей некоторую долю мили.

Понятие о морской описи или о морском промере неразрывно связано с понятием о счислении. К тому же графический способ, будучи сам по себе очень грубым, не дает никаких преимуществ и в скорости, так как при любом способе увязки все равно надо составить каталог измеренных глубин с указанием даты (год, месяц, число, часы, минуты), широты и долготы и отметки грунта.[1]

Последний вопрос, который остается разрешить, это вопрос о точности, с которой следует вычислять координаты пути гидрографического судна в зоне морского промера. Очевидно, что ответ на этот вопрос стоит в тесной связи с вопросом о наибольшей точности, которой удалось данному судну достигнуть. Что считать показателем этой точности — относительную ошибку в счислении или среднюю вероятную ошибку вычисленных координат? Первый фактор имеет смешанный характер, — относительная ошибка в счислении зависит не только от степени налаженности службы кораблевождения, но и от случайных явлений, которые при современном состоянии техники еще не могут быть в полной мере учтены (ветровой дрейф, трудность экспериментального определения дрейфа в сплоченном льду или на больших глубинах и пр.). Второй фактор, наоборот, является прямым и непосредственным показателем успешности всей работы в целом.

Обращаясь к материалам экспедиции 1935 г. на „Малыгине", видим, что из числа 1632 измеренных ею глубин 542 были определены по пеленгам на береговые предметы с наибольшей вероятной ошибкой ± 0.06 мили. Остальные 1090 глубин были измерены при морском промере, причем средняя вероятная ошибка вычисленных координат составила ± 0.25 мили при крайних значениях от 0.1 до 0.7 мили. Таким образом вычисленные координаты точек морского промера следовало бы округлять до $^1/_4$ мили, но, учитывая полученную на некоторых галсах более высокую точность (от ± 0.1 до ± 0.2 мили), а также удобство накладки на карты крупных масштабов, окончательные координаты решено было вычислить с точностью до $0'.1$ по широте и до $0'.5$ по долготе.

Всегда ли можно применять способ оценки вычисленных координат по величине средней вероятной ошибки? Очевидно, что это возможно лишь в тех случаях, когда известна средняя вероятная ошибка астрономических наблюдений; если же судить об этом трудно или если этих наблюдений вовсе не удалось произвести, то единственным критерием является относительная ошибка в счислении. Подобные условия надо считать пережитком прошлого.

---

[1] Наличие каталога является необходимым главным образом для картографических работ и для корректуры карт.

При правильном планировании исследовательских работ, т. е. при внимательном учете синоптических условий, при проведении всех мер, способствующих уточнению счисления[1] и при подчинении всех прочих изучаемых дисциплин основной цели, т. е. стремлению как можно точнее нанести промер на карту, — гидрографические работы в Арктике всегда будут стоять на высоте, а все прочие дисциплины (гидрология, геология дна, гидробиология) лишь выгадают в качестве, так как чем точнее известен путь судна, тем вернее все выводы. Всякая иная постановка дела абсолютно недопустима в чисто гидрографической экспедиции, производящей исследования в зоне трассы или вообще в тех районах, которые посещаются всякого рода иными судами, не преследующими специальных исследовательских целей. Иное дело — высокоширотные экспедиции: они не прокладывают пути для других судов, а изучают явления, влияющие на условия плавания в зоне трассы; успешность этих труднейших работ зависит не от степени точности счисления, а от широты охвата всех явлений и во времени и в пространстве.

5. Журнал счисления

Весь ход счисления распадается на следующие составные элементы

а) ведение счисления на мостике и

б) вычисление пути.

Записи, сделанные на мостике в журнале счисления, являются исходными данными, с одной стороны, для надобностей текущей прокладки, а, с другой стороны, — для последующего вычисления пути.

Журнал счисления ведется по прилагаемой форме.

Если глубины измеряются на ходу, то счисление ведется по часовым промежуткам с записью момента измерения глубины с точностью до минуты.[2] Если же измерение глубин производится механическим лотом со стопа, то счисление ведется по участкам от одной глубины до другой. При этом запись „стоп“ (графа 4) относится к тому моменту, когда дан задний ход (для остановки судна), а запись „легли на курс“ означает, что после того, как был дан ход машине (этот момент не записывается), судно развернулось в требуемом направлении и преодолело инерцию; момент измерения глубины не записывается, а относится к среднему моменту (между записями „стоп“ и „легли на курс“); самый же факт измерения заносится непосредственно после записи

[1] Соответствующее расположение галсов, выжидание прояснения погоды на якоре и пр.

[2] При применении метода Макарова для упрощения обработки предпочтительнее приурочивать момент измерения глубины к концу пятиминутного промежутка.

„стоп", причем отмечаются условия измерения, т. е. находилось ли судно на чистой воде или прижималось подветреным бортом к льдине.

Запись по пятиминутным промежуткам ведется только в случае необходимости, т. е. до тех пор, пока судно идет во льдах переменными курсами, пробивая перемычки, обходя торосистые нагромождения, лавируя в разводьях и пр. Всякого рода детализация пути по промежуткам менее пяти минут является излишней. Курсы записываются в момент, соответствующий записи „легли на курс" и по истечении каждых пяти минут и из них выводится средний арифметический курс; соответствующая ему поправка компаса и учитывается для определения генерального курса (средний истинный курс).[1] Скорость хода записывается по истечении каждых пяти минут. Сумма скоростей на данном участке делится на 12; результат, исправленный поправкой q на преувеличение пройденного расстояния (рис. 3), представляет генеральное плавание. Продолжительность t перехода между двумя записями „стоп" выписывается в графе 3.

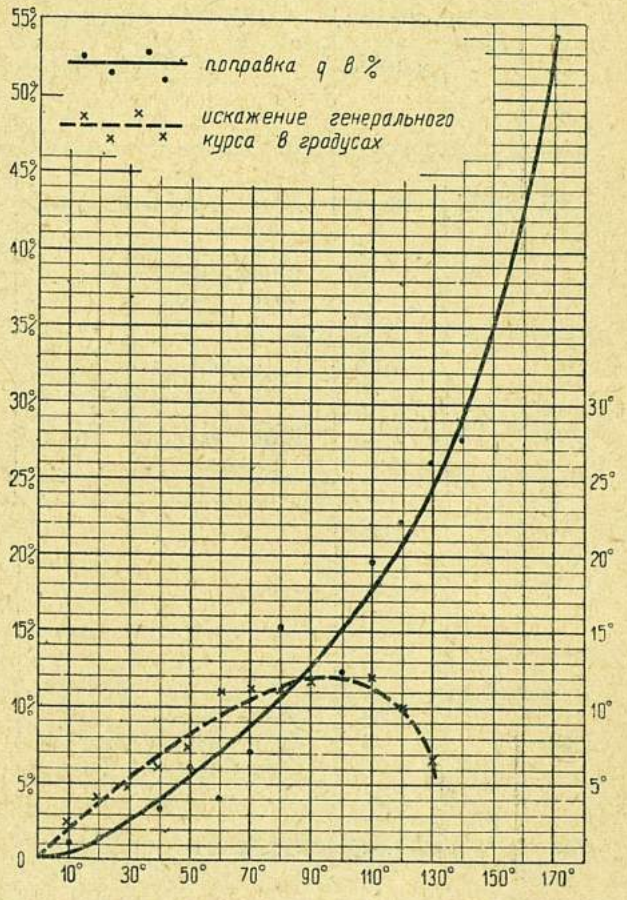


Рис. 3. График поправки q в % от пройденного расстояния в зависимости от амплитуды колебания курса.

Плавание в общем случае рассчитывается по табл. 31 Мореходных таблиц (графа 6) и в графу 7 вписываются по табл. 34 М. т. приращения координат Δx и Δy, т. е. Р. Ш. (разность широт) и отшествие.

---

[1] По техническим причинам вести запись по главному компасу при плавании по пятиминутным промежуткам затруднительно, и в этих случаях курсы записываются по путевому компасу.

Журнал

1	2	3	4	5			
№ глубины	Дата	Часы и минуты	Обстоятельства плавания	Курс по главному компасу	Курс по путевому компасу	Курс по гирокомпасу	Скорость хода в узлах
305	8/VIII	16 11	Стоп, глубина 82 м, разводье				
		15	Легли на курс	. . . .	285		
		20	Крупнобитый 7 балл. . .	. . . .	330	. . . .	4
		25	Торос. поля 8 „ . . .	. . . .	272	. . . .	3.5
		30	„ „ 8 „ . . .	. . . .	214	. . . .	3
		35	„ „ 8 „ . . .	. . . .	293	. . . .	2
		40	Крупнобитый 6 „ . . .	. . . .	341	. . . .	4
		45	„ „ 6 „ . . .	. . . .	302	. . . .	5
		50	„ „ 6 „ . . .	. . . .	260	. . . .	6
306		55	Стоп, глубина 116 м, разводье	. . . .	265	. . . .	6
		= 0,7 ч.		Σ =	2562	Σ =	33.5
				: 9 =	285	: 12 =	2.78
				поправка	+24	q =	−0.67
				средний истинный курс	309	Г. П. =	2.11
		7 02	Легли на курс	292			
307		26	Стоп, глубина 93 м разводье	292 +26 поправка	. . . .	. . . .	7.5
		t = 0.5 ч.	Ист. курс	318		Г. П.	3.0

Что касается прокладки, то она осуществляется методом графического счисления, причем в конце каждой вахты на карте откладывается суммарная (предполагаемая или экспериментально определенная) величина дрейфа. Подобные построения можно делать непосредственно на карте масштаба не менее 1:500 000, при отсутствии же карты крупного масштаба для определения генерального курса и генерального плавания за вахту следует пользоваться миллиметровкой.[1]

[1] Построение делается транспортиром и линейкой в прямоугольных координатах в векторной системе. Для перенесения на карту координат конечной точки, Р. Ш. снимается непосредственно с миллиметровки, а разность долгот определяется по табл. 35 Мореходных таблиц.

счисления

7		8	9
Приращения координат в милях		Индекс (№№ глубин)	Примечания
Δx (Разность широт)	Δy (Отшествие)		
			В 3 милях на N большой айсберг
			Компасный пеленг на знак.... 342°
+1.33	—1.64	305—306	17 ч. 20 м. нашел туман
+2.23	—2.01	306—307	Определен дрейф 0.62 у. на 210°

6. Схемы для вычисления пути по методу точного счисления

В приложенных здесь схемах показан общий порядок вычислений, связанных с увязкой пути на участке между двумя обсервованными пунктами.

Схемы снабжены исчерпывающими пояснениями, и здесь остается лишь сделать несколько замечаний.

Наивысшая теоретическая точность, поскольку она зависит от способа разбивки невязки по долготе, получается для участков, вытянутых в широтном направлении. Но практически, благодаря системе вычисления невязки в долготе не для всего участка, а для сравни-

тельно небольших отрезков (от глубины до глубины), вполне удовлетворительные результаты получаются и для галсов, вытянутых в меридиональном направлении. Конечно эти отрезки не должны быть слишком велики, особенно в высоких широтах порядка 78° и более; во избежание накопления ошибок, как правило, предельной длиной отрезка, для которого вычисляется средняя широта, следует считать 15 миль.

Если поправка компаса надежна, то в общем случае можно полагать, что на участке пути, пройденном в разреженных льдах, ошибка в счислении, вызванная влиянием ветра и течения, нарастала пропорционально продолжительности перехода, поэтому путь вычисляется по схеме I (форма № 1). Если же при этом систематически определялся дрейф, то, как и всегда в подобных случаях, для вычисления пути применяется форма № 4.[1]

При тех же условиях, но в частном случае, когда судно шло без остановок с постоянной скоростью хода, не делая гидрологических станций и измеряя глубины эхо-лотом, применяется любая из схем №№ 1 и 2; но надо иметь в виду, что при этом не определялся дрейф, поэтому результаты будут менее точными, чем в общем случае, при определении дрейфа.

Форма № 3 служит для вычисления пути при ненадежности поправки компаса, а также во всех случаях, когда применяется упрощенный метод Макарова.

Форма № 4 позволяет значительно уточнить вычисление пути на основании фактических данных об элементах дрейфа; при наличии этих данных форма № 4 является обязательной независимо от всех прочих условий.

В заключение надо заметить, что в некоторых случаях в экспедиции северо-восточной части Карского моря 1935 г. применялась упрощенная система вычисления, вернее перевычисления путей судов, плававших в Карском море в 1930—1934 гг. При отсутствии навигационного журнала или какого-либо иного архивного источника для анализа пути данного судна не имелось никаких материалов, кроме списка координат измеренных глубин. Иногда отсутствовали и эти данные, и в этих случаях приходилось снимать координаты с навигационной карты.[2]

---

[1] В идеальном случае, когда имеются таблицы ветрового дрейфа, может применяться и более сложная схема, позволяющая расчленить снос на составляющие; полученные при этом данные об элементах поверхностных течений являются дополнением к гидрологическим наблюдениям.

Отчет экспедиции на „Малыгине" в северо-восточной части Карского моря в 1935 г. (Фонды Гидрографического управления Главсевморпути).

[2] При детальной проверке карты № 1210 (ныне № 1484) издания 1934 г. выяснилось, что в пределах северной части Карского моря (к N от линии мыс Желания — о. Диксона) 95% глубин было сдвинуто с места на величину от 0.5 до 5 миль. Подобные искажения, происходящие по техническим причинам, лишний раз подтверждают необходимость составления каталога глубин, что и проделывается нами в настоящее время для всего Карского моря, не исключая района шхер.

Форма № 1

Журнал вычисления координат морского промера с разбивкой невязки пропорционально времени

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№№ глубин (обсервованные подчеркнуты)	Продолжительность перехода в часах (графа 3 журнала счисления) t	Приращения координат в милях (графа 7 журнала счисления) Δx / Δv	Δy	Разность широт	φ	φ ср. Разность долгот на 1 милю отшествия	Счислимая разность долгот Δv	λ	Примечания
415					78°30′.4			85°16′	
	2.3	+9.46	+3.82	+10′.73		78°.36′	+19′.3		
	$\Delta v =$	+1.27				5 .06	− 2 .6		
416					78 41 .1			85 32,5	ст. 35
	5.1	+9.80	+0.17	+12 .61		78 .47	+ 0 .9		
	$\Delta v =$	+2.81				5 .14	− 5 .7		
417					78 53 .7			85 28	
	2.8	+9.95	−1 05	+11 .49		78 .59	− 5 .5		
	$\Delta v =$	+1.54				5 .23	− 3 .2		
418					79 05 .2			85 19	ст. 36
	5.6	+9.66	+2.95	+12 .75		79 .12	+15 .8		
	$\Delta v =$	+3.09				5 .34	− 6 .3		
419					79 18 .0			85 28,5	
	1.8	+9.63	+1.18	+10 .62		79 .23	+ 6 .4		
	$\Delta v =$	+0.99				5 .43	− 2 .0		
420					79 28 .6			85 33	ст. 37
$\Sigma =$	17.6	+48.50		+58.2		сч. Р. Д. = +36.9			
						ист. „ „ = +17			
(420)—(415) Р.Ш. = +58.2						$v = -19.9$			
	$v = +9.7$					$\Delta v = -19.9 : 17.6 = -1.13$			
$\Delta v = +9.7 : 17 \cdot 6 = +0.551$									

Пояснения: 1. По разности между Р. Ш. (разность широт) обсервованных пунктов (глубины №№ 420 и 415) и суммой приращений координат по оси x — ов ($\Sigma\Delta x$, графа 3) получается невязка v по широте. Доли невязки (Δv), соответствующие продолжительности перехода t (графа 2), выписываются в графе 3 под Δx и в графе 5 проставляются истинные Р. Ш., по которым получается исправленная широта φ (графа 6) с округлением до 0′,1.

