

ИВ

ПТО

Учебник
для подготовки
квалифицированных
машинистов-рулевых,
мотористов-рулевых,
матросов,
штурманов-
помощников
механиков
в системе
профессионально-
технического
образования

Д.К. Земляновский

Лоция

внутренних

судоходных

путей





Д.К.Земляновский

ЛОЦИЯ ВНУТРЕННИХ СУДОХОДНЫХ ПУТЕЙ

**ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ**

Одобрено Ученым советом
Государственного комитета СССР
по профессионально-техническому
образованию в качестве учебника
для средних профессионально-
технических училищ



МОСКВА "ТРАНСПОРТ" 1988

Земляновский Д. К. Лоция внутренних судоходных путей: Учебник для учащихся СПТУ. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1988. — 222 с.

В книге приведены сведения о современном состоянии внутренних судоходных путей СССР, изложены основы гидрологии рек, озер, водохранилищ и каналов, даны понятия о транспортном шлюзовании и путевых работах, рассмотрены навигационные средства оборудования судоходных путей и способы ориентировки при плавании, описаны навигационные пособия и методы пользования ими.

Первое издание вышло в 1979 г. Во втором издании внесены дополнения, связанные с различными изменениями на внутренних водных путях под влиянием научно-технического прогресса, приведена в соответствие с последними изданиями государственных стандартов терминология, учтены замечания преподавателей ПТУ и др.

Учебник написан в соответствии с программой одноименного предмета и предназначен для учащихся средних ПТУ. Может быть использован при профессиональном обучении рабочих на производстве.

Ил. 125, табл. 4, библиогр. 2 назв.

Рецензент В. Б. Соловьев

Заведующий редакцией В. Д. Жирнов

Редактор Г. Н. Лаговский

ПРЕДИСЛОВИЕ

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года, утвержденных XXVII съездом Коммунистической партии Советского Союза, определены основные задачи транспорта — своевременное, качественное и полное удовлетворение потребностей народного хозяйства и населения в перевозках, повышение экономической эффективности его работы.

На речном транспорте, в частности, предстоит обеспечить более высокие темпы роста перевозок грузов на реках Сибири, Дальнего Востока и на малых реках, развивать перевозки в большегрузных толкаемых составах, на судах смешанного плавания типа «река — море», продлить период гарантированной навигации на магистральных реках.

Чтобы выполнить эти задачи на речном транспорте, надо улучшить использование флота и обеспечить безаварийное плавание судов. Это возможно лишь при условии, что кадры, эксплуатирующие суда, будут иметь высокую квалификацию.

Для движения судов по наиболее короткому и безопасному водному пути требуется хорошее знание условий плавания на участках предстоящего перехода судна. Вопросы, относящиеся к выбору пути судна и изучению условий плавания, содержит курс лоции. Лоция, являясь разделом науки о судовождении, делится на морскую лоцию и лоцию внутренних водных путей. Последнюю принято подразделять на общую и специальную.

Данный учебник включает в себя вопросы общей лоции, которая дает сведения о внутренних водных путях и является общим руководством для плавания по всем участкам водного пути. Она содержит основные сведения о гидрологии рек, озер и водохранилищ, о средствах улучшения судоходного состояния водных путей, условиях движения судов, выборе курса судна, картографии и ориентировании.

Учебник включает в себя большой разноплановый материал, поэтому автор вынужден был излагать его в очень лаконичной форме. Для более глубокого изучения отдельных разделов книги рекомендуется пользоваться дополнительной литературой.

Начинающим судоводителям книга даст возможность получить необходимые знания по лоции и создать основу для усвоения других предметов, связанных с судовождением.

Автор

ВНУТРЕННИЕ ВОДНЫЕ ПУТИ

§ 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Водные ресурсы. Вода является огромной ценностью и национальным достоянием любой страны. Затраты на сохранение и воспроизводство качества воды составляют большую часть всех расходов человечества на охрану природы.

Водные ресурсы — это запасы поверхностных и подземных вод рассматриваемой территории.

Поверхность земного шара составляет 510 млн. км², поверхность океанов и морей — 361 млн. км² (71 %), суши — 149 млн. км² (29 %). Общие водные ресурсы Земли очень велики и составляют 1455 млн. км³. Такого количества воды вполне достаточно было бы для обеспечения нужд человечества сейчас и в далекой перспективе. Однако на Мировой океан, подземную и соленую озерную воды приходится 98 %. Отсюда на пресные воды остается всего 2 %, т. е. они имеют объем, немного превышающий 28,0 млн. км³, из которых 85 % это полярные и горные ледники, а 14 % — подземные воды.

Запасы пресных вод, сосредоточенные в озерах и реках, очень малы и составляют всего лишь 156 тыс. км³, или 0,5 %. Ощущается острый дефицит воды. В тяжелом положении находятся многие государства Европы, Азии, Африки.

В условиях научно-технического прогресса интенсификация промышленности и сельского хозяйства, рост городов, развитие экономики возможны лишь при условии сохранения и умножения запасов пресной воды.

Водные ресурсы СССР составляют 57,8 тыс. км³, или 11,5 % водных ресурсов всего земного шара. Однако водные ресурсы, приходящиеся на одного человека в СССР, меньше, чем в ряде зарубежных стран. Суммарные запасы поверхностных пресных вод в СССР около 45 тыс. км³.

В СССР из общего годового поверхностного стока 83 % воды составляет доля Севера и Сибири, где реки протекают по малолюдным (проживает 15 % населения страны) и малоосвоенным областям, и только 17 % стока приходится на районы с развитой промышленностью и сельским хозяйством. Поэтому

уже сейчас в СССР решается задача рационального использования водных ресурсов, особенно в европейской части и среднеазиатских республиках страны. В Конституции (основном законе) СССР (ст. 18) говорится о необходимости охраны и научно обоснованного, рационального использования водных ресурсов и сохранения в чистоте воды и воздуха.

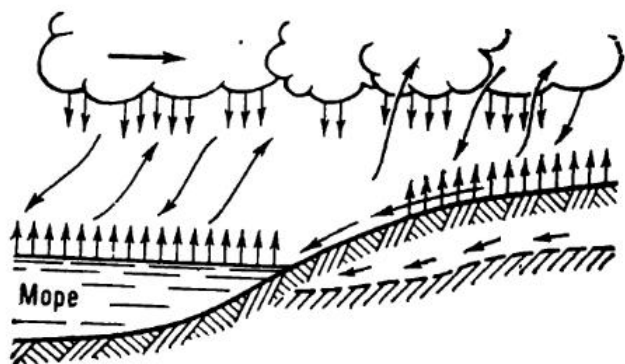


Рис. 1. Схема круговорота воды в природе

Круговорот воды в природе. Расчет показывает, что крайне небольшие запасы пресной воды в основном источнике — руслах рек могут быть использованы водопотребителями за 3—4 мес. Но этого не происходит из-за непрерывного пополнения рек водой за счет круговорота воды в природе. Круговорот воды в природе — это никогда не прекращающийся естественный природный процесс, при котором вода испаряется с поверхности почвы, водоемов и растений под действием лучистой энергии солнца; в виде пара она поднимается в атмосферу, переносится воздушными течениями и в виде атмосферных осадков вновь выпадает на поверхность Земли и водоемов.

Различают два вида круговорота воды: *большой*, когда вода, испарившаяся с поверхности океана, выпадает на сушу и стекает по рекам опять в океан; *малый*, когда вода, испарившаяся с поверхности океана, снова возвращается в виде осадков непосредственно в океан или, испарившись с суши, выпадает в виде осадков снова на сушу. Схема круговорота воды показана на рис. 1.

Уровень океана сохраняет относительно стабильное положение. Это означает, что в общем круговороте воды в природе существует известный водный баланс (равновесие) между испарением, осадками, просачиванием и стоком воды по рекам. Подсчитано, что с поверхности суши и морей за год испаряется 550 тыс. км³ воды, из этого числа 86% приходится на Мировой океан. Следовательно, такое же количество воды должно выпасть в виде осадков.

Водный баланс может быть определен для территории в целом или отдельного ее участка. Так, на территории Советского Союза в среднем за год осадки составляют 11 000 км³, испарение — 6600 км³, сток рек — 4400 км³. Реки занимают важное место в круговороте воды в природе, вынося в моря около 4400 км³ воды. Наряду с реками пополнение морей осуществляют подземные воды.

Сведения о водных путях. Для водных путей установлена следующая терминология.

Водные пути — это участки водоемов и водотоков, используемые для судоходства и лесосплава. При этом *водоем* — водный объект в углублении суши, характеризующийся замедленным движением воды или полным его отсутствием; *водоток* — водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности.

Внутренние водные пути — реки, озера, водохранилища и каналы, пригодные для судоходства и лесосплава.

Внутренние судоходные пути — внутренние водные пути, используемые для движения судов. Такие пути могут также использоваться для лесосплава.

Внутренние судоходные пути подразделяются на следующие виды:

естественные (свободные) — реки и озера, используемые для судоходства в естественном состоянии (реки Амур, Лена, Енисей, Обь, Иртыш, Печора, Урал, Северная Двина, Нева, Вятка, Белая и др.);

искусственные (зарегулированные) — каналы, водохранилища и реки, режим стока и уровни которых значительно изменены возведенными на них гидротехническими сооружениями (реки Волга, Днепр, Кама, Дон и др.).

К внутренним водным путям СССР относятся реки, озера, судоходные каналы, водохранилища, Аральское море и некоторые морские заливы.

Общее количество рек в СССР достигает 2963,4 тыс. Однако на малые реки длиной менее 26 км приходится 98,8 % их общего количества. По территории нашей страны протекают многие из величайших рек земного шара (длина): Амур (4444 км), Лена (4400 км), Обь (3650 км), Енисей (4092 км), Волга (3531 км), Амударья (2540 км), Днепр (2200 км) и др.

Мировая сеть внутренних водных путей достигает 530 тыс. км, из которых около 30 % приходится на СССР. Из общей протяженности рек СССР более 500 тыс. км могут быть использованы для судоходства. В то же время протяженность эксплуатируемых судоходных путей в СССР в настоящее время только 142 тыс. км. Несмотря на это, длина судоходных путей СССР превосходит длину таких же путей США в 3 раза, а Франции, ФРГ, Бельгии и Голландии вместе взятых — в 5 раз.

Протяженность внутренних судоходных путей, эксплуатируемых в системе Минречфлота РСФСР, 100 тыс. км, из них более 16 тыс. км приходится на искусственно созданные пути, на которых имеются 100 шлюзов, 70 плотин, крупные насосные станции.

В СССР насчитывается около 40 тыс. озер, каждое из которых имеет площадь зеркала более 1 км². Они занимают территорию около 300 тыс. км² при общем объеме воды свыше 25 тыс. км³. Кроме того, существует еще примерно 2,8 млн. мелких естественных водоемов площадью менее 1 км².