2. По средней широте (графа 7) и по соответствующему отшествию (табл. 35 морех.) в графе 8 выписываются счислимые Р. Д. (разность долгот), соответствующие счислимым приращениям Δy (графа 4). Разность между Р. Д. обсервованных пунктов (глубин №№ 420 и 415) и счислимой Р. Д. дает невязку по долготе, выраженную в минутах. Доли невязки (Δv), соответствующие продолжительности t (графа 2), выписываются в графе 8 под счислимой Р. Д. и в графе 9 проставляются исправленные долготы с округлением до 0′,5.

Форма № 2

Журнал вычисления координат морского промера с разбивкой невязки пропорционально пройденному расстоянию

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№№ глубин (обсервованные подчеркнуты)	Пройденное расстояние	Приращения координат в милях (графа 7 журнала счисления)		Разность широт	φ	φ ср.	Счислимая разность долгот	λ	Примечания
		Δx	Δy			Разность долгот. на 1 милю отшествия	Δv		
415					78°30′.4			85°16′	
	10.2								
	Δv =	+9.46	+3.82	+11′.45		78°36′	+19′.3		
		+1.99				5 06	— 4 .1		
416					78 41 .8			85 31	ст. 35
	9.8								
	Δv =	+9.80	+0.17	+11 .71		78 48	+ 0 .9		
		+1.91				5 15	— 3 .9		
417					78 53 .6			85 28	
	10.0								
	Δv =	+9.95	—1.05	+11 .90		79 00	— 5 .5		
		+1.95				5 24	— 4 .0		
418					79 05 .5			85 18.5	ст. 36
	10.1								
	Δv =	+9.66	+2.95	+11 .63		79 11	+15 .7		
		+1.97				5 33	— 4 .0		
419					79 17 .1			85 30.5	
	9.7								
	Δv =	+9 63	+1.18	+11 .52		79 23	+ 6 .4		
		+1.89				5 43	— 3 .9		
420					79 28 .6			85 33	ст. 37
Σ =	49.8	+48.50		+58.2		сч. Р. Д. =	+36.8		
(420)—(415) Р.Ш. =		+58.2				ист. „ „ =	+17		
		v = + 9.7				v =	—19.8		
Δv = + +9.7 : 4.98 = +0.195						Δv = —19 8 : 49.8 =	— 0.40		

Пояснение. Все сказанное в пояснениях к форме журнала № 1 остается в силе и для данного случая с той разницей, что невязка v разбивается пропорционально пройденному расстоянию.

Форма № 3

Журнал вычисления координат морского промера с разбивкой невязки пропорционально времени и расстоянию

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№№ глубин (обсервованные подчеркнуты)	t / D	Приращения координат в милях (графа 7 журнала счисления)		Разность широт	φ	φ ср. / Р. Д. на 1 миле отшествия	Счислимая Р. Д. / Δv, Δv_1	λ	Примечания
		Δx, Δv, Δv^1	Δy						
415					78°30′.4			85°16	
	2.3 ч.	+9.46	+3.82	+11′.08		78°36′	+19′.3		
	Δv=	+0.63				5 06	— 1 .3		
	10.2 м.						— 2 .0		
	Δv_1=	+0.99							
416					78 41 .5			85 32	ст. 35
	5.1	+9.80	+0.17	+12 .16		78 47	+ 0 .9		
	Δv=	+1.41				5 14	— 2 .9		
	9.8						— 2 .0		
	Δv_1=	+0.95							
417					78 53 .2			85 28	
	2.8	+9.95	—1.05	+11 .69		78 59	— 5 .5		
	Δv=	+0.77				5 23	— 1 .6		
	10.0						— 2 .0		
	Δv_1=	+0.97							
418					79 05 .4			85 19	ст. 36
	5.6	+9.66	+2.95	+12 .19		79 12			
	Δv=	+1.55				5 34	+15 .8		
	10.1						— 3 .2		
	Δv_1=	+0.98					— 2 .0		
419					79 17 .6				
	1.8	+9.63	+1.18	+11 .07		79 23		85 29.5	
	Δv=	+0.50				5 43	+ 6 .4		
	9.7						— 1 .0		
	Δv_1=	+0.94					— 1 .9		
420					79 28 .6			85 33	ст. 37
	17.6/49.8	+48.50		+58.2		сч. Р. Д. =	+36.9		
	(420)—(415) Р. Ш. =	+58.2				ист. „ „ =	+17		
	v =	+ 9.7	: 2=4.85			v =	—19.9		
	Δv=4.85 : 17.6 =	+0.276				Δv=—9.95 : 17.6=	— 0.57		
	Δv_1=4.85:49.8 =	+0.097				Δv_1=—9.95:49.8=	— 0.20		

Пояснение. Все сказанное в пояснениях к форме журнала № 1 сохраняет силу и для данного случая с той разницей, что невязка v в равных долях разбивается пропорционально продолжительности перехода (графа 2, Δv) и пропорционально пройденному расстоянию (графа 2, Δv_1).

Журнал вычисления координат морского

1	2	3	4	5	6	7	8	9
№№ глубин (обсервованные подчеркнуты)	Продолжительность перехода в часах (графа 3 журнала счисл.)	d Наблюденный дрейф		d ср.		d ср. t	Приращения координат в милях (графа 7 журнала счисления)	
		Скорость в узлах	Направление в °	Скорость	Направление		Δx	Δy
415		0.62	300					
	2.3			0.58	320	1.33	+9.46	+3.82
							+1.02	—0.86
416		0.55	340					
	5.1			0.52	325	2.65	+9.80	+0.17
							+2.17	—1.52
417		0.50	310					
	2.8			0.58	320	1.62	+9.95	—1.05
							+1.24	—1.04
418		0.65	330					
	5.6			0.68	340	3.81	+9.66	+2.95
							+3.58	—1.30
419		0.70	350					
	1.8			0.71	345	1.28	+9.63	—1.18
							+1.24	—0.33
420		0.72	240					
Σ=	17.6					Σ прир. коорд.=	+48.50	+7.07
						Σ d ср. . . . =	+ 92.5	— 5.05
						гр. 10 и 11	+57.75	+2.02
						№№ (420)—(415) ист. Р. Ш. =	+58.2	
						v =	+0. 45	
						$\Delta v = +0.45 : 17.6 =$	+0.026	

Пояснения: 1. Выписав в графах 3 и 4 элементы наблюденного дрейфа и рассчитав ляют в графе 7 величину дрейфа (в милях), соответствующую продолжительности переход

2. По среднему направлению (графа 6) получают по табл. 19 мор. походн. для велич поправки в графах 8 и 9 под приращениями координат.

3. Сумма приращений координат, сложенная с суммой поправок на дрейф (графы 8 сравнивается с Р. Ш. обсервованных пунктов (глуб. №№ 420—415); полученная нев как предполагается, что поправка компаса сомнений не возбуждает, следовательно не

4. В графе 10 под приращениями координат, исправленными на дрейф, проставляются ниях к форме № 1.

5. Если нет полной уверенности в надежности поправки компаса, то порядок вычисл биваются как сказано в пояснениях к форме № 3.

Форма № 4

промера с учетом наблюденного дрейфа

10	11	12	13	14	15	16	17
Приращения координат, исправленные на дрейф		Разность широт	φ	φ ср.	Счислимая Р. Д.	γ	Примечания
Δx	Δy			Р. Д. на 1 милю отшествия	Δv		
			78°30′.4			85°16′	
+10.48	+2.96	+10′.54		78°36′	+15′.0		
+ 0.06	$=\Delta v$			5.06	+ 0.8		
			78 40.9			85 32	ст. 35
+11.97	−1.35	+12 .10		78 47	− 1.9		
+ 0.13	$=\Delta v$			5.14	+ 4.9		
			78 53.0			85 27	
+11.19	−2.09	+11 .26		78.59	−10.9		
+ 0.07	$=\Delta v$			5.23	+ 1.0		
			79 04.3			85 17	ст. 36
+13.24	+1.65	+13 .39		79 11	+ 8.8		
+ 0.15	$=\Delta v$			5.33	+ 2.0		
			79 17.7			85 27.5	
+10.87	+0.85	+10 .92		79 23	+ 4 6		
+ 0.05	$=\Delta v$			5.43	+ 0.7		ст. 37
			79 28.6			85 33	
+57.75	+2.02	+58.2		сч. Р. Д. = +10′.6 ист. Р. Д. = +17 v = +6.4 Δv = +6.4 : 17.6 = +0.364			

графах 5 и 6 средние значения для каждого участка пути (от глубины до глубины), проставграфа 2).

ны дрейфа, проставленной в графе 7, поправки к приращениям координат, выписывая эти

и 9), дает сумму исправленных приращений координат, т. е. $\Sigma\triangle x$ и $\Sigma\triangle y$; первая из них
язка в данном случае разбита пропорционально продолжительности перехода (графа 2), так
вязка вызвана ошибками в определении d ср.

соответствующие доли невязки по широте ($\triangle v$), после чего поступают, как сказано в пояснене-

ений меняется лишь в том отношении, что невязки v как по широте, так и по долготе, раз-

Надобность в перевычислении возникала вследствие уточнения координат тех или иных пунктов, к которым была привязана прокладка. В этих случаях в связи с тем обстоятельством, что уточненные методы прокладки и счисления были введены лишь в 1934 г., невязка, выраженная и по широте и по долготе в градусных минутах, разбивалась не требующим пояснений простейшим способом пропорционально пройденному расстоянию.

Март 1936 г.

J. KIREYEV

DEAD RECKONING

in connection with the hydrographical work in the Arctic

Summary

It is a well known fact, that the navigators encounter in Arctic with great difficulties involving great errors in the dead reckoning.

As an example of this may to serve a complicated displacement of the isle "Uedinenie" on the chart, discovered in 1878 by Johannesen. Heightened demands are put forth before the hydrographical ships, and by observing of the proper rules and having on hand modern technical equipment (gyrocompass for example), the exactness of the dead reckoning in hydrographical work may undoubtely be raised to such an extent which is necessary for the correct mapping of reliable navigational charts.

Particulaly in order to render the dead reckoning in a close-ice more precise it is advisable to use the method of Makarov tried in practice during the expedition of 1934 on the ice-breaking steamer "Sedov"; at that time a simplification was introduced the essential point of which consists in the applying of the correction (sketch Nr. 1) in the passed recorded way, which was obtained in the simplest manner.

It does not exist an universal method of dead reckoning and it is essential to approach each sounding line with a special appreciation depending upon the conditions of the passage.

The one that meets with general requirements is the necessity of applying the so called precise dead reckoning by sounding in the Sea, for which purpose corresponding schemes are worked out. The degree of the reliability of the coordinates which are calculated by means of these schemes, depends 1) on the degree of the exactness of the astronomical observations and 2) on the observance of the principal requirements, assisting in exactness of the dead reckoning (systematical definition of the drift, the corresponding systematisation of the sounding line, which should be as short as possible, waiting for clear weather in order to obtain reliable astronomical observation, etc.).

So, for instance, during the expedition in 1935 on the s/s "Malygin" special care was exercised on the exactness ot the dead reckoning, and according to the examination the mean probable error in the definition of the coordinates of each measured depth, equalled only to ± 0.25 mile. Similar and perhaps even more exact results may be successfully obtained even in every other hydrographical expedition.

В. Н. ЯНКОВИЧ

К ВОПРОСУ О ТЕЧЕНИЯХ В МОРЕ ЛАПТЕВЫХ

Море Лаптевых — один из наименее изученных во всех отношениях участков Северного морского пути.

Между тем количество посещающих его рейсовых судов растет с каждым годом, что приводит к необходимости суммировать имеющийся, хотя бы и небольшой опыт плавания судов в этом море и пользоваться им как руководящим на ближайшее время.

В большинстве случаев этот материал в той форме, в которой он дается, может служить в известной мере лишь заданием для научно-исследовательской работы по гидрографии или гидрологии.

Объясняется это, конечно, тем, что внимание большинства капитанов направлено, в основном, на скорейшее выполнение рейсового задания по доставке грузов и на благополучное окончание тяжелого ледового плавания, а выделять время на исследовательскую работу судовой состав, обычно, не в состоянии.

Рейсовые донесения обычно чрезвычайно кратки и говорят лишь в общих словах о замеченных особенностях плавания.

Во многих случаях суда берут характерные глубины, но очень редко в судовых журналах и рейсовых донесениях можно встретить данные, позволяющие считать эти глубины достаточно ориентированными в отношении берега или истинного пути.

В некоторых случаях, при хороших записях в судовых журналах, можно встретить исправление счислимого места, но почти никогда нет объяснения тех причин, в результате которых произошло уклонение корабля с курса.

Между тем, даже краткий анализ, сделанный капитаном, весьма вероятно, дал бы, например, материал для суждения о столь важном явлении, как морское течение, часто в сильной степени влияющее на снос корабля.

В 1934 и 1935 гг. в результате плавания через море Лаптевых в направлении от бухты Тикси к мысу Челюскина мы имели сообщения с ряда судов о замеченном сносе их, в основном, к северу, с некоторым отклонением на восток.

В 1934 г. пароходы, шедшие из бухты Тикси к мысу Челюскина, совершенно неожиданно оказались севернее о. Малый Таймыр.

В 1935 г. рядом судов также отмечается снос к северу. По рейсовому донесению капитана Мелехова, пароход „Сталинград" в полночь с 21 на 22 августа, пройдя вплотную о. Самуила архипелага

„Комсомольской Правды“, а следовательно определив относительно точно свое место, намеревался пройти мыс Челюскина в расстоянии 3—5 миль. При дувшем до 7 баллов ветре северных направлений пароход обходил встречавшиеся льды, уклоняясь к северу. Этим имелось в виду компенсировать ветровой дрейф.

Однако 22 августа в 7 часов утра, т. е. всего через 7 часов после прохода о. Самуила пароход при исчезнувшем тумане неожиданно увидел в 4 милях справа по носу о. Старокадомского, а слева о. Большевик.

Капитан парохода „Рабочий“ пишет:

„12—13 сентября. В море Лаптевых при проходе района стока в море вод Яны и Лены, заметно выносило к северу. Разница счислимых и обсервованных мест достигала 45 миль“.

В рейсовом донесении капитан ледокола „Литке“ упоминает, что он предупреждал капитана „Сталинграда“ о вероятном сносе к северу, и, повидимому, в результате этого сноса пароход оказался у о. Старокадомского.