Подсчитано, что во всех этих озерах содержится 104 тыс. км³ воды. Причем 99 % всей воды сосредоточено в 17 наиболее крупных озерах и озерах-морях (таких, как Каспийское, Байкал, Ладожское, Балхаш, Аральское и т. п.).

При строительстве гидроэлектростанций в СССР были созданы *водохранилища*. Общая площадь всех водохранилищ в стране превышает 50 тыс. км². Кроме того, как водохранилища используются озера Онежское, Байкал, Имандра, Выг, Ильмень и некоторые другие.

Крупные каналы имеют большое народнохозяйственное значение, могут использоваться для орошения, обводнения, водоснабжения, энергетики, судоходства и др.

Современное состояние и перспективы развития. За годы Советской власти организовано судоходство на озерах Балхаш и Иссык-Куль, на реках Селенге, Амударье, Верхнем Иртыше, Или, Урале, Колыме, Индигирке и др. Увеличены глубины на Волге, Каме, Оке, Днепре, Северной Двине, Оби, Дону и других реках.

Строительство Волховской ГЭС (1926 г.) дало возможность превратить р. Волхов в удобный водный путь. После создания Днепрогэса имени В. И. Ленина (1932 г.) Днепр на всем протяжении стал судоходным. Беломорско-Балтийский канал (1933 г.) длиной 227 км соединил Онежское озеро с Белым морем, значительно сократил путь между Ленинградом и Архангельском. Канал имени Москвы (1937 г.) протяженностью 128 км соединил Москву-реку с р. Волгой и сократил путь до Горького на 110 км, а до Ленинграда — на 1100 км. С 1952 г. действует Волго-Донской канал имени В. И. Ленина протяженностью 101 км. В 1964 г. введен в эксплуатацию Волго-Балтийский водный путь имени В. И. Ленина протяжением 361 км. Таким образом, в настоящее время большинство речных бассейнов европейской части СССР соединены между собой судоходными каналами.

Большое значение имеет единая глубоководная система европейской части СССР (ЕГС). Протяжение водных путей ЕГС свыше 6,3 тыс. км, из них на протяжении 5,5 тыс. км обеспечивается глубина 4 м. В состав ЕГС (рис. 2) входят водные пути, соединяющие г. Москву с Балтийским, Белым, Каспийским и Азовским морями. Через Черное море ЕГС соединена с Днепром

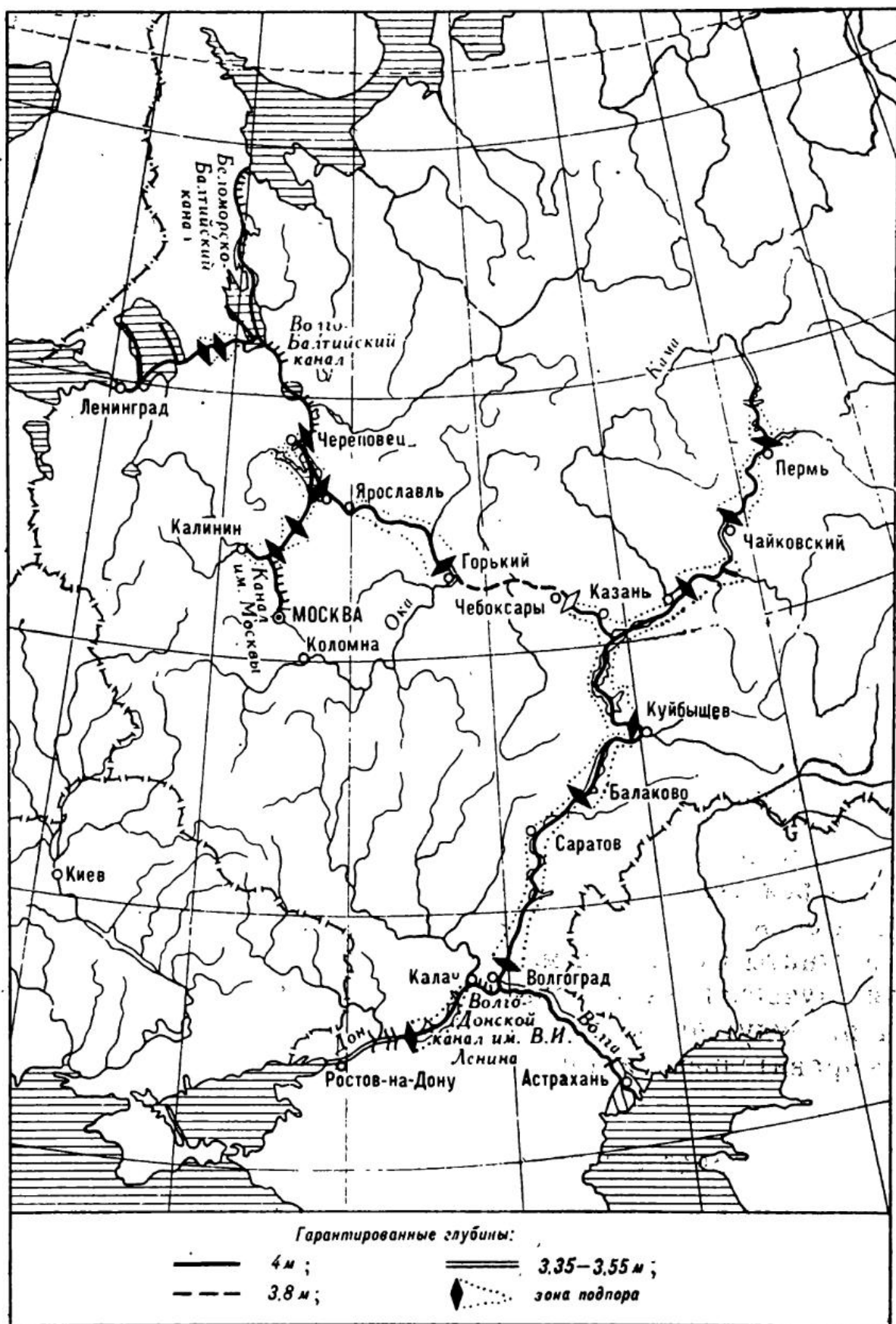


Рис. 2. Схема водных путей единой глубоководной транспортной системы европейской части СССР

В единую систему водные пути ЕГС объединяются с помощью Волго-Балтийского водного пути имени В. И. Ленина, каналов имени Москвы, Беломорско-Балтийского и Волго-Донского имени В. И. Ленина. Имеется также три соединительных канала, значительно меньших размеров: Северо-Двинская система, связывающая с единой глубоководной системой р. Сухону и, следовательно, водные пути Северо-Двинского бассейна; Пине-го-Кулойский канал, соединяющий р. Пинегу (приток Большой Северной Двины) с р. Кулой, впадающей в Мезенский залив; Днепро-Бугский канал, соединяющий р. Припять (приток Верхнего Днепра) с р. Буг (приток р. Вислы).

Введение в действие Николаевского (1978 г.) и строительство Константиновского гидроузлов на р. Дону, введение в действие Чебоксарской (1980 г.) и Нижне-Камской ГЭС (1979 г.) практически решили проблему завершения создания Единой глубоководной системы европейской части СССР с обеспечением транзитной глубины 4 м на трассах Москва — Ленинград — Астрахань — Пермь (при наполнении водохранилищ до нижнего подпорного уровня — НПУ). Реконструкция Днепро-Бугского, а также Беломорско-Балтийского каналов улучшит условия судоходства по этим водным путям.

Со временем в Сибири будет завершено создание каскада гидроэлектростанций на Ангаре и создан более глубоководный Ангаро-Енисейский водный путь. После сооружения Средне-Енисейской и Осиновской ГЭС уровень воды в Енисее поднимется и суда прибрежного морского плавания получат возможность заходить в речные порты. Возможно соединение судоходными каналами рек Оби и Енисея, Ангары и Лены. Создание гидроузла на Верхней Лене позволит перевозить грузы с Лены в различные пункты Северного морского пути.

Для улучшения судоходных условий на основных речных магистралях будут проводиться в большом объеме дноуглубительные, выправительные и другие путевые работы.

§ 2. ПОНЯТИЕ О ЛОЦИИ

Судоводитель обязан знать виды, особенности и природу навигационных опасностей, чтобы правильно учитывать их при плавании.

Навигационная опасность — это препятствие, опасное для плавания судна.

Навигационные опасности делятся на *постоянные* и *временные*. К первым относятся: габаритные размеры судового хода,

недостаточные для свободного прохода судов; значительная извилистость русла; сложная конфигурация дна и берегов; перека-ты; наносные каменистые образования; отдельные элементы гидротехнических сооружений и др. К временным навигационным опасностям относятся: значительные колебания уровней воды; сильные ветры, волнение, течения; туманы; льды; неправильные течения и т. д. Судоводитель обязан знать виды, особенности и природу навигационных опасностей, чтобы правильно учитывать их при плавании.

В начальный период развития судоходства передвижение судов происходило по рекам и вблизи побережий при ориентировке по приметам и использовании личного опыта судоводителей. Этот метод получил название *лоцманского*. Им пользуются и теперь при плавании в узкостях и на внутренних водных путях.

Со временем появилась необходимость длительных переходов на судах, что обусловило появление новых требований к судовождению, новых средств его обеспечения. Вначале средствами, обеспечивающими судовождение, были карты и лоции, затем стали применяться приборы и инструменты — лоты, компасы, лаги, секстанты, хронометры. Позднее возникли теоретически обоснованные способы проводки судов с использованием приборов для определения местоположения судна по береговым объектам. В конечном итоге для решения практических задач судовождения был выработан расчетно-инструментальный метод, называемый *штурманским*.

В настоящее время штурманский метод судовождения базируется на законах физики, механики и математики. Он предусматривает применение последних достижений таких наук, как метеорология, астрономия, гидромеханика, геодезия, радиотехника и т. д.

Судовождение (кораблевождение) — это единый процесс, обеспечивающий безопасное плавание и управление судном для достижения намеченных целей.

Лоция — это раздел предмета судовождения, где изучаются навигационные опасности, средства навигационного оборудования водного пути, пособия, содержащие сведения, необходимые для выбора безопасных и наиболее выгодных курсов, методика использования этих пособий и др. Лоция является наиболее важным разделом в предмете судовождения, так как для безаварийного плавания судов требуется хорошее знание района предстоящего перехода. Лоция делится на лоцию морей и лоцию внутренних водных путей. В свою очередь, лоция внутренних водных путей подразделяется на общую и специальную.

Общая лоция дает необходимые сведения о внутренних вод-

ных путях и является общим руководством для плавания по любому участку водного пути. Она содержит основные сведения по гидрологии внутренних водных путей, ориентировке, выбору курса судна, картографии, а также об условиях движения судов по рекам, озерам, водохранилищам и вблизи морских побережий. Зная общую лоцию, судоводитель может ориентироваться на незнакомом участке пути и за более короткий срок изучить специальную лоцию.