Дрейф к северу отмечает в рейсовом донесении и капитан ледокола „Ермак“, указывающий, что „Рабочий“ зашел к северу от о. Малый Таймыр и, потеряв счисление, вызывал „Ермака“ для того, чтобы вывести пароход изо льдов.

Некоторый более определенный материал, подтверждающий существование весьма значительных течений в море Лаптевых, дает рассмотрение плавания парохода „Товарищ Сталин“ в навигацию 1935 г.

Пароход вышел из бухты Тикси 30 августа в 17 час.

Совместно с ним вышли пароходы „Садко“ и „Михаил Томский“.

Пройдя о. Мостах и определясь по нему в 22 час. 30 м., легли на истинный курс 7°.

31 августа, выйдя из залива Борхая, в 15 час. в счислимой широте 73°19′ и долготе 131°03′ легли на истинный курс 309°.

В 20 час. определили по солнцу поправку компаса и соответственно исправили курс.

В дальнейшем погода стояла мглистая и облачная, а потому астрономических наблюдений не было.

При проходе бухты Прончищевой решили воспользоваться тем, что в бухте у полярной станции стоял пароход „Куйбышев“ и взяли у него ряд радиопеленгов для проверки своего счислимого места.

Несколько последовательно взятых радиопеленгов указали, что „Товарищ Сталин“ снесен как к северу, так и к востоку от намеченного пути.

Из серии взятых радиопеленгов выбраны два наиболее отчетливых:

в 15 час. — 245°5′ при отсчете лага 41.7 и в 17 час. 40 мин. — 232°5′ при отсчете лага 63.8.

Счислимое место в 17 час. 40 мин. было: широта 75°46′, долгота 119°54′.

По исправлении счислимого места согласно радиопеленгов по способу крюйс-пеленга получилось: широта 76°30′, долгота 118°20′.

Исправленное счислимое место оказалось впереди по курсу на 45 миль и вправо на 20 миль.

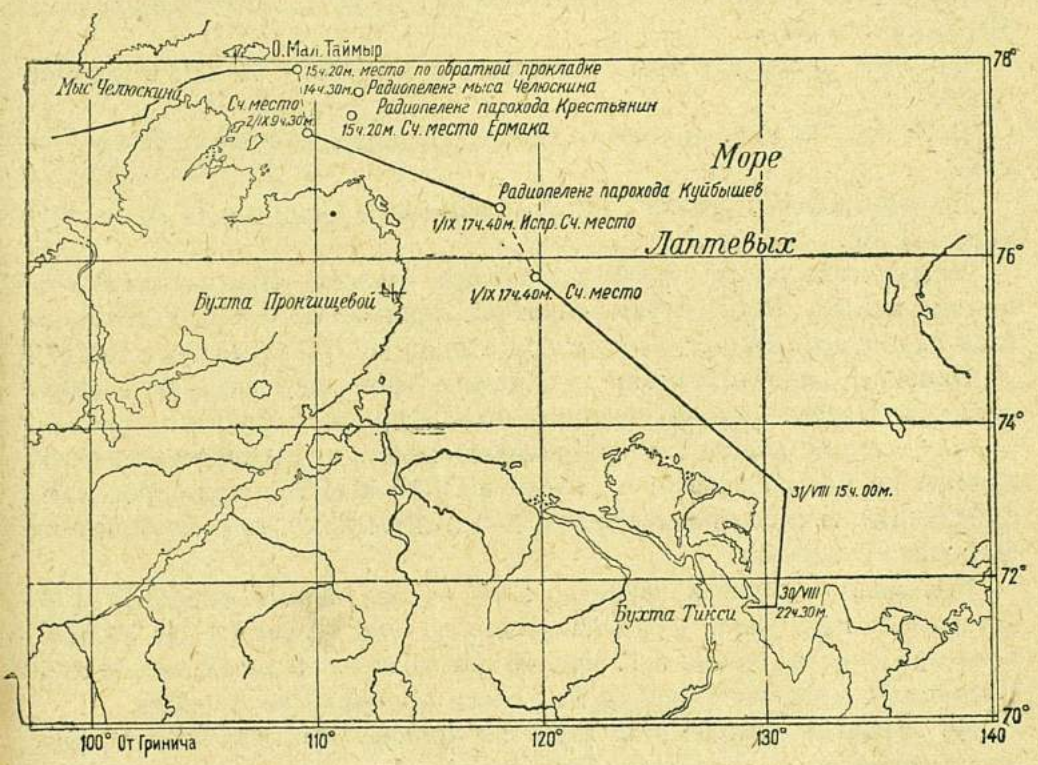


Рис. 1. Схема дрейфа парохода „Товарищ Сталин" в море Лаптевых.

Такой снос нельзя приписать полностью течению, так как на всем переходе от Тикси имели попутный ветер от 3 до 6 баллов.

Контролем того, что разница в счислимом и исправленном радиопеленгами месте, не являясь результатом неисправленного счисления парохода „Товарищ Сталин" вообще, может служить то, что счислимые полуденные места 31 августа и 1 сентября всех трех пароходов, шедших совместно, совпадали.

От исправленного счислимого места в 17 час. 40 мин. легли на истинный курс 293° с расчетом пройти о. Самуила архипелага „Комсомольской Правды" в расстоянии 8 миль.

Получив сведения, что из пролива Вилькицкого навстречу вышел ледокол „Ермак“, 2 сентября в 9 час. 30 мин. остановились во льду в ожидании подхода ледокола.

По счислению место в 9 час. 30 мин. было: широта 77°19′, долгота 109°48′.

Остановившись во льду в тумане, пароходы пролежали в дрейфе с 9 час. 30 мин. до 15 час. 20 мин.

В 14 час. 30 мин. взяты были радиопеленги парохода „Крестьянин“, стоявшего на якоре у о. Малый Таймыр, — 290° и радиостанции мыса Челюскина — 270°.

По этим пеленгам место получилось в широте 77°41′ и долготе 112°07′.

В 15 час. 20 мин. подошел „Ермак“, и караван пошел в тумане за ним.

По счислению „Ермака“, он взял пароходы в широте 77°26′ и долготе 111°40′.

Между тем, после прохода в тумане пролива Вилькицкого и по выходе к мысу Вега, путем обратной прокладки место, с которого взял пароходы „Ермак“, получалось в широте 77°57′, долготе 109°17′.

Наиболее достоверным из указанных трех мест следует считать место, полученное путем обратной прокладки от мыса Вега, так как по пройденному расстоянию сомнительно место, определенное в 14 час. 30 мин. по радиопеленгам с „Товарища Сталина“, а при прокладке пройденных курсов от счислимого места „Ермаком“, суда не обогнули бы мыса Челюскина.

Принимая, как более вероятное, место, полученное обратной прокладкой от мыса Вега, и сравнивая его со счислимым в 9 час. 30 мин., получаем снос за время с 17 час. 40 мин. 1 августа до 14 час. 30 мин. 2 августа вперед по курсу на 21,5 мили и вправо на 33 мили.

Не придавая абсолютной веры ни одному из полученных двух мест пароходом „Товарищ Сталин“, а также месту, определенному „Ермаком“, надо констатировать, что во всех случаях усматривается столь большой вынос судов к северу, что скорость течения может быть принята в пределах от 0.5 до 0.8 мили в час.

Учитывая, что в случаях с пароходами Ленского рейса в 1934 г. и с пароходом „Рабочий“ в 1935 г. суда неожиданно оказывались к северу от о. Малый Таймыр, т. е. могли в тумане наскочить на него, следует признать, что недоучет течения весьма опасен и что в целях обеспечения кораблевождения оно должно быть тщательно изучено.

Хотя при выходе из бухты Тикси девиация компаса на пароходе „Товарищ Сталин“ и не была определена, но так как в пути пред-

ставилась возможность получить поправку компаса по солнцу, то возможная ошибка в девиации никакого влияния на счисление иметь не могла, а ввиду того, что действительные места корабля располагались главным образом в направлении движения, т. е. на северо-запад от счислимых, то существование в море Лаптевых течения, направленного к северу, вполне подтверждается.

Влиянию этого течения, пожалуй, можно приписать и то, что по наблюдению за ряд лет в августе льды северной части моря держатся довольно устойчиво на определенной границе, почти не спускаясь южнее 76 параллели.

Ю. Д. ЧИРИХИН

К ВОПРОСУ О СУДОХОДНЫХ ГОРИЗОНТАХ РЕКИ ЛЕНЫ

(По материалам Восточносибирского управления Гидрографической службы)

С целью приведения промера к наименьшему горизонту Восточносибирской гидрографической службой на время навигации 1935 г. были организованы водомерные посты на наиболее трудном в судоходном отношении участке нижнего плеса р. Лены от г. Якутска до г. Жиганска (помимо водомерных постов Полярного отдела Якутского управления Главсевморпути в Якутске и сел. Сангар-хая).

Таблица расстояний между пунктами наблюдений на участке р. Лены от села Покровского до г. Жиганска (в км)

От \ До	сел. Покровского	г. Якутска	устья р. Алдана	Белогорского переката	сел. Сангар-хая	Черпальского переката	г. Жиганска
сел. Покровского	—	86	302	387	416	559	852
г. Якутска	86	—	216	301	330	473	766
устья р. Алдана	302	216	—	85	114	257	550
Белогорского переката	387	301	85	—	29	172	465
сел. Сангар-хая	416	330	114	29	—	143	436
Черпальского переката	559	473	257	172	143	—	293
г. Жиганска	852	766	550	465	436	293	—

Посты работали в следующих пунктах: 1 — при впадении р. Алдана в р. Лену, 2 и 3 — на Белогорском и Черпальском перекатах и 4 — в г. Жиганске. Для анализа колебания горизонта воды р. Лены на рассматриваемом плесе, нами взяты также данные водомерного поста в сел. Покровском, расположенном в 86 км выше г. Якутска.

Данные упомянутых семи водомерных постов нанесены на прилагаемом графике (рис. 1) в виде кривых.

Расстояния между пунктами наблюдения, считая по фарватеру реки, приводятся в таблице на стр. 85.

Хотя распределение водомерных постов на участке р. Лены от сел. Покровского до г. Жиганска далеко не равномерно, тем не менее из рассмотрения кривых графика можно сделать ряд интересных выводов.

Как видно из графика, бурный семиметровый подъем горизонта воды, следующий непосредственно за ледоходом, имел место в конце мая месяца. После окончания ледохода был сильный спад весенних вод. Минимум этого спада в 1935 г. отметился в конце первой декады июня.

За первым майским максимумом следует июньский максимум, который уступает по величине майскому, но остается много больше последующих летних дождевых максимумов. Июньский максимум объясняется интенсивным таянием снегов в горах Ленского бассейна. Июль характеризовался значительным спадом горизонта воды (от 4 до 6 м), и лишь в конце месяца горизонты воды увеличивались, дойдя до максимума в начале августа (кроме сел. Покровского и г. Якутска, где максимумы были в конце июля).

Как июльский минимум, отмеченный на графике ломаной вертикальной линией, так максимумы и минимумы августа месяца проходили в зависимости от местных дождей, повышающих горизонт воды.

После максимума конца августа месяца до октября было два явно выраженных максимума, отмеченных на водомерных постах, расположенных несколько ниже устья р. Алдана.

Эти максимумы явно алданского происхождения, поскольку на двух нижних кривых графика они отсутствуют. Алданские паводки сентября отразились на горизонтах воды в г. Якутске и сел. Покровском замедлением падения их.

Характер двух нижних кривых графика (сел. Покровское и г. Якутск) отличается от характера пяти верхних, что объясняется сильным влиянием на устойчивость горизонта воды р. Лены вод р. Алдана. По опросным данным, р. Алдан осенью 1935 г. была весьма многоводна.

Наибольший максимум за август и сентябрь был в конце августа. Этот максимум превышал последний сентябрьский максимум почти на один метр.

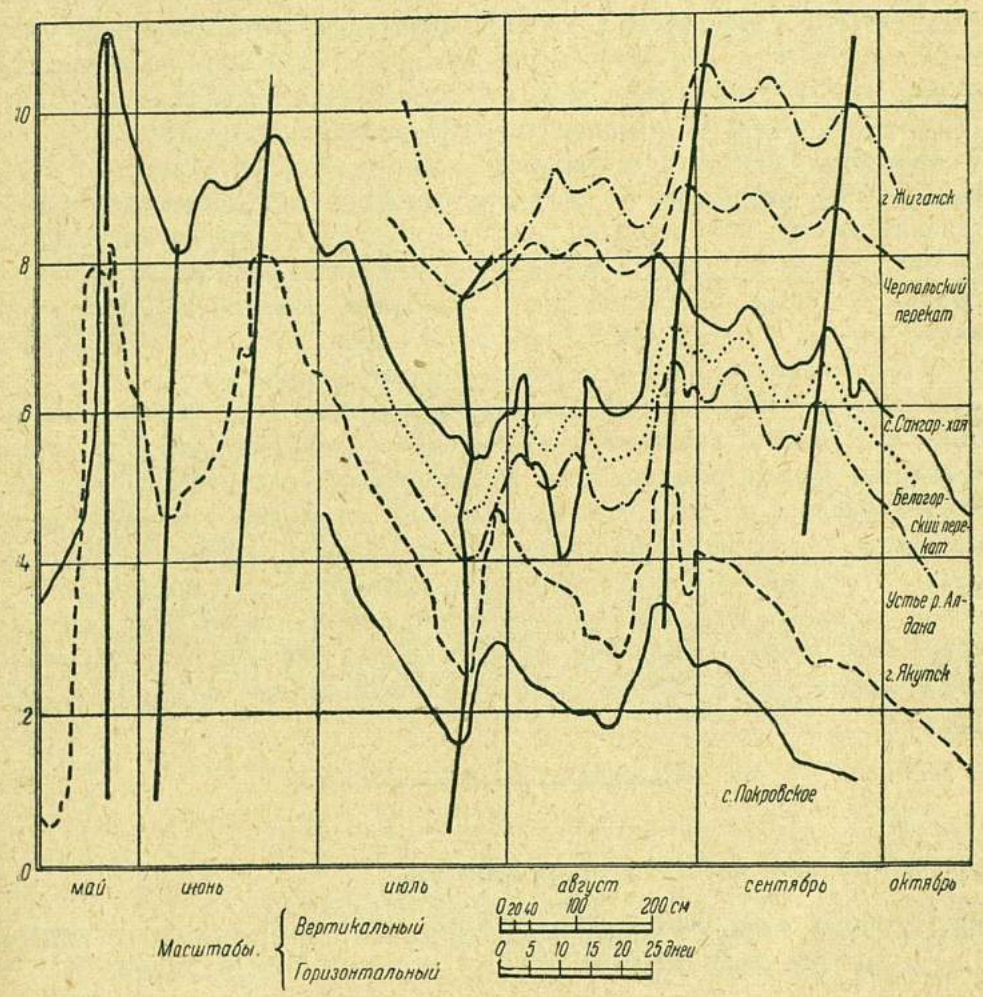


Рис. 1. График колебания горизонта воды реки Лены в 1935 г.