Специальная лоция служит руководством для плавания по определенному участку водного пути. В ней содержатся подробные сведения о русле, берегах с прилегающей территорией, препятствиях, различных приметах и ориентирах, навигационной обстановке, направлениях и границах судового хода. Содержание специальной лоции судоводитель обязан хорошо знать на память.

Лоцией также называют книгу, где дается описание моря, озера или реки с целью охарактеризовать условия плавания в пределах рассматриваемого района с учетом особенностей берегов и дна водоема, метеорологических и гидрологических условий, определяющих безопасность и удобства плавания.

Развитие судоходства привело к обобщению опыта плавания по рекам. Сначала сведения о различного рода приметах, служащих для ориентировки при плавании, передавались устно от одного поколения лоцманов к другому. Иногда эти сведения были их профессиональными секретами.

В процессе развития судоходства возникла необходимость подготовки кадров в специальных учебных заведениях, что вызвало необходимость создания курса общей лоции рек, а затем и печатных пособий по специальной лоции в виде лоцманских карт, описаний судового хода, рекомендаций по проводке судов и др. Впервые в нашей стране общая лоция рек была издана в 1924 г. Д. И. Богдановым, затем И. Ф. Попковым и в 1959 г. автором данного учебника.

§ 3. ТРАНСПОРТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Классификация путей. В зависимости от условий ветроволнового режима водные пути по Правилам Речного регистра РСФСР разделены на следующие четыре разряда: «М» (морской) — при высоте и длине волны $3,0 \times 40$ м; «О» (озерный) — соответственно при $2,0 \times 20$ м; «Р» (речной) — при $1,2 \times 12$ м; «Л» (легкий) — при высоте и длине волны менее $1,2 \times 12$ м.

Деление водных бассейнов на разряды произведено с соблюдением следующих условий: в бассейнах разряда «Л» высота волны не превышает 0,6 м; в бассейнах разрядов «Р» и «О» волны 1-процентной обеспеченности высотой соответственно 1,2 и 2,0 м, в бассейнах разряда «М» волны 3-процентной обеспеченности высотой 3 м имеют суммарную повторяемость (обеспеченность) не свыше 4 % навигационного времени.

К бассейнам разряда «М», например, относятся озера Байкал, Ладожское, Онежское; к бассейнам разряда «О» — озеро Выгозеро, водохранилища Волгоградское — от плотины Волгоградской ГЭС до Увекского моста, Воткинское — от плотины Воткинской ГЭС до пристани Частые, Камское — от плотины Камской ГЭС до г. Березники; реки Енисей — от г. Игарки до Усть-Порта, Лена — от с. Жиганск до бухты Тикси и т. д.

Из внутренних водных путей выделяются так называемые *малые реки*. Отнесение рек к категории малых условно и устанавливается перечнем, утвержденным Минречфлотом РСФСР.

Габариты судового хода. Для движения судов и плотов по реке, озеру или водохранилищу выделяются обычно наиболее глубокие места — *судовой ход*, или фарватер.

Судовой ход — водное пространство на внутреннем водном пути, предназначенное для движения судов и обозначенное на местности и (или) карте.

Основной судовой ход — судовой ход, являющийся главным по отношению к другим судовым ходам в данном районе.

Дополнительный судовой ход — судовой ход, отходящий от основного и предназначенный для подхода к берегу, рейдам, причалам, затонам и т. д. Основной судовой ход притока является дополнительным по отношению к основному ходу реки, в которую этот приток впадает; судовой ход, отходящий от основного, а затем соединяющийся с ним, также является дополнительным.

Кромка судового хода — условная линия, ограничивающая судовой ход по ширине.

В состав элементов, характеризующих размеры судового хода, входят следующие: глубина, ширина и радиус закругления, возвышение над фактическим уровнем воды нижней кромки ферм мостов и ширина судоходных пролетов мостов, а также высота от уровня воды до проводов воздушных линий связи и электропередачи. От размеров судового хода во многом зависит степень использования грузоподъемности флота и выполнение народнохозяйственного плана перевозок, а также безопасность плавания судов.