Из сравнения двух нижних кривых графика с пятью верхними видно, какую существенную роль в бассейне р. Алдана играет наличие сплошной вечной мерзлоты. Многочисленные максимумы второй половины навигационного периода (август-сентябрь) обязаны быстрому поверхностному стоку атмосферных осадков.

Из рассмотрения кривых графика мы видим, что на них отразился и характер русла р. Лены у водомерных постов. Особенно характерен в этом отношении минимум первой половины августа и максимум

конца августа на водомерном посту сел. Сангар-хая по сравнению с соответствующими минимумами и максимумами на соседних водомерных постах — у Белогорского и Черпальского перекатов. В сел. Сангар-хая русло реки — с незначительным количеством островов при относительно узкой долине, на обоих перекатах русло реки — с большим количеством островов и сравнительно широкой долиной, вследствие чего в Сангар-хая наблюдается более резкое прохождение паводочной волны по сравнению с обоими перекатами.

Вершины последних сентябрьских максимумов пяти верхних кривых графика расположены почти на одной прямой линии. Зная расстояние между водомерными постами и дату максимума на каждом из них, можно подсчитать время прохождения (добегания) паводочной волны. От устья р. Алдана до г. Жиганска паводочная вода идет около 137 км в сутки или 5.7 км/час (1.4 м/сек.).

Из сравнения кривой колебания горизонта воды в г. Якутске, помещенной на графике, с кривыми за предыдущие годы, можно заключить, что резких различий в характере этих кривых нет. Из этого сравнения весьма полезно сделать некоторые практические выводы, заключающиеся в том, что прохождение наиболее трудного из-за мелководья участка крупными речными судами, везущими грузы из бухты Тикси вверх по р. Лене, должно происходить с таким расчетом, чтобы захватить паводки конца сентября, а не проходить этот участок, когда паводочные волны уже прошли. Более раннее (в 10—15 дней) прохождение судов обеспечит на перекатах глубины бо̀льшие на 1—1.5 м.

Д. Б. КАРЕЛИН

ИЗОХРОНЫ ЗАМЕРЗАНИЯ И ВСКРЫТИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ПОЛЯРНЫХ МОРЕЙ СОЮЗА В ЗИМУ 1934/35 ГОДА

Начиная с 1934 г., вследствие значительного расширения сети полярных станций Главсевморпути, представляется возможным проследить последовательный ход замерзания и вскрытия всей северной морской прибрежной зоны СССР, от Новой Земли до Берингова пролива, без значительных пропусков и интерполяций.

С осени 1934 г. на линии побережья функционировало свыше 30 станций, наблюдения которых позволили построить карты изохрон осеннего замерзания и весеннего (для 1935 г.) вскрытия прибрежной полосы моря.

Карта изохрон состоит из линий, показывающих время начала ледостава или вскрытия на данной станции или в данном районе. После нанесения на карту данных по всем станциям, наглядно представляется последовательность замерзания или вскрытия, с которой они происходят в том или ином районе и распространяются на соседние районы.

Ряд последовательно расположенных вдоль побережья линий изохрон показывает ход (скорость и направление) замерзания или вскрытия и позволяет определить, через сколько дней, например, замерзание, начавшееся в проливе Вилькицкого, постепенно доходит до мыса Стерлегова и пр.

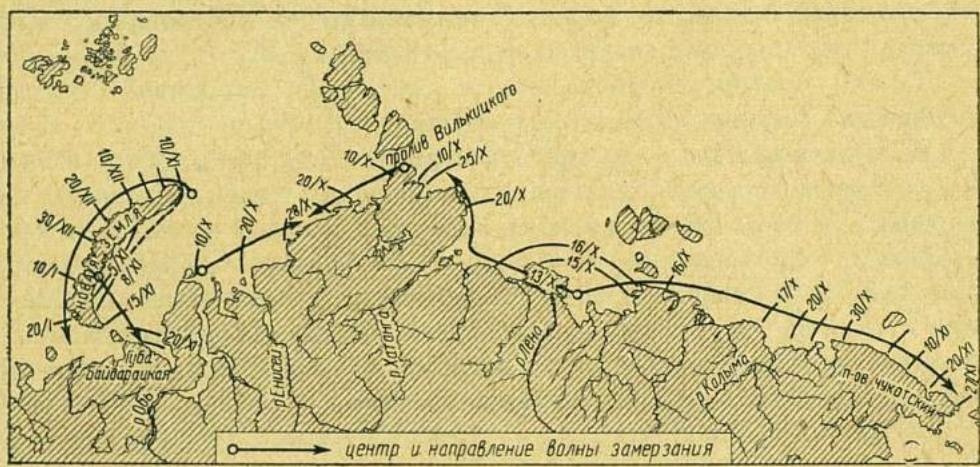


Рис. 1. Схема распространения первого полного замерзания осенью 1934 г.

Для удобства изохроны проведены через определенные промежутки времени — через 5—10 и т. п. дней, для чего иногда приходилось прибегать к интерполяции между соседними станциями, что ни в коей мере не снижает надежности этих проинтерполированных изохрон.

К сожалению, в настоящее время не представляется возможным построить подобные карты по многолетним данным ввиду отсутствия подробных наблюдений за прошлые годы. А между тем сравнение карт изохрон за несколько лет весьма наглядно показало бы годовые изменения вскрытия и замерзания побережья и позволило бы точно установить узловые районы, где начинается или заканчивается тот или иной ледовый процесс, что значительно обогатило бы наши знания о ледовом режиме Северного морского пути и оказалось бы ценным пособием для ледовых прогнозов.

Слишком редкая сеть станций прошлых лет не позволяет сделать такого сравнения. Даже за 1933 г., в котором наблюдения производи-

лись на 20 станциях, не удалось построить надежную карту для всего побережья, ибо расстояния между станциями были настолько велики, что интерполяция между ними представлялась ненадежной. Даже и в 1934 г., при количестве станций свыше 30, чувствуется иногда отсутствие их в таких местах, как восточный берег северного острова Новой Земли, южный берег моря Лаптевых и пр.

На схеме изохрон первого полного замерзания в 1934 г. (рис. 1) прослеживается следующая последовательность: ранее всего по времени (10 октября) замерзание прибрежной полосы моря произошло в проливе Вилькицкого, откуда оно очень слабо распространилось на восток к о-вам „Комсомольской Правды“ и значительно быстрее— на юго-запад вдоль по берегу Таймырского полуострова до мыса Стерлегова, которого достигло через 18 дней.

Таким образом, скорость волны замерзания на данном участке побережья составляла 15 миль в сутки.

Итак, первый центр замерзания побережья находился в проливе Вилькицкого с распространением волны замерзания на юго-запад до мыса Стерлегова.

Почти одновременно с проливом Вилькицкого замерзло море у о. Белого (у северного побережья Ямала), откуда замерзание распространилось на северо-восток вдоль берега Таймырского полуострова до мыса Стерлегова и достигло его через 18 дней, что дало скорость волны замерзания 20 миль в сутки.

Итак, второй центр замерзания находился в Обско-Енисейском районе с распространением волны замерзания на северо-восток до мыса Стерлегова.

Самым поздним пунктом замерзания Таймырского побережья в Карском море в 1934 г. явился мыс Стерлегов, в районе которого встретились две волны замерзания от двух различных центров (от пролива Вилькицкого и Обь-Енисейского района).

Через несколько дней после замерзания пролива Вилькицкого, а именно 15 октября, начала замерзать губа Борхая в море Лаптевых, откуда замерзание распространилось на северо-запад до бухты Нордвик и далее на север до о-вов „Комсомольской Правды“, которых достигло через 12 дней, что дает скорость волны замерзания 45 миль в сутки. От губы Борхая замерзание пошло и в другую сторону, на восток, через пролив Лаптева в Восточносибирское море и последовательно в Чукотское море до Берингова пролива, которого достигло через 45 дней.

Скорость волны замерзания на побережье этих морей различна по отдельным участкам: от губы Борхая до устья р. Колымы 140 миль в сутки, от устья Колымы до меридиана о. Врангеля—27 миль

в сутки, от о. Врангеля до Берингова пролива — 14 миль в сутки. Эти цифры показывают постепенное уменьшение скорости волны замерзания по мере продвижения ее к востоку, т. е. по мере удаления от центра замерзания.

Средняя скорость волны замерзания по всему побережью от губы Борхая до Берингова пролива была равна 39 миль в сутки.

Итак, третий центр замерзания находился в губе Борхая с распространением волны замерзания на северо-запад до о-вов „Комсомольской Правды" и на восток до Берингова пролива.

Самым поздним пунктом замерзания моря Лаптевых явились о-ва „Комсомольской Правды", в районе которых встречаются две различные волны замерзания (одна — от пролива Вилькицкого, другая — от губы Борхая).

В ноябре произошло замерзание новоземельского побережья у Маточкина Шара (мыс Выходной). Отсюда волна замерзания пошла по двум направлениям. Первое — на юг к Югорскому Шару со скоростью 16 миль в сутки, второе — на север к мысу Желания, обогнув его и далее спустившись к югу вдоль Новой Земли уже со стороны Баренцова моря — к Маточкину Шару (мыс Столбовой) и затем к Карским Воротам со средней скоростью 8.5 миль в сутки. По мере продвижения к югу вдоль западного побережья Новой Земли скорость волны уменьшалась, на пути же к северу со стороны Карского моря достигала значительной величины — около 100 миль в сутки. Можно сказать, что замерзание новоземельского побережья шло в направлении, обратном движению часовой стрелки от мыса Выходного к мысу Желания и далее к Карским Воротам.

Итак, четвертый центр замерзания находился в районе Маточкина Шара с распространением волны замерзания вокруг Новой Земли и на юг к Югорскому Шару.

Волнами замерзания от описанных четырех центров охватывалось все северное морское побережье от Новой Земли до Берингова пролива. Такое расположение центров замерзания вполне соответствует теоретическим предположениям, основанным на современном знании физикогеографических и гидрометеорологических условий данных районов.

Так, далеко выдвинувшийся на север Таймырский полуостров с мысом Челюскина раньше всех остальных мест подвержен действию осенних заморозков, зима здесь наступает раньше, а в районе соседней Северной Земли постоянно находятся запасы нестаявшего за лето морского льда. Понятен поэтому и ход волны замерзания от пролива

Вилькицкого на юго-запад, постепенно от холодного района к более теплому. На тепловой, а следовательно и на ледовый режим мыса Стерлегова в сторону смягчения сильно влияет, вероятно, открытое море, которое замерзает, судя по наблюдениям с о. Уединения, довольно поздно.

Почему замерзание от пролива Вилькицкого так слабо распространялось на восток, к о-вам „Комсомольской Правды", определенно сказать сейчас нельзя. Во всяком случае, это явление, повидимому, имеет общие причины с полыньей, наблюдаемой в районе островов даже зимой.

Центр замерзания у о. Белого вполне отвечает низким соленостям вод этого района, ускоряюще действующим на ледообразование, а также факторам метеорологического порядка: осенние похолодания в районе Обь-Енисея наступают, обычно, довольно рано и круто и редко когда смягчаются.

Центр замерзания в губе Борхая объясняется значительным опреснением вод в ее районе, убывающим в направлении на север и на восток, куда и направляются волны замерзания.

Позднее замерзание Чукотского моря, идущее с запада на восток, вызвано поступлением теплых вод через Берингов пролив.

На западном новоземельском побережье ярко сказывается влияние теплых вод Баренцова моря, прогреваемых на некотором расстоянии от берегов Новой Земли струями Атлантического течения, мощность и влияние которого падают по мере продвижения к северо-востоку. Поэтому естественен ход волны замерзания навстречу теплому потоку, начиная от более удаленного и холодного восточного берега и кончая более теплым западным берегом.

Позднему замерзанию Карских Ворот и Югорского Шара способствуют также сильные приливо-отливные течения, наблюдающиеся в этих проливах.

Приведенные соображения о причинах данного расположения центров замерзания и распространения волн замерзания позволяют высказать предположение, что ни то, ни другое не являются случайными и обусловлены не какими-либо исключительными свойствами данного года, а закономерно действующим комплексом гидрометеорологических и физикогеографических условий данных районов.

Поскольку эти условия, в общем, не принадлежат к числу быстро и значительно изменяющихся из года в год, то не следует ожидать значительного перемещения центров замерзания в другие районы.

В зависимости от изменений гидрометеорологических условий за отдельные годы можно ожидать перемены в наступлении сроков

замерзания и в скорости прохождения волны замерзания, в то время как ее направление будет почти неизменным.

Наблюдения за осень 1935 г. и отрывочные наблюдения прошлых лет в общем подтверждают это заключение, впрочем иногда данные отдельных станций не совпадают с описанным ходом волн замерзания, опережают их или, наоборот, отстают, однако эти случаи не настолько многочисленны, чтобы нарушить общий закономерный ход волны.

Можно ожидать, что для Восточносибирского моря может возникнуть свой центр замерзания в районе Колымы, а центр замерзания моря Лаптевых переместится в бухту Нордвик.

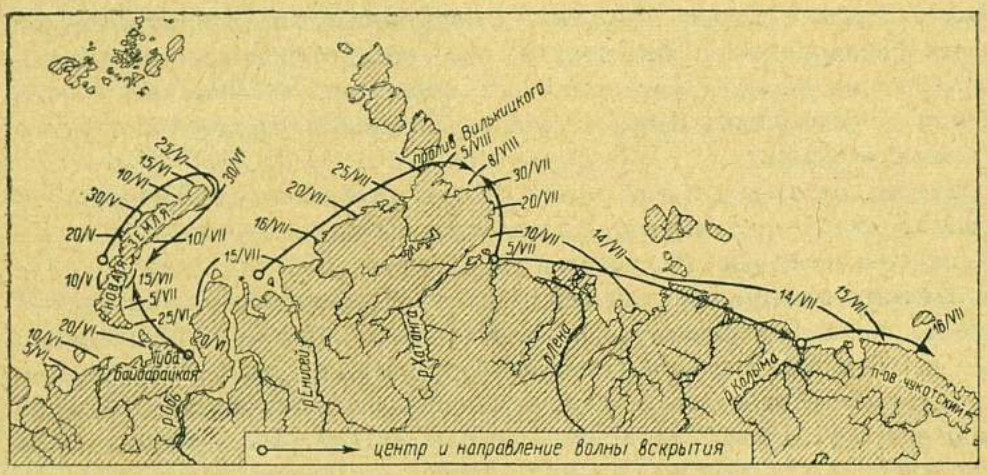


Рис. 2. Схема распространения вскрытия весной 1935 г.

Что касается изохрон других явлений, связанных с ледоставом, например, образование сала, заберегов, окончательное замерзание, то проследить на основании их волнообразный ход не всегда возможно, так как случаев нарушения закономерного хода волны бывает довольно много, что вполне понятно, поскольку эти явления часто зависят от отдельных резких изменений гидрометеорологического режима (сало и забереги образуются иногда при случайных заморозках, окончательное замерзание может оттягиваться вспышками ветров и т. п.).

В этом отношении первое полное замерзание более удобно для составления карт изохрон, ибо оно в большей степени обусловлено суммой общего взаимовоздействия гидрометеорологических факторов в течение довольно значительного промежутка времени.

Переходя теперь к рассмотрению хода вскрытия ледяного покрова, мы на схеме изохрон вскрытия в 1935 г. (рис. 2) можем проследить следующую последовательность.

Раньше всего произошло вскрытие Маточкина Шара с западной стороны Новой Земли — мыс Столбовой, откуда волна вскрытия распространилась вдоль берега Новой Земли к северу, обогнула мыс Желания (через 45 дней) и спустилась по восточному берегу острова к югу до мыса Выходного в проливе Маточкин Шар (через 65 дней) со средней скоростью 9—10 миль в сутки.

Итак, первым центром вскрытия был западный вход в Маточкин Шар с распространением волны вскрытия вокруг северного острова Новой Земли в направлении по часовой стрелке.

Почти месяцем позже по отношению к западному побережью Новой Земли в районе Маточкина Шара произошло вскрытие южной части Байдарацкой губы, откуда оно распространилось на северо-запад вдоль берега губы, восточных побережий о. Вайгача и Новой Земли до Маточкина Шара в течение 25 дней со средней скоростью 12 миль в сутки.

Итак, вторым центром вскрытия явилась Байдарацкая губа с распространением волны вскрытия на северо-запад до Маточкина Шара.

Самым поздним пунктом вскрытия на новоземельском побережье явился район восточного входа в Маточкин Шар (мыс Выходной), где встретились две волны вскрытия от разных центров (первая — от мыса Столбового на западном побережье Новой Земли, вторая от Байдарацкой губы). Через две недели позже Байдарацкой губы вскрылась бухта Нордвик (в море Лаптевых), откуда волна вскрытия довольно медленно шла на север и через месяц достигла о-вов „Комсомольской Правды", что дает среднюю скорость около 7.5 миль в сутки. Одновременно от Нордвика другая волна вскрытия направилась на восток, через море Лаптевых и Восточносибирское море к о. Врангеля, которого она достигла через 11 дней, что дает среднюю скорость 110 миль в сутки. На отдельных участках скорость волны значительно изменялась: так от бухты Нордвика до устья Колымы она равнялась 94 милям в сутки, а от устья Колымы до о. Врангеля — 180 милям в сутки.

Итак, третьим центром вскрытия была бухта Нордвик, с распространением волны вскрытия на север до о-вов „Комсомольской Правды" и на восток от о. Врангеля.

Позднее всего происходило вскрытие в северо-восточной части Карского моря (через 10 дней после Нордвика и через 25 дней после Байдарацкой губы), причем начиналось оно в Обь-Енисейском районе (о. Белый и о. Диксон) и распространялось на северо-восток вдоль

берега Таймырского полуострова к мысу Челюскина и далее к о-вам „Комсомольской Правды“, которых достигло через три недели, что дает среднюю скорость продвижения волны 25 миль в сутки.

Итак, четвертым центром вскрытия был Обь-Енисейский район с распространением волны вскрытия на северо-восток до пролива Вилькицкого и далее до о-вов „Комсомольской Правды“.

Самое позднее вскрытие в море Лаптевых и по всему северному побережью происходило в районе о-вов „Комсомольской Правды“, где встретились две волны вскрытия (первая от Нордвика, вторая от Обь-Енисейской зоны моря).

Волнами вскрытия от описанных четырех центров охватывалось все северное морское побережье, за исключением Чукотского моря, в котором вскрытие происходило столь неравномерно, что установить волнообразный ход его не представилось возможным.

Если проследить за ходом указанных волн вскрытия, то можно обнаружить, что не всегда они идут в „нормальном“ направлении, за которое следует принять обратное или встречное движение по отношению к волнам замерзания, поскольку в обычных условиях те места, которые позже замерзают, начинают и раньше вскрываться. При этом условии пункты позднейшего замерзания должны весной явиться центром вскрытия.

Однако пример такого хода волны обнаруживается на картах лишь на новоземельском побережье, процесс замерзания которого происходит в направлении против часовой стрелки, а вскрытия — по часовой стрелке, что объясняется, как уже указывалось, притоком тепла от юга-запада. Во всех остальных случаях обнаруживается почти полное совпадение волн вскрытия и замерзания. Это явление можно объяснить сильным воздействием чисто гидрологических местных факторов, превышающим общее воздействие комплекса гидрометеорологических факторов и в силу этого вносящим большие изменения в „нормальный“ ход событий. Так, например, ход волны замерзания и вскрытия от Обь-Енисейской зоны к мысу Стерлегова в обоих случаях вызван одним и тем же фактором — распреснением морской воды притоком речных вод. Осенью замерзание идет от района с более пресной водой к району с более соленой, ибо пресная вода легче замерзает, а весной, когда процесса ледообразования в основном не происходит, речная вода, как более теплая, начинает разрушать ледяной покров и ускоряет момент вскрытия. Не будь различной солености вдоль Таймырского побережья, тогда бы волна замерзания шла от пролива Вилькицкого к устьям Оби и Енисея, а волна вскрытия—от последних к проливу

Вилькицкого. Примером такой закономерности является участок побережья от пролива Вилькицкого до мыса Стерлегова, где волны замерзания и вскрытия идут „нормально", т. е. навстречу друг другу.

Так же влияет распространение вод и на ход волн замерзания и вскрытия в море Лаптевых и Восточносибирском море; направление волны вскрытия от бухты Нордвик на север вызвано разрушающим влиянием на лед теплых вод р. Хатанги, постепенно проникающим дальше к северу и действующим совокупно с направлением общего прогрева атмосферы с юга на север, а направление волны замерзания, идущей тоже с юга на север, вызвано распреснением вод, идущим в этом направлении.

Совпадение хода волн замерзания и вскрытия в морях Лаптевых и Восточносибирском с запада на восток вызвано совокупностью постепенно убывающего к востоку влияния рек и, вероятно, хода изменений некоторых метеорологических условий тоже с запада на восток. Например, осеннее похолодание наступает на западе у Новой Земли на двадцать дней раньше, чем на востоке, у Берингова пролива. Примерно такой же ход можно уловить и в весеннем потеплении.

Большая скорость, с которой вскрываются моря Лаптевых и Восточносибирское, зависит, вероятно, также от очертаний береговой линии, вытянутой приблизительно в пределах одной параллели 70—71°, вследствие чего она находится в зоне действия одних и тех же центров атмосферного давления и имеет почти одинаковые температуры воздуха.

Чем вызвана крайняя неравномерность вскрытия Чукотского моря и почему район о-вов „Комсомольской Правды" в море Лаптевых вскрывается позже любого места у всего северного побережья — не представляется сейчас ясным. Во всяком случае, причины могут быть заложены только в местных гидрологических условиях.

Во всех остальных случаях ход волн вскрытия представляется, в свете вышеупомянутых объяснений гидрометеорологического порядка, вполне закономерным.

Очевидно, от годовых изменений гидрометеорологических условий, носящих лишь качественный характер, может произойти изменение сроков вскрытия и скорости прохождения волн, но, видимо, останутся неизменными последовательность событий и расположение центров. Правда, можно ожидать, что в море Лаптевых центр вскрытия может переместиться в годы усиленного выноса вод р. Леной из бухты Нордвик в губу Борхая.

Следует отметить, что неполные сведения за прошлые годы, с другими ледовыми условиями, в общем подтверждают наши заключения о волнах вскрытия льдов прибрежной зоны, хотя иногда и встречаются исключения. К сожалению, малое количество станций до 1934 г. не позволяет произвести детальной сверки.

Что касается других весенних ледовых явлений, например, образование полыней, заберегов, очищение, то закономерности в их ходе значительно меньше. Невозможно построить карту изохрон очищения, ибо оно зависит от отдельных изменений синоптической обстановки, в особенности—от ветров.

Резюмируя все вышесказанное о замерзании и вскрытии, мы можем отметить, что:

1) Замерзание или вскрытие всей северной прибрежной зоны начинается из нескольких центров, в количестве 4—5, и в виде волны замерзания или вскрытия распространяется от них в определенные стороны.

2) Положение центров и направление волн обусловлено общей совокупностью взаимодействия физикогеографических, метеорологических и местных гидрологических условий, сравнительно постоянных из года в год, вследствие чего положение центров и направление волн значительно изменяться не может.

3) Качественные изменения годовых и сезонных гидрометеорологических условий повлекут за собой изменения в сроках и скоростях передвижения волн замерзания и вскрытия, что, наряду с неизменностью положения центров и направлений волн, позволит использовать карты изохрон для ледовых прогнозов (при условии заблаговременного учета гидрометеорологических изменений).

В. И. АРНОЛЬД—АЛЯБЬЕВ

О ПРИМЕНЕНИИ ВОДОБОЯ (ГИДРОМОНИТОРА) В БОРЬБЕ СО ЛЬДОМ [1]

„Не самый метод (гидромеханизации) земляных и горных работ, а неумение ими воспользоваться или погоня за лишней экономией в капиталистических странах давали отрицательные результаты. Несмотря на чрезвычайную простоту производства работ и оборудования, гидромеханизация требует более, чем какой-либо другой вид механизации, того, чтобы в основу работ были положены действительно научно-обоснованные данные".

Н. Д. Холин, С. В. Воскресенский „Гидромеханизация земляных и горных работ". Л., 1932.

Сущность гидромеханизации заключается в следующем:

1. Вода из имеющегося источника (в нашем случае — моря) подается под давлением в особый снаряд — водобой или гидромонитор, где происходит преобразование энергии давления в скоростной напор. Это достигается применением наконечника с малым сечением, т. е. использованием того же принципа, на котором основано действие воды в активных турбинах.

2. Струя воды, выбрасываемая с большой скоростью из наконечника этого водобоя, имея достаточную кинетическую энергию, обладает громадной разрушающей силой.

3. Простота и полнота преобразования энергии в водобое и отсутствие в нем при этом больших вредных потерь, дают весьма значительный коэффициент полезного действия этого устройства.[2] Об эффекте разрушения речь может итти в зависимости от напора, диаметра струи, угла встречи и свойств самой породы. В этом отношении эффективность применения водобоя всецело зависит от соответствия указанных факторов.

Поэтому основное в вопросе гидромеханизации — это правильное и целесообразное применение водобоя, его установка, подбор наивыгоднейшего напора, толщины струи и знание свойств разрушаемой породы.

---

[1] Описываемые в настоящей статье результаты первичных опытов по применению водобоя к разрушению (резке) льда не могут еще предрешить вопроса о целесообразности применения водобоя для борьбы со льдом в реальной судовой обстановке, где к нему, несомненно, будет предъявлен целый ряд специфических требований.

В течение февраля — марта 1937 г. Ленинградским управлением Главсевморпути будут произведены на территории Ленинградского торгового порта испытания действия струи воды высокого давления на лед. Для этой цели сооружена установка, состоящая из насоса на 48 атмосфер и двигателя к нему в 600 л/с, которая будет давать струю воды диаметром в несколько сантиметров. (*Прим. ред.*)

[2] Сведения по гидромеханизации заимствованы из книги Н. Д. Холина и С. В. Воскресенского „Гидромеханизация земляных и горных работ". Л., 1932.

В вопросах приложения гидромеханизации к ледокольному делу играет немалую роль самая цель производства этих работ. В то время как при земляных и горных работах струя воды используется для примерно одних и тех же целей: разрыхления (или разрушения) и транспортировки породы, практика плавания во льдах может предъявить к водобою различные требования, в зависимости от разнообразия ледовых условий и характера работы во льду судна данного типа.

Однако пока предъявление практических требований со стороны ледокольного дела было бы преждевременным, так как еще неизвестны самые возможности водобоя в борьбе со льдом.

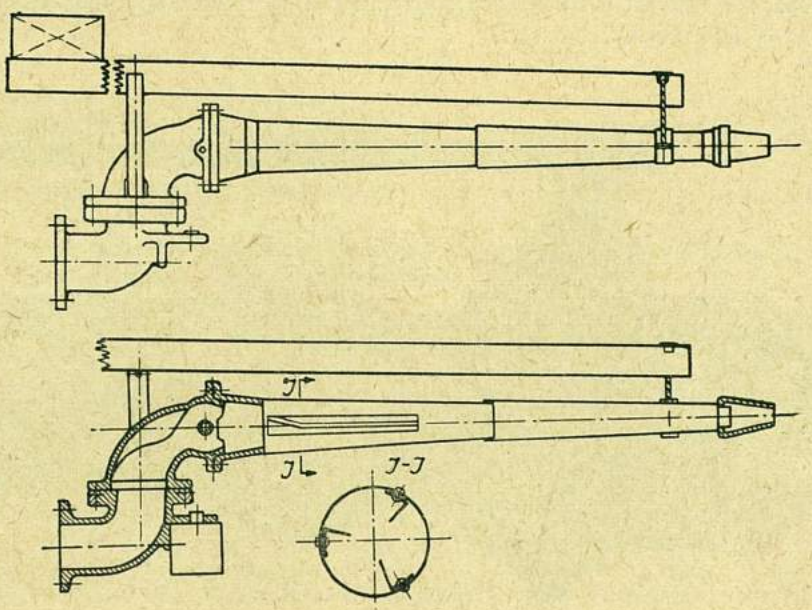


Рис. 1. Схематический чертеж гидромонитора, применяемого при горных и торфяных разработках.

До сих пор имеются, например, такие данные, полученные из опыта многолетнего применения водобоя в горном деле:

слежавшийся гравий разрыхляется при напоре струи	от	7 до 15 атм.
глина (в зависимости от пластичности и жирности)	от	6 до 20 „
слоистый известняк и некоторые другие хрупкие каменные породы	— от	20 до 30 „ и более.

Эти сведения говорят о том, что мы имеем право, по крайней мере предполагать, что лед, если и не любого „сорта", то во всяком случае, обладающий некоторой степенью рыхлости, будет разрушаться водяной струею с требуемым для практики эффектом.

Прежде всего необходимо знакомство, хотя бы в основных чертах, с применяемым в настоящее время водобоем в практике горных и торфяных разработок.

Водобой, или гидромонитор, представляет собою конически сходящуюся трубу с двумя шарнирами и коленом (рис. 1). На конце этой трубы укреплена сходящаяся насадка. Шаровой шарнир дает возможность вращения трубы в вертикальной плоскости

на угол в 60°, другой же шарнир, в виде сальникового подшипника, дает горизонтальное вращение на 360°. Оба шарнира имеют прокладки из вываренной в масле кожи.

При больших напорах и расходах воды насадка присоединяется не непосредственно к водобою, а к отклоняющему наконечнику — дефлектору, который дает возможность более легкого обращения с водобоем при быстрой перемене направления струи (рис. 2). Направляя дефлектор с помощью рукоятки А в желаемую сторону, вызывают этим удар воды в наконечник, благодаря которому возникает реакция в одной из осей шарниров, перемещающая трубу в нужном направлении. Существует еще другой вид дефлектора, так называемый контролирующий дефлектор, который позволяет управлять водобоем на расстоянии.