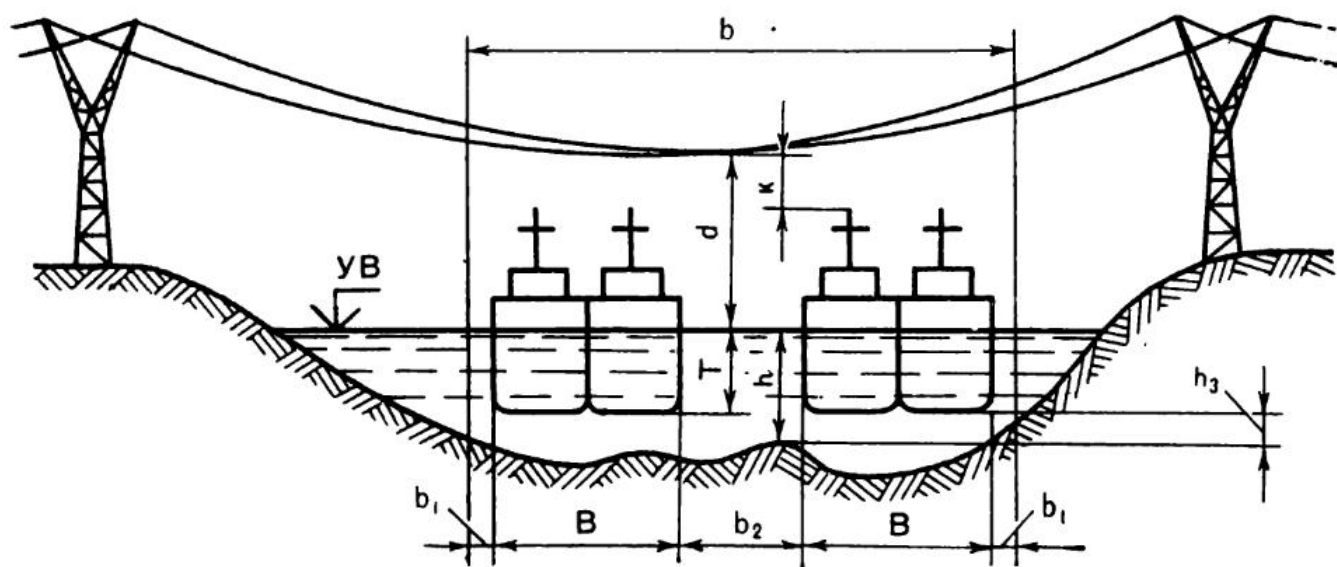


Рис. 3. Габаритные размеры судового хода

Глубина судового хода h (рис. 3) должна быть такой, чтобы при проходе всех судов, допущенных к плаванию по данному водному пути, выдерживались установленные запасы воды h_3 под их днищем при данной осадке T . Необходимый запас воды под днищем судна зависит от глубины судового хода (при данном уровне воды — yB) и характера грунта дна и приводится в Правилах плавания по внутренним водным путям РСФСР. Минимальные запасы равны 10—25 см.

Ширина судового хода b (см. рис. 3) определяется наибольшей шириной судовых составов или плотов B , видом движения (однопутное или двухпутное), запасом между кромкой судового хода и бортом судна b_1 и расстоянием между расходящимися судами b_2 . При формировании судовых составов и плотов необходимо учитывать фактическую ширину судового хода, в зависимости от которой устанавливают ширину составов.

В соответствии с Правилами плавания по внутренним водным путям РСФСР запасы по ширине и длине шлюза следующие: в шлюзе шириной до 10 м запас между бортом судна (по наибольшей ширине) и стенкой шлюза должен быть 0,2 м со стороны каждого борта, в шлюзе шириной до 18 м — соответственно 0,4 м, свыше 18 м — 0,5 м.

Длина одиночного судна (состава) при прохождении шлюза должна быть меньше полезной длины его камеры: в шлюзе длиной до 50 м — на 1 м, длиной от 51 до 100 м — на 2 м, от 101 до 150 м — на 4 м, от 151 до 210 м — на 6 м и в шлюзе длиной свыше 210 м — 10 м.

В каналах общий запас по ширине (расстояние между бортами судов или составов плюс расстояние между судами и отко-

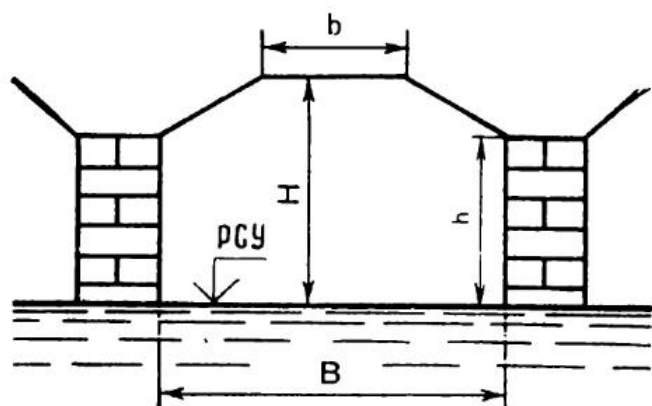


Рис. 4. Подмостовые габаритные размеры

сами канала) при двухпутном движении должен составлять 0,3 совокупной ширины расходящихся судов и составов, а при однопутном — 0,5 ширины судна или состава (на уровне днища).

Подмостовые габаритные размеры судоходных пролетов включают: высоту H (рис. 4) — возвышение нижнего пояса пролетного строения моста над расчетным судоходным уровнем PCY ; ширину B — расстоя-

ние между внутренними гранями опор или устоев при наименьшем судоходном уровне (обычно проектном); высоту h — возвышение устоя над PCY ; ширину b — расстояние по нижнему поясу пролетного строения моста между окончаниями укосин. Значение b определяет ширину судового хода под мостом.

Габаритным размером под проводами воздушных линий считается наименьшее расстояние d (см. рис. 3) от проводов воздушных линий связи или электропередачи до поверхности воды и до верхних частей судов κ .

Например, если напряжение в воздушной линии до 100 кВ, то $d=6$ м и $\kappa=2$ м; если 500 кВ, то $d=8$ м и $\kappa=4,5$ м.

Гарантированные габариты судового хода. Гарантированные габариты судового хода устанавливают для определенного низкого уровня воды, называемого *проектным*.

Проектный уровень воды устанавливают на основании многолетних наблюдений так, чтобы время меньшего уровня составляло не более 10 % продолжительности навигации на реках с неразвитым судоходством и до 3% — на реках с развитым.

На водных путях есть участки с наименьшими габаритными размерами: некоторые перекаты, пороги, изгибы русла. Такие участки, ограничивающие размеры и осадку судовых составов, называются *лимитирующими*. Например, у крупных рек на большей части пути глубина бывает 5—20 м, а на перекатах она может снижаться до 2 м и даже до меньшего значения.

Уровни воды в реке непостоянны. С повышением уровня глубина и ширина судового хода увеличиваются. Причем уровень может снизиться настолько, что судоходство будет испытывать большие затруднения. Минречфлот РСФСР для водных путей устанавливает так называемые гарантированные навигационные габариты судового хода.