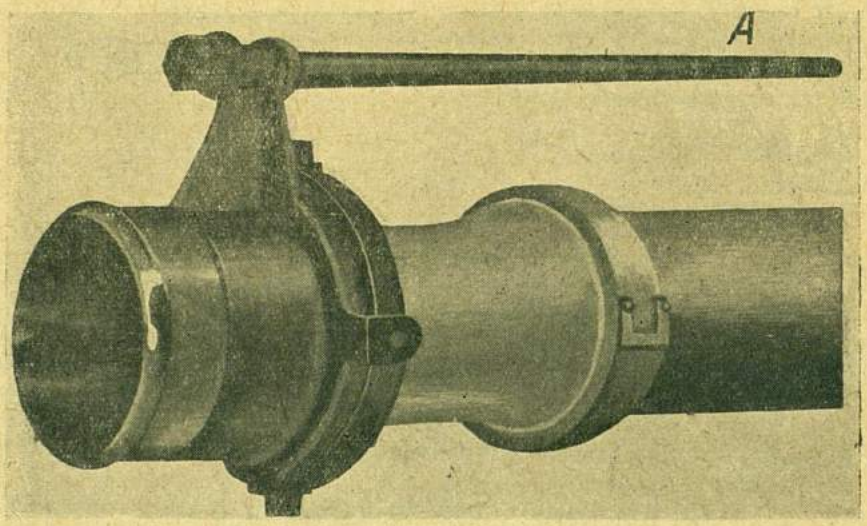


Рис. 2. Дефлектор гидромонитора.

Основными требованиями, которые в настоящее время предъявляются к водобою являются: 1) энергия давления воды должна в нем полностью преобразовываться в энергию кинетическую; 2) струя воды должна иметь цилиндрическую форму и не должна разбрызгиваться; 3) потери напора должны быть самыми минимальными; 4) струя воды не должна иметь винтообразного движения.

Поскольку преобразование энергии происходит именно в самой насадке, ее форма и свойства имеют решающее значение. Наилучшей формой насадки, согласно исследований Фримана, оказывается коническая, слабо сходящаяся, с цилиндрическою короткою направляющею трубкою на конце[1] для уменьшения сжатия и последующего разбрызгивания струи.

Весьма существенным является тщательность выработки насадок и гладкость их стенок.

---

[1] Фриман производил испытания с насадками с длиною цилиндрической части насадки в 2.5 см., при диаметре выходного отверстия 2.85 см. Наружный вид насадок был конический, чашкообразный и колоколообразный.

Зная расход воды Q, подаваемой насосом к водобою, а также давление в нем H, легко найти наименьшую возможную площадь выходного отверстия ω в квадратных метрах, при данном угле конусности, по формуле:

$$\omega = \frac{Q}{\mu\sqrt{2gH}},$$

где μ — коэффициент расхода, колеблющийся в пределах от 0.945 до 0.829, в зависимости от угла конусности от 13° до 0°.

Зная расходы воды Q и площадь выходного отверстия ω, можно определить скорость струи в метрах в секунду из зависимости:

$$V = \frac{Q}{\omega}.$$

Применяемые при гидромеханизационных работах скорости колеблются в пределах от 20 до 60 м/с и даже до 90 м/с.

Очень важен вопрос об угле встречи. Также имеет значение угол наклона поражаемой плоскости к горизонту.

Пусть R — искомое нормальное давление струи на поражаемую плоскость;

P — вес жидкости в струе данного объема;

β — угол отклонения перпендикуляра, падающего на поражаемую плоскость, от вертикали или, что то же, угол наклона поражаемой плоскости по отношению к горизонту;

α — угол, образуемый направлением струи и нормалью к поражаемой плоскости — угол встречи; так что при $\alpha = 0°$ струя падает перпендикулярно, а при $\alpha = 90°$ струя скользит по поражаемой поверхности;

$\Delta\omega$ — элементарное поперечное сечение струи.

В результате некоторых преобразований уравнение количества движения получит вид:

$$R = P\cos\beta + 2\Delta\omega\cos\alpha\frac{v^2}{2g},$$

где $P\cos\beta$ назовем „мертвым" давлением, а часть $2\Delta\omega\cos\alpha\frac{v^2}{2g}$ — „живым" давлением струи воды водобоя на поражаемую плоскость.

Подсчеты по этой формуле показывают, что, например, при горизонтальном положении поражаемой поверхности и вертикальной струе ($\alpha = \beta = 0°$) давление $\frac{R}{\Omega}$, где Ω — площадь поражаемой поверхности, является наибольшим, в то время как при наклонном положении поражаемой плоскости (и, в свою очередь, струи) по отношению к ней под углом в 45° ($\alpha = \beta = 45°$) давление может оказаться в два раза меньшим.

Словом, угол встречи α существенно влияет на давление струи на поражаемую поверхность.

Что касается „мертвого" и „живого" давлений, то, при больших скоростях в водобое, первое невелико по сравнению со вторым. Поскольку в применении к борьбе со льдом мы можем иметь дело с предельными скоростями, первый член формулы будет иметь тем меньшее значение.

В 1933 г. инженер В. П. Чижиков выступил с предложением применить водобой для борьбы кораблей со льдами. Свое предложение В. Чижиков еще в 1930 г. запатентовал в следующем виде: за борт ледокола выстрелены на кронштейнах 2 водобоя, направленные на лед и питаемые насосом изнутри корабля. Каждый из водобоев

Таблица значения разрушающего напря

Пор. №№	Автор	Учреждение
		1. Пресно
1	Пинегин В. Н.	Томский Технологический институт
2	Васенко Б. П.	Механическая лаборатория Института путей сообщения в Ленинграде
3	Вейнберг Б. П. и Безсонов Е. А.	Томский Технологический институт
4	Арнольд-Алябьев В. И.	Ледовая лаборатория гидрометеорологической службы
5	Трощинский И. П.	То же
6	Педдер А. Ю.	Иркутская геофизическая обсерватория
7	Мозели Г.	Бристольская высшая школа (Англия)
		2. Лед морской
8	Арнольд-Алябьев В. И.	Ледовая лаборатория гидрометеорологической службы
9	Макаров С. О.	Дургемская высшая техническая школ (Англия)
		3. Лед по
10	Макаров С. О.	Экспедиция на ледоколе „Ермак" в 1899 г.
11	Арнольд-Алябьев В. И.	Океанографический институт, экспед. судн „Персей" в 1930 г.
12	„	Ледовая лаборатория — экспедиция на ледоколе „Красин" в 1932 г.
13	„	Ледовая лаборатория и Арктический институт — экспедиция на ледокольном пароход „Малыгин" в 1934 г.

Примечания: 1. Приведены преимущественно наибольшие значения из числа по
2. При сравнении данных между собою не следует придавать большого значения т
3. Резкая разница значений для сжатия при t° около —10° для разных видов льда о

жения для льда в кг/см²

Водоем	Перелом		Сжатие		Раздробление		Срез	
	около 0°	около —10°	около 0°	около —10°	около 0°	около —10°	около 0°	около —10°
водный лед								
р. Томь	18	33	28	34	36	—	7	10
р. Нева	—	—	—	—	—	37	—	—
р. Томь	18	—	26	—	—	—	—	—
р. Нева	18	30	—	—	—	—	—	—
•	—	—	30	—	—	—	—	—
р. Ангара	17	—	—	—	—	—	—	—
Искусственный	—	—	>29	—	—	—	8	—
малой солености								
Балтийское море (Финский залив)	15	26	22	56	—	—	—	—
Искусственный из разбавленной воды Северного моря	—	9	—	—	—	35	—	—
лярный								
Северная часть Баренцова моря	8—15	—	—	—	—	—	—	—
То же	8	—	—	—	—	—	—	—
Печорское море	6	16	—	—	—	—	—	—
Карское море	8	—	—	—	—	—	—	—

ченных авторами при испытаниях.
ной абсолютной величине, более интересуясь порядком значений.
словливается, повидимому, различием размеров испытывавшихся образцов.

пробивает по канавке во льду с обоих бортов и ледоколу остается лишь сломать оставшуюся впереди него на расстоянии 15—20 м пластину, отрезанную от остального ледяного поля.

В основу своего предложения В. Чижиков положил соотношение прочности льда на сжатие и на срез, соответственно равные 18 и 7 кг/кв. см (заимствовано им у С. Макарова и А. Комаровского), и давление на лед струи водобоя, которое, при давлении в насосе 60 атм., с расходом воды в 64 кб. м/час, оказывается равным 25—30 кг/кв. см., согласно расчетов автора.

Последний предлагает усилить основные водобои на судне вспомогательными, устроив их так, чтобы их струи были параллельны основным. Этим расход воды, как полагает В. Чижиков, увеличивается в общей сложности до 100 кб. м в час, что потребует насоса мощностью в 370 л/с.

Не вдаваясь в критику конструктивного оформления водобоя на ледоколе и расчетов В. Чижикова, следует обратить внимание на сущность вопроса: резка льда струей воды высокого давления.

С этой стороны проблема и должна быть рассмотрена, так как того, что мы на сегодня знаем о свойствах морского и речного льда, вполне достаточно, чтобы, если и не говорить о рентабельности этого плана, то, во всяком случае, утверждать, что постановка опытов в натуральном масштабе, т. е. с применением водобоя нормального размера, является вполне целесообразной. В особенности это относится к арктическому льду, свойства которого обещают значительно более эффективное действие водобоя, чем, например, во льду пресноводном.

В таблице приведены данные, основанные на ряде испытаний. К сожалению, в ней отсутствуют данные о сопротивлении на срез и на раздавливание арктического льда. Однако из сопоставлений и из того, что мы в настоящее время знаем о его строении, можно иметь некоторую уверенность в том, что эти величины во всяком случае не будут значительны и что для водобоя они не представят больших затруднений, по сравнению со льдом пресноводным.

Учитывая величины давления струи водобоя на поражаемую поверхность льда, которая при углах встречи, не очень далеких от перпендикуляра ($0° \leqslant \alpha \leqslant 45°$), может достигать десятков кг/кв. см, т. е. столько, сколько необходимо не только для скалывания, но и для раздавливания льда, следует принять во внимание то, что поверхность льда горизонтальна в наиболее частом случае, т. е. в этом отношении мы поставлены в более выгодные условия, чем земляные и горные разработки.

Некоторые затруднения могут быть встречены в вопросе о глубине прорези, точнее, — в вопросе о возможности успешного прорезания льда на дне уже прорезанной щели, по мере ее углубления. Здесь можно встретиться с двумя фактами. Во-первых, может возникнуть необходимость расширения щели в верхней части, по мере углубления ее, что потребует дополнительного времени и работы водобоя. Во-вторых, вода, скопляющаяся в щели и имеющая затрудненный выход из нее, будет ослаблять удар струи (буфер).

Как дело пойдет в действительности — наперед сказать трудно. Возможно, что придание соответствующего угла встречи (например $\alpha = 5°—10°$) само по себе поведет к устранению буферной воды в прорези.

Немаловажным является вопрос и о дополнительной вредной затрате времени, если бы это было вызвано необходимостью указанного уширения прорези и устранения буферной воды.

Однако, повторяю, этот вопрос останется неизвестным, пока не будет разрешен опытным путем.

В декабре 1933 г. Ленинградское управление Главсевморпути обратилось в Ледовую лабораторию Единой гидрометеорологической службы в Ленинграде[1] с просьбой высказать свои соображения о проведении опытов, в связи с предложением В. Чижикова, и оказать ему содействие при постановке этих опытов.

Опыты были проведены В. Чижиковым на территории Ледовой лаборатории на льду у северного берега Канонерского острова в марте — апреле 1934 г. на средства, отпущенные изобретателю Главным управлением Северного морского пути и

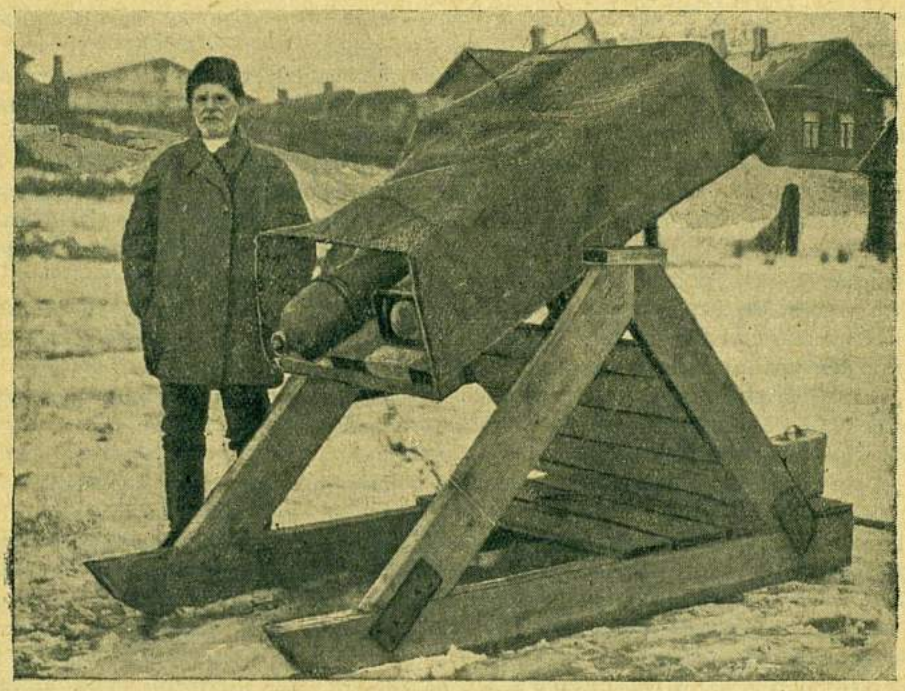


Рис. 3. Опытная установка для получения струи воды высокого давления.

Ленинградским торговым портом. Для проведения опытов экспериментальными мастерскими Ленинградского торгового порта была построена сконструированная сотрудниками Ледовой лаборатории, по мысли И. П. Трощинского, опытная установка для получения струи воды высокого давления.

Установка (рис. 3) состояла из санного лафета с люлькой, к которой были прикреплены водяной и воздушный металлические баллоны высокого давления (употребляемые для хранения сжатых газов). Воздух пропускался из воздушного в водяной баллон, емкостью 40 л, из насадки которого с отверстием в 5 мм диаметром, ввинченного в его головку, выходила струя воды в направлении продолжения оси баллона. Вращая люльку с баллонами на ее оси, опирающейся на лафет, можно было придавать выходящей струе желаемый наклон по отношению к поверхности льда (угол встречи).

---

[1] В настоящее время Ледовая научно-методическая морская станция Государственного Гидрологического института.

Ниже приводится часть протокола испытания, произведенного 22 марта 1934 г. на льду толщиной 35—40 см в расстоянии около 50 м от берега.

„Погода при испытании была следующая: пасмурно, температура воздуха +5°, штиль.