Гарантированные габариты судового хода — это установленные наименьшие габаритные размеры судового хода при проектном уровне воды. Они должны обеспечиваться в течение всей навигации и приниматься за основу расчета при организации путевых работ. Для обеспечения гарантированных габаритов судового хода проводят путевые работы, например углубляют судовой ход землечерпательными снарядами.

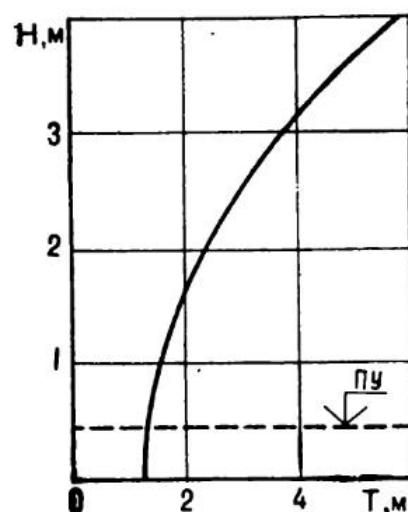


Рис. 5. Зависимость глубины судового хода от высоты стояния уровня воды

Если в течение большей части навигации уровень воды в реке будет выше проектного, то это дает возможность обеспечить для судоходства на тот или иной период навигации бо́льшую глубину, чем гарантированную, и тем самым улучшить использование флота. Поэтому, кроме гарантированной глубины, устанавливают так называемую *дифференцированную глубину судового хода*, значение которой дается в зависимости от высоты уровня воды. Этот габаритный размер увеличивается или уменьшается не прямо пропорционально изменению уровня воды, а в определенной зависимости, устанавливаемой путем расчета.

Дифференцированная глубина судового хода задается кривыми зависимости глубин судового хода T от высоты стояния уровней воды H (рис. 5), т. е. (как их сокращенно называют) *кривыми дифференцированной гарантии глубин*. Глубину для судового хода по такой кривой определяют исходя из уровня воды на данный день.

Организация управления внутренними судоходными путями. Внутренние водные пути РСФСР, транспортный и технический флот, судостроительные и судоремонтные заводы и некоторые другие предприятия находятся в ведении Минречфлота РСФСР. В него входят главные управления, управления и отделы, которые руководят определенным видом деятельности речного флота. Внутренними водными путями и гидротехническими сооружениями, их развитием, реконструкцией и содержанием в исправном состоянии ведает Главное управление водных путей и гидротехнических сооружений (Главводпуть). Главводпуть в различных речных бассейнах осуществляет свое руководство через бассейновые управления пути (БУП) или управления каналов, которые занимаются организацией дноуглубительных и выправительных работ, ограждением судовых ходов навигационными

знаками и содержанием их и гидротехнических сооружений в исправности.

В состав БУПов входят технические участки пути и районы гидросооружений (техучастки, районы гидросооружений — РГС). Техучастки непосредственно выполняют путевые работы и эксплуатируют гидросооружения на определенном протяжении водных путей. В распоряжении техучастков находятся технический флот и различные средства, необходимые для выполнения путевых работ. Количество техучастков зависит от протяженности бассейна и объема путевых работ. В состав техучастков или районов гидросооружений входят прорабские участки, возглавляемые производителями путевых работ (прорабами). Прораб руководит всеми видами путевых работ в границах прорабства. Прорабские участки подразделяются на участки путевых мастеров или обстановочных бригад.

Флот и путевое хозяйство рек, находящихся на территории Украинской ССР, Белорусской ССР, Казахской ССР и других союзных республик, находятся в ведении главных управлений речного транспорта при Советах Министров этих республик.

Контрольные вопросы

1. Почему наша страна считается великой водной державой?
2. Как распределяются в СССР водные ресурсы?
3. Что называют внутренними судоходными путями?
4. Какие соединения включает в себя единая глубоководная система европейской части СССР?
5. Почему общая и специальная лоции имеют большое значение для судоводителей?
6. Назовите габаритные размеры судового хода.
7. С какой целью устанавливаются гарантированные габариты судового хода?

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕК

§ 4. РЕЧНАЯ ДОЛИНА И РУСЛО

Образование и элементы рек. Вода, выпадающая на земную поверхность в виде осадков, а также грунтовая, выходящая из земли в виде родников, стекает по склонам земной поверхности небольшими ручьями, сливающимися сначала в речки, а затем в реки. Появление равнинных рек относится ко времени формирования земной поверхности. Процесс образования рек длился многие миллионы лет.

Река — это водоток значительных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего водосбора и имеющий четко выраженное русло.

Исток реки — начало реки, соответствующее месту, с которого появляется постоянное течение воды в реке. Истоком может служить родник, болото, озеро или ледник. Истоком реки Волги считается родник на Валдайской возвышенности у деревни Волгино. Часто за начало принимается место слияния двух других рек. Например, у Оби — место слияния рек Бии и Катунь.

Устьем называется место впадения реки в другую реку, озеро, водохранилище или море. Иногда реки, не имея ясно выраженного устья, теряются в песках (р. Мургаб в Туркмении).

Водосбор — часть земной поверхности и толща почв и горных пород, откуда вода поступает к водному объекту. Водосборы бывают поверхностные и подземные. Иногда водосбор называют водосборным бассейном или просто бассейном.