„Вследствие продолжительной оттепели, на льду был небольшой слой воды, и верхний слой льда толщиной 3—4 см был совершенно рыхлым. Остальная масса ледяного покрова была достаточно плотной и прочной, хотя с нижней поверхности и проявляла признаки разрушения. Испытания на перелом льда, взятого с места производства опытов 24 марта, дали прочность льда до 6 кг/кв. см при содержании полостей (рыхлости) 0 кб. см/кг.

„Было произведено двукратное испытание резки льда, с использованием одного и того же воздушного баллона, имевшего в начале испытания воздух под давлением около 150 атмосфер. Водяной баллон перед каждым испытанием наполнялся весь водою. Испытание производилось между $15^1/_2$ и $17^1/_2$ часами.

При первом испытании была сделана прорезь во льду, на котором стоял лафет с баллонами, причем струя была направлена сверху вниз под углом около 75—80°. Сопло (насадка) находилось от льда на расстоянии около 50 см. Во время опыта, длившегося 15 секунд, давление в водяном баллоне достигало в начале 25 атмосфер, затем, по мере опорожнения его, спадало. Наклон струи постепенно изменялся в пределах от 80° до 30°, причем струя перемещалась по поверхности льда, делая в нем прямолинейную прорезь.

„Таким образом, струя была проведена по льду, сначала от лафета вперед, затем обратно (т. е. сначала с наклоном от 80° до 30°, затем, — от 30° до 80°) по тому же направлению, так что расстояние сопла от льда, т. е. длина струи, было переменным.

„В результате во льду оказалась канавка длиною 400 см, шириной 3—4 см и глубиною от 16 до 1 см.

„Вследствие рыхлости верхнего слоя льда, следует учитывать лишь часть канавки, прорезанную в прочном льду. При этих условиях глубину следует считать на 3 см меньше, т. е. до 13 см. Равным образом и длина канавки сократится до 300 см, так что площадь продольного сечения канавки, прорезанной в прочном льду, составит в общем около 750 кв. см.

„При втором испытании в том же месте был вырублен кабан, который поставили вертикально на льду нижней поверхностью против лафета с баллонами, так что струя била в него на расстоянии около $1^1/_2$ м, под углами 80°—50° к его поверхности.

„Давление в водяном баллоне в начале опыта достигало 15 атмосфер. В результате выпуска струи, продолжавшегося 25 секунд, в льдине образовалась канавка, шириной 3 см, глубиной от 20 до 5 см и длиной около 40 см. Приблизительная площадь продольного сечения разреза 250 кв. см. Лед от нижней поверхности кабана можно считать однородным и достаточно компактным, почему и надо принимать в этом случае все сечение разреза начисто".

Оставляя в стороне ряд существенных замечаний комиссии, касающихся технической стороны постановки самого опыта и деталей конструкции опытной установки, приведем выводы по данному испытанию.

„Основным выводом из произведенных опытов следует считать, что применение струи воды высокого давления для резки льда имеет вполне реальное значение.

„Вопрос сводится лишь к тому, чтобы добиться надлежащей чистоты опыта, учтя приведенные замечания. Далее необходимо провести ряд программных испытаний для получения соответствующего цифрового материала, выражающего:

I. Зависимость получаемого эффекта от давления.

II. То же, от толщины струи.

III. То же, от угла, под которым действует струя, по отношению к поверхности льда.

IV. То же, в зависимости от расстояния льда от сопла (длина струи).

V. Действие струи на лед различного строения и прочности.

VI. Эффект в связи с температурой льда.

VII. Действие струи на лед через водяную прослойку, в зависимости от толщины последней.

„Экспериментальное решение поставленных задач даст возможность конкретизировать вопрос и перевести его из области принципиальных возможностей на почву технического расчета".

Если приведенные выводы дополнить еще одним пунктом, а именно: ослабление льда на перелом под действием струи различного давления, то можно считать программу исследования вопроса достаточно полной, независимо от того, будут ли продолжены опыты в лабораторном масштабе, т. е. так, как они были произведены, или масштаб будет увеличен до применимого в практике.

Состав комиссии, в присутствии которой проводился опыт, был следующий: руководитель Ледовой лаборатории В. И. Арнольд-Алябьев, главный инженер порта В. И. Цапенко, инженер Волгостроя И. Е. Подруцкий, научные сотрудники Ледовой лаборатории И. П. Трощинский и Е. Н. Воропаев, мастер портовых экспериментальных мастерских Е. В. Карпов и изобретатель В. П. Чижиков. Общая продолжительность опытов, считая время действия струи на лед во время описанных опытов и последовавшего за ними опыта, составляла 150 секунд, в течение которых струя была пущена шесть раз.

Естественно, что при незначительных средствах, которые были предоставлены изобретателю (он располагал лишь 3 баллонами воздуха емкостью по 40 л, сжатого под давлением в 140 атмосфер), было невозможно получить более обстоятельные выводы, а тем более — добиться более значительного эффекта резания льда.

Ввиду желания В. Чижикова доказать необходимость использования предстоявшей навигации в Арктике для испытания водобоя на плавающем во льдах корабле, им был 4 апреля 1934 г. проведен еще один опыт на той же территории и с той же установкой в присутствии комиссии, специально назначенной для этой цели Ленинградским управлением Главсевморпути.

„Было произведено три испытания, — говорится в протоколе. — Применены были насадки для выхода струи воды из баллона диаметром в 5 и 7 мм. Во всех трех случаях наблюдалось сильное распыливание воды. Выход воды продолжался около 20—30 секунд. Заметные углубления во льду получились лишь в местах длительной (10—15 секунд) задержки струи, но глубиною не более 10—15 см в виде ямок. В остальных местах заметного действия водяной струи не получилось. Давление в водяном баллоне достигало 50 атмосфер".

Мнения членов комиссии разделились настолько, что ожидать дальнейшего успеха дела для изобретателя было трудно. Налицо был факт неудачной постановки опыта, видимо, вследствие его недостаточной подготовленности. Во всяком случае дальнейшие опыты в этом направлении не производились, и вопрос остался неразрешенным.

Практика плавания во льдах показала, что от носовых образований вообще и, в частности, от формы самого форштевня зависят ледокольные качества судна. Так, суда с выступающим вперед форштевнем (рис. 4) легче идут во льду, вследствие того, что он надкалывает ледяной покров, обладающий вообще малым сопротивлением на разрыв. Известно, что от форштевня ледокола, идущего в ровном компакт-

ном льду трещины бегут иногда на 100—150 м, если где-нибудь вблизи есть слабина. Это явление наблюдается как во льдах, например, Балтийского моря, где лед обладает значительной прочностью, так и во льдах полярных, где лед менее прочен, но толщина его в несколько раз больше.

Произвести первичный надрез впереди ледокола или ледоходного парохода сможет водобой, укрепленный в носу снаружи судна так, чтобы им можно было управлять с палубы аналогично тому, как это производится при земляных работах.

Было бы ошибочно требовать от водобоя такой скорости прореза льда, какая могла бы потребоваться на свободном ходу ледокола, т. е. когда он ломает лед без затруднения и успешно продвигается. Ни водобой этому удовлетворить не сможет, ни ледокол в этом случае в помощи не нуждается.

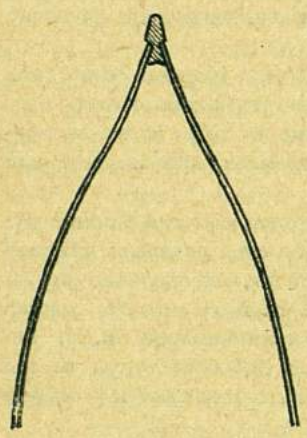


Рис. 4. Вид выступающего форштевня в плане, у ватерлинии.

Но обеспечить ледокол в случаях затруднений, когда его скорость в тяжелом льду снижается до двух, одного или даже до долей узла, дать средство быстро сняться с „ледяного тюфяка", на которых ледоколы иногда сидят часами, прибегая к перекачкам,[1] ледяным якорям и взрыванию льда — это задача сегодняшнего дня в технике ледокольного дела. Таких средств, которые давали бы ледоколу быстрый выход из упомянутых затруднений, пока нет.

Когда ледокол не в состоянии обломать лед своею тяжестью, он взбирается на него, лед под ним прогибается, образуя как бы чашу, обладающую водоизмещением не меньшим той части ледокола, которая на нее опирается. Для ледокола „Ермак" вес этой части составляет величину порядка 800 т. Пловучесть этой чаши, определяемая зависимостью: $V = \frac{\pi}{2} f r^2$, где V — ее водоизмещение, f — стрелка прогиба и r — радиус чаши,[2] препятствует ледоколу опуститься вниз, а прочность ледяного покрова—нарушить целость чаши. Водобой в данном случае и может сыграть важную роль — надколоть, надрезать труднопроходимый ледяной покров, чтобы дать возможность ледоколу докончить его разрушение.

Подобным же водобоем, укрепленным у форштевня судна, могут разрушаться торосы, хотя бы в своей надводной части. Здесь эффект работы водобоя не будет решающим, но в качестве вспомогательного средства он должен себя оправдать.

---

[1] Если застрявший в тяжелом льду ледокол не в состоянии силою одних только машин преодолеть трение корпуса о лед и тронуться с места, то в помощь машинам, для преодоления этой силы трения, путем заполнения водой специальных цистерн какого-либо одного борта, стараются накренить его. Обычно крен судна достигается при первом же наполнении цистерн; происходит как бы отрыв ледокола от льда, и он снова получает возможность двигаться. Если первичное наполнение цистерн одного борта эффекта не дает, то вода перекачивается помпами в цистерны противоположного борта. В редких, особо тяжелых случаях приходится делать несколько таких перекачек воды. Все, описанного рода, маневры с водяным балластом и называются „перекачками". Каждая перекачка, в зависимости от устройства помп, требует от 5 до 45 минут. (*Прим. ред.*)

[2] Принимая чашу за шаровой сегмент и упрощая формулу, считая f малым по сравнению с r.

Наконец, если вообще учитывать значительность коэффициента полезного действия струи воды по сравнению, например, со струей от гребного винта, с другой стороны — принимать во внимание назначение переднего винта у ледоколов: размывать подводную часть торосов на их пути, то станет ясным, что возможность замены переднего винта струей воды, выпускаемой из неподвижной трубы, закрепленной в подводной части корпуса судна, является желательной. Ледоколы работают обычно зимою во внутренних морях, где передний винт или аналогичное приспособление являются существенно важными, принося, как показала практика, определенный экономический эффект. Летом, уходя в Арктику, ледоколы имеют дело с мощными глыбами компактного хотя и менее прочного льда, но все-таки такого, в котором риск облома переднего винта достаточно велик. Попытки снимать передний винт на ледоколах „Ермак" и „Ленин", заглушая отверстие конусом, успеха не имели, вследствие ряда неудобств, сопряженных с этим.

Если бы оказалось возможным заменить передний винт на ледоколах таким водоструйным торосоразмывателем, а переднюю машину — насосом для него, т. е., иначе говоря, сделать у ледоколов „неломкий" передний винт — это принесло бы безусловную пользу.

Вот те случаи ледокольной практики, в которых можно рассчитывать на применение водобоя. Для решения вопроса необходимы опыты, предусмотренные приведенной программой.

Возможно, что водобой можно будет с успехом применять и к другим случаям борьбы со льдом, как, например, в борьбе с зажорами на северных реках, для охраны от действия льда гидротехнических и портовых сооружений, особенно в полярном и приполярном районах, где способы обычного пешения льда являются мало действительными.

11 апреля 1935 г.

Ледокол „Ермак"

З А М Е Т К И

Гидрографические суда Советской Арктики. К навигации 1936 г. Гидрографическим управлением Главсевморпути была закончена постройка четырех парусно-моторных ботов для гидрографических работ в Арктике: „Политотделец", „Папанин", „Евгенов" и „Профессор Визе". Прототипом был взят северный (норвежский) парусно-моторный бот „Смольный", показавший за ряд лет пригодность к плаванию в полярных морях.

Малое гидрографическое судно, предназначенное для гидрографических работ на севере, должно удовлетворять двум основным требованиям: иметь большой район плавания (4860 миль) и быть пригодным для плавания в разреженном льду, с немалой вероятностью временами испытывать ледовое сжатие.

Этим основным требованиям удовлетворяют деревянный корпус и двигатели внутреннего сгорания, ввиду экономичности расхода жидкого топлива. В качестве материала для корпуса судна было выбрано дерево (сосна, дуб), так как деревянный набор корпуса и дубовая обшивка судна обладают упругостью, что имеет значительное преимущество перед металлическим набором при ударах о лед.

Кроме того, проектом предусмотрены некоторые особенности оборудования корабля для гидрографических работ: устройство лабораторий, установка электронавигационных приборов и приспособленных для зимы жилых помещений для 27 человек экипажа и научных сотрудников.

Обводы корпуса и правильное распределение весов в корабле обеспечивают этим судам плавную качку, легкую всплываемость на волне, поворотливость, и устойчивость на курсе.

Главнейшие размеры и данные судна таковы: длина по палубе 33.06 м; ширина — 7.05 м; осадка кормой в полном грузу 3.6 м; площадь парусов 171 кв. м проектная скорость 8 узлов; полное водоизмещение 411 т, чистая грузоподъемность 150 т.

В целях непотопляемости в носу и корме установлено по одной водонепроницаемой деревянной переборке. Обшивка переборок диаметральная. Жесткость их обеспечивается продольными и поперечными ребрами из массивных брусьев. Для противодавления сжимающему льду, в дополнение к солидной наружной обшивке, внутри судна сделана вторая обшивка по шпангоутам, и поставлены участками в скуловых частях поперек судна мощные распорные брусья сечением 220 × 230 мм, которые называются айсбимсами. Наружная обшивка у киля и скулы толщиной 100 мм имеет второй наружный слой из дубовых досок толщиной 50 мм, которые в носовой части располагаются пазами под углом в 45° к пазам первого соснового слоя, прилегающего к шпангоутам.

Прилегающие участки наружной обшивки у форштевня кроме того обиты железными полосами, толщиной 12 мм, образуя своего рода ледокольный таран.

Все крепящие части, как болты, гайки, шайбы, струны, полосы ридерсов и пр., оцинкованы для противодействия разъедающему воздействию соленой морской воды.

Главный механизм — двигатель Болиндер — 200 л/с, 275 об./м двухцилиндровый, реверсивный, без вспрыска воды в цилиндры. Пуск двигателя производится от баллонов сжатого воздуха, которые дают воздух также и к свистку. Для зарядки баллонов имеется компрессор.

Вспомогательные механизмы: электробрашпиль, одновременно служащий и электролебедкой, трюмный насос, пожарно-аварийный насос и компрессор, работающий от нефтемоторов и динамо по 15 л/с, ручной запасной компрессор.

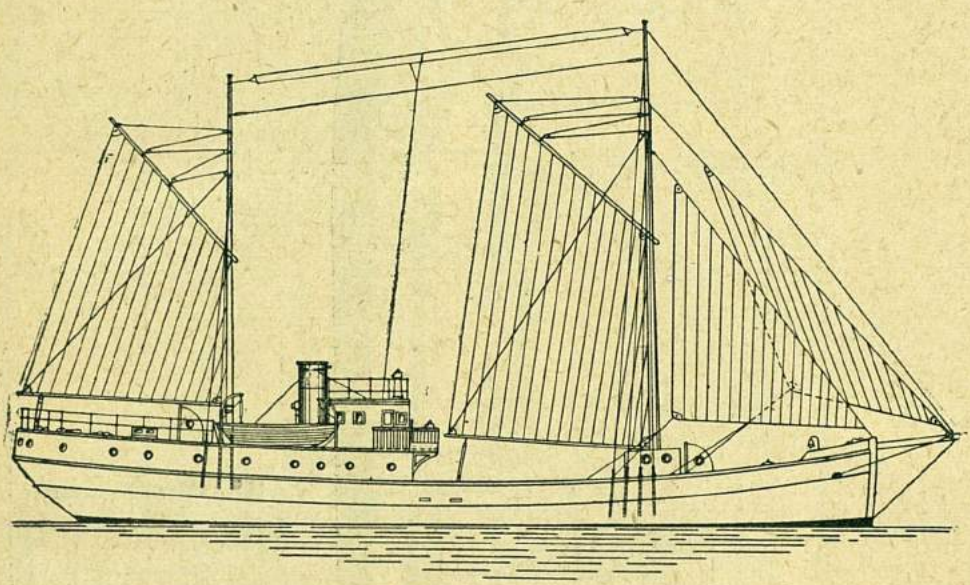


Рис. 1. Общий вид гидрографического парусно-моторного бота первой серии.

Гребной винт — трехлопастный, стальной.

Запасы нефти для главного двигателя и пресной воды находятся в цистернах, расположенных в трюме, в носовом и кормовом отсеках под пайолами. Расходные цистерны нефти и машинного масла расположены в машинном отделении.

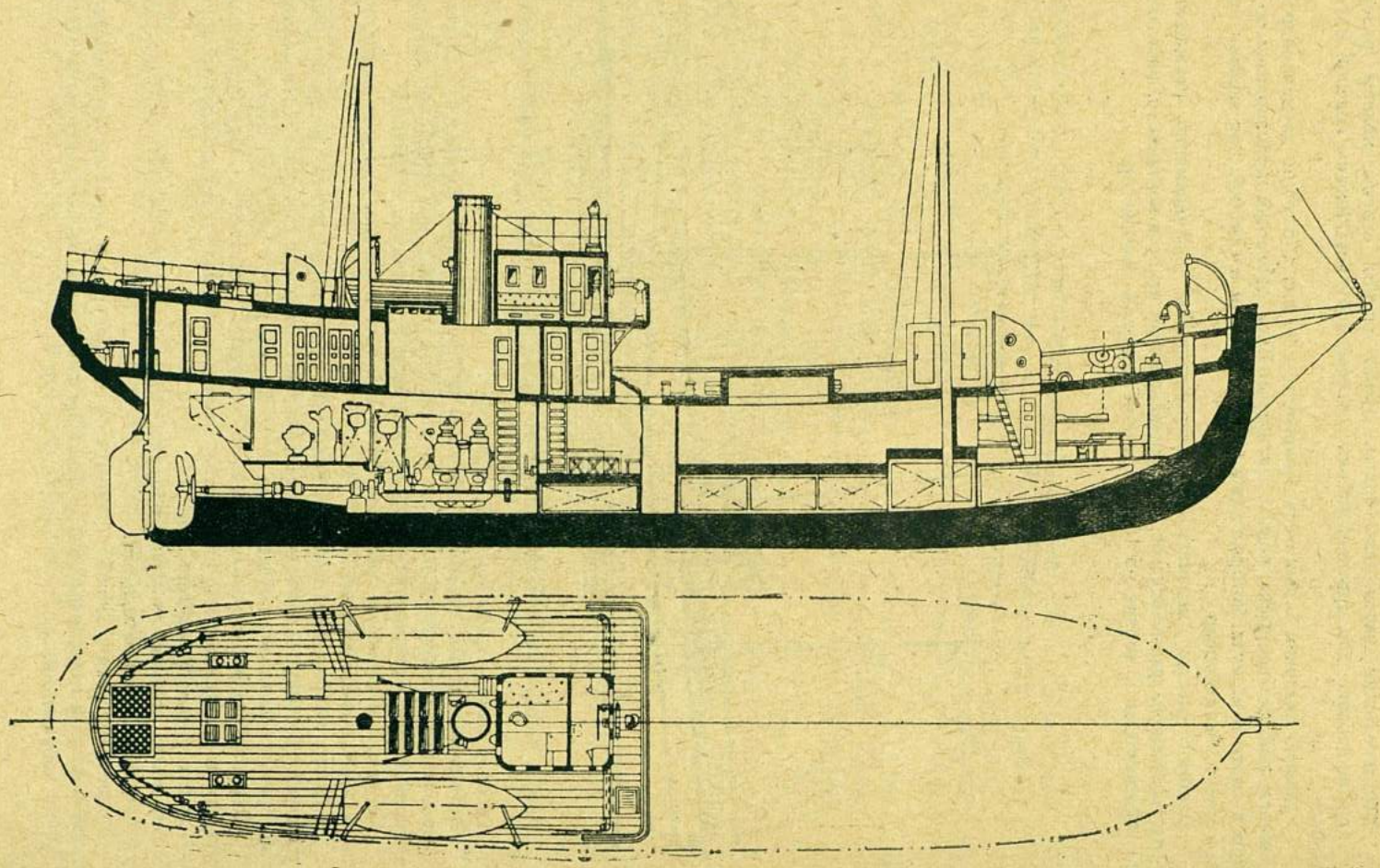
Парусное вооружение гафельное. Мачт две: грот и бизань. Гик грот-мачты может служить и грузовой стрелой.

В случае повреждения главного двигателя судно переключается на время ремонта на паруса; при попутном ветре паруса заменяют мотор или ими пользуются совместно с мотором, увеличивая скорость хода и тем самым радиус действия судна.

Штурманская рубка вынесена на палубу полуюта и состоит из двух помещений — рулевого и навигационного. Здесь установлены: стол для карт, шкафик для хронометра на мостике и авиапрожектор.

На судах имеются хорошо оборудованные радиостанции. Определение глубин будет производиться эхо-лотом.

Гидрографический кабинет оборудуется аппаратурой и всеми необходимыми инструментами для гидрографических, метеорологических и океанографических исследований и наблюдений.



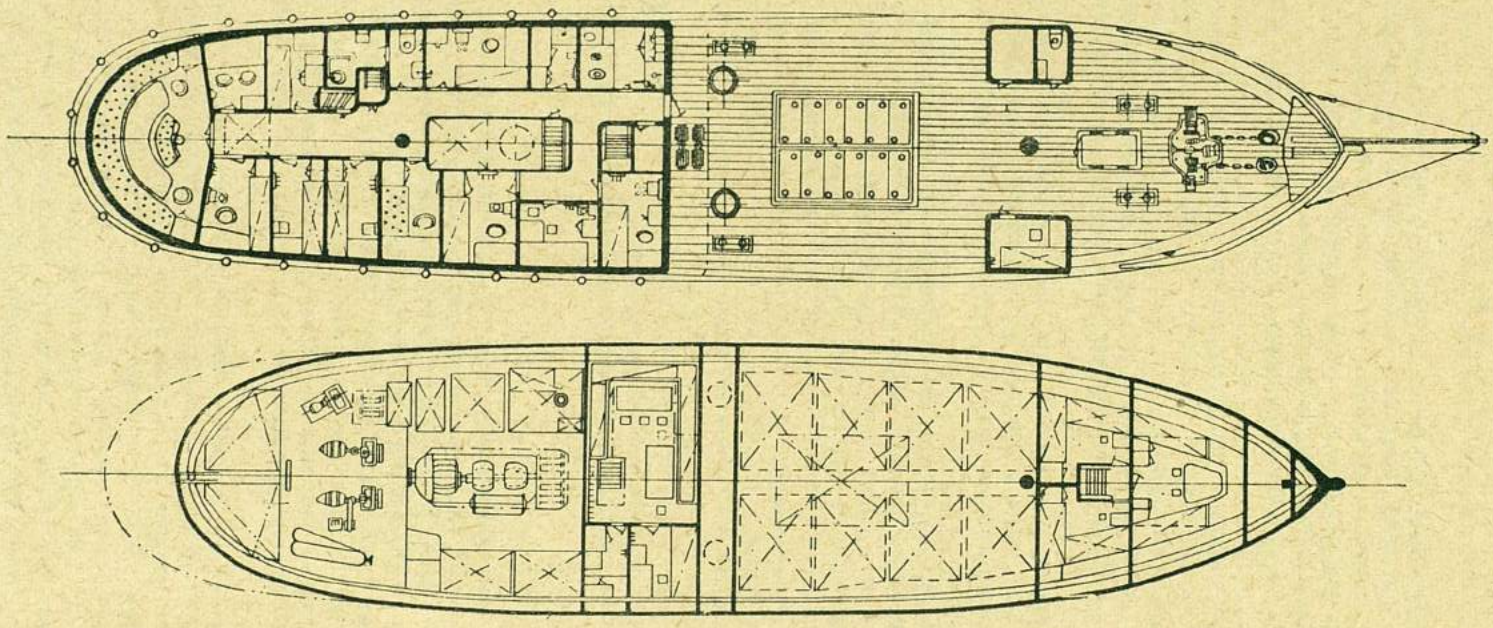


Рис. 2. Продольный разрез и палубы гидрографического парусно-моторного бота первой серии.

При проектировании и постройке судов было обращено особое внимание на целесообразность взаимного положения и связи жилых и служебных помещений. Гидрографический кабинет, радиорубка и каюты начальника экспедиции, капитана и главного механика расположены в непосредственной близости, образуя общий административно-технический центр управления судном.

Район плавания охватывает обширную область Арктики от Шпицбергена до Аляски.

Время плавания — круглый год. Радиус действия более 4000 морских миль.

На борту судна размещается 6 научных сотрудников и 21 человек команды. Имеются помещения для пассажиров.

Весь личный состав размещается в комфортабельно оборудованных каютах с электрическим освещением, мягкими диванами, и койками имеющими пружинные матрацы.

Каюты для команды расположены в носовой части в кубрике, каюты для комсостава, научных сотрудников и пассажиров размещены в надстройке удлиненного полуюта. Внизу, под верхней палубой, имеется столовая для команды и красный уголок с библиотекой.

В кормовой части устроена светлая кают-компания с мягкой мебелью.

Комфортабельное оборудование жилых помещений безусловно необходимо в суровых условиях Арктики. Опыт полярных плаваний показывает важное значение бытовых условий, влияющих на эффективность работ.

Полярным морозам с успехом будут противостоять толстые борта палубы и переборки, надежно изолированные войлоком с воздушными прослойками.

О массивности бортов и верхней палубы говорит их толщина, которая для борта в средней части доходит (вместе с воздушными прослойками и войлоком) до 500 мм, а палубы с бимсами и подволокой — до 300 мм.

Отопление на ходу предусмотрено паровое, от котла с поверхностью нагрева 5.5 кв. м, а во время зимовки — камельками на угле.

Запасами топлива и провизии экспедиции обеспечиваются на круглый год.

А. З. Полюшкин

Спуск судов типа „Смольный“. Значительный интерес по своему осуществлению представлял спуск судов. Постройка производилась, по условиям рабочей площади, лагом к береговой линии, осенью 1935 г. берег был углублен землечерпанием до 4.5 м, От корпуса судов до углубленного спуска расстояние было 14.5 и 12.5 м. От судов к воде были положены на клетках строганые брусья сечением 200 × 200 мм попарно по 14 пар, взятых на болты, и один под рулем, образовавшие 15 склизов, концы которых лежали у воды на накатнике из плавающих бревен; концы склизов спиливались, слегка выступая на накатник по линии, где глубина была 4.2 м, резко увеличивающаяся до 4.5 м.

Поверх склизов были положены лотки из основных пластин толщиной 100 мм с закраинами, охватывающими склизы на 100 мм. Пластины лотков сбалчивались вместе с закраинами, спереди лотки скашивались во избежание сдирания смазки склизов; между склизами и лотками оставался зазор около 100 мм с каждой стороны. Наклон склизов под судами составлял для первого 5° и для второго 7°50′, поэтому обычно применяющаяся на верфи смазка солидолом не годилась, так как коэффициент статического трения для солидола, полученный опытным путем, соответствовал углу 8°50′. Ввиду этого склизы под лотками, подведенными под судно, покрывались слоем мыла и поверх его — солидолом. Лотки смазывались только солидолом.

Расположение склизов было выбрано так, чтобы расстояние между ними соответствовало нагрузке корпуса и его обводам, т. е. чаще всего они были поставлены в средней и кормовой части.

Для подведения под киль лотков были сняты соответствующие подкильные клетки. Лотки устанавливались таким образом, чтобы от киля к воде выступала их часть около 1.5 м, а вся остальная часть длиной до 5 м находилась с обратной стороны судна, под правым бортом; на лотках произведена выстилка из досок, на которые под правый борт были выложены против каждого лотка клетки из реек, образовавшие мягкую постель (горелые клетки).

Повал судов на правый борт производился лебедкой в 3 т. Трос был заведен на судах через топтимберсы, выходящие на фальшборт. Все килевые клетки перед спуском были выбиты и вырублены, и киль перешел на лотки. Тогда небольшим натяжением троса от лебедки судно было стронуто с вертикального положения, причем предварительно выбраны клетки правого борта. Незначительный крен на правый борт ослабил клетки левого борта, которые были тотчас же выбраны, равно как и два домкрата по 15 т по левому борту. Остались лишь две стрелы, на носу и корме.

Вслед затем начала работать лебедка, и судно повалилось правым бортом на постель из реек, сломав часть их. Теперь судно удерживали две стрелы и канаты, которыми были связаны каждый из лотков. Далее были выбиты стрелы и немедленно за этим отрублены тросы от лебедки и канаты, удерживавшие лотки.

Судно двинулось по склизам, увеличивая скорость, вступило на плавающий накатик и, притопляя его, сошло на глубокую воду.

Весь путь был пройден первым судном в течение около 5 секунд и вторым — в течение 4 секунд.

А. З. Полюшкин

Ц. 198 г. 7
Акт № 21
Вклеен. л.

Техн. редактор *А. А. Соловейчик*

Сдано в набор 5 января 1937 г. Подписано к печати 9 мая 1937 г.
Формат бумаги 70 × 108. Печ. л. $7^1/_4$. Бум. л. $3^3/_4$. Авт. л. $8^3/_4$. 95000 тип. зн в б. л.
Леноблгорлит № 2373. Тираж 1000 экз. Изд. № 30. Заказ № 41.

Типография „Коминтерн". Ленинград, Красная ул., 1.

2761/4

35-19
104-6

Цена 5 руб.

401299

1958

35-19
104-6

35-19
104-6

Северный морской путь.

1937