Водораздел — это граница между смежными водосборами. Они бывают поверхностные и подземные. Линия поверхностного водораздела проходит по наивысшим точкам земной поверхности, а линия подземного водораздела — по точкам наибольшего возвышения уровня подземных вод (рис. 6, а, где 1 — водосборный бассейн реки А; 2 — поверхностный водораздел; 3 — водосборный бассейн реки Б; 4 — подземный водораздел; 5 — водонепроницаемый слой грунта). Например, водораздел между Енисеем и Леной к северу от озера Байкал представляет собой невысокие холмы. В этом районе Лена и Ниж-

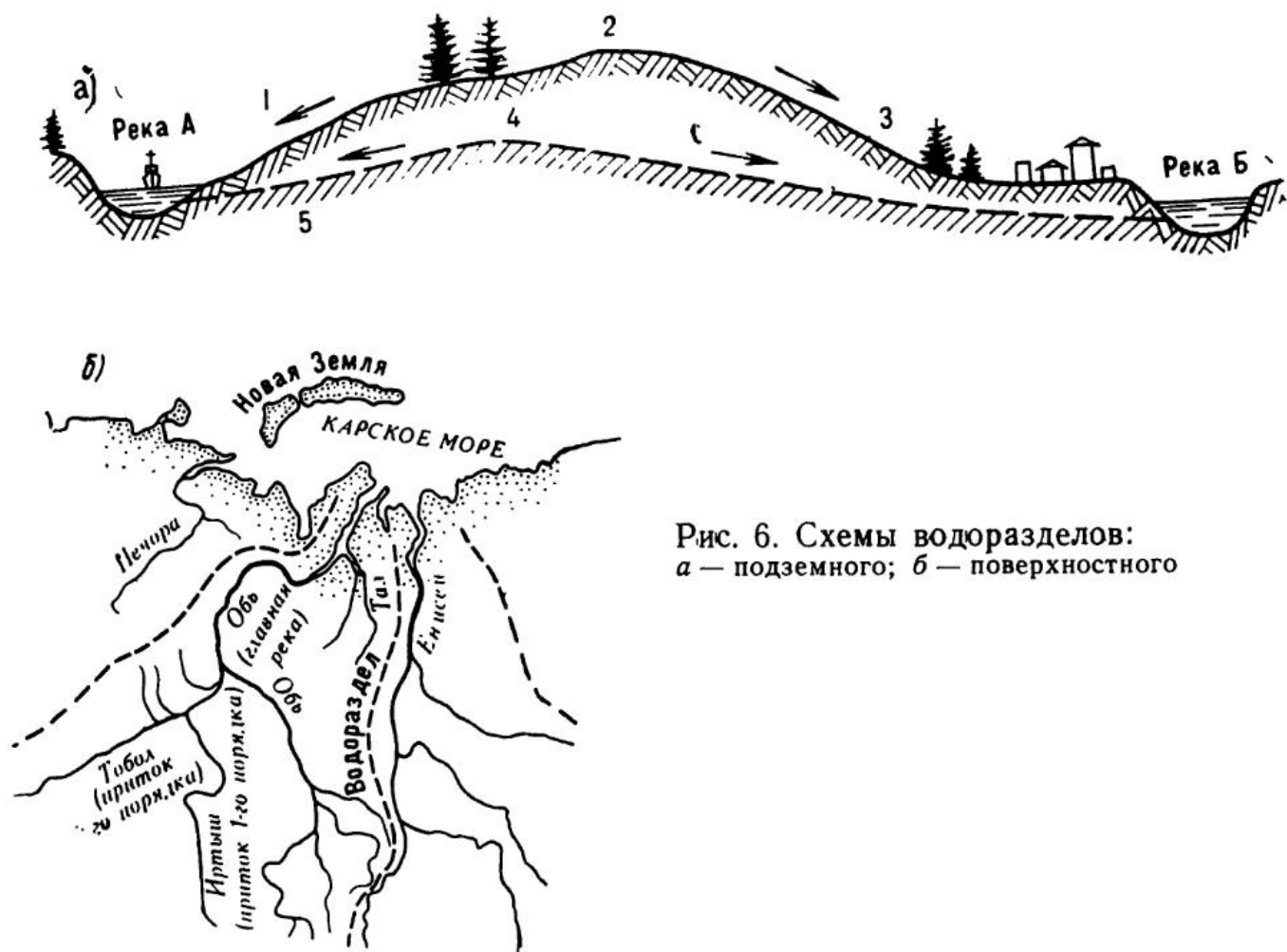


Рис. 6. Схемы водоразделов:
а — подземного; б — поверхностного

няя Тунгуска (приток Енисея) приближаются иногда друг к другу на расстояние 17—21 км (рис. 6, б).

Речная система — это совокупность рек, сливающихся вместе и выносящих свои воды в виде общего потока. Речная система состоит из главной реки и притоков 1-го порядка, из притоков 2-го порядка, впадающих в приток 1-го порядка, и т. д. (см. рис. 6, б).

Речной бассейн — водосбор реки или речной системы. Водосборные бассейны крупных рек занимают большие площади земной поверхности. Притоки имеют также водосборные бассейны, которые входят в общий бассейн реки (см. рис. 6, б). Бассейн р. Лены составляет 2490 тыс. км², Енисея — 2580, Волги — 1360, Днепра — 504, Камы — 507, Дона — 422 тыс. км² и т. д.

Долина и русло реки. Образование речных долин связано с геологическими процессами, деформациями земной коры, действием ледников и размывающей способностью рек.

Долина реки — это пониженная часть земной поверхности, по которой протекает река. У долины широкие места чередуются с узкими. Ширина долины может достигать десятков и более километров, а глубина — сотен и более метров. Под воздействи-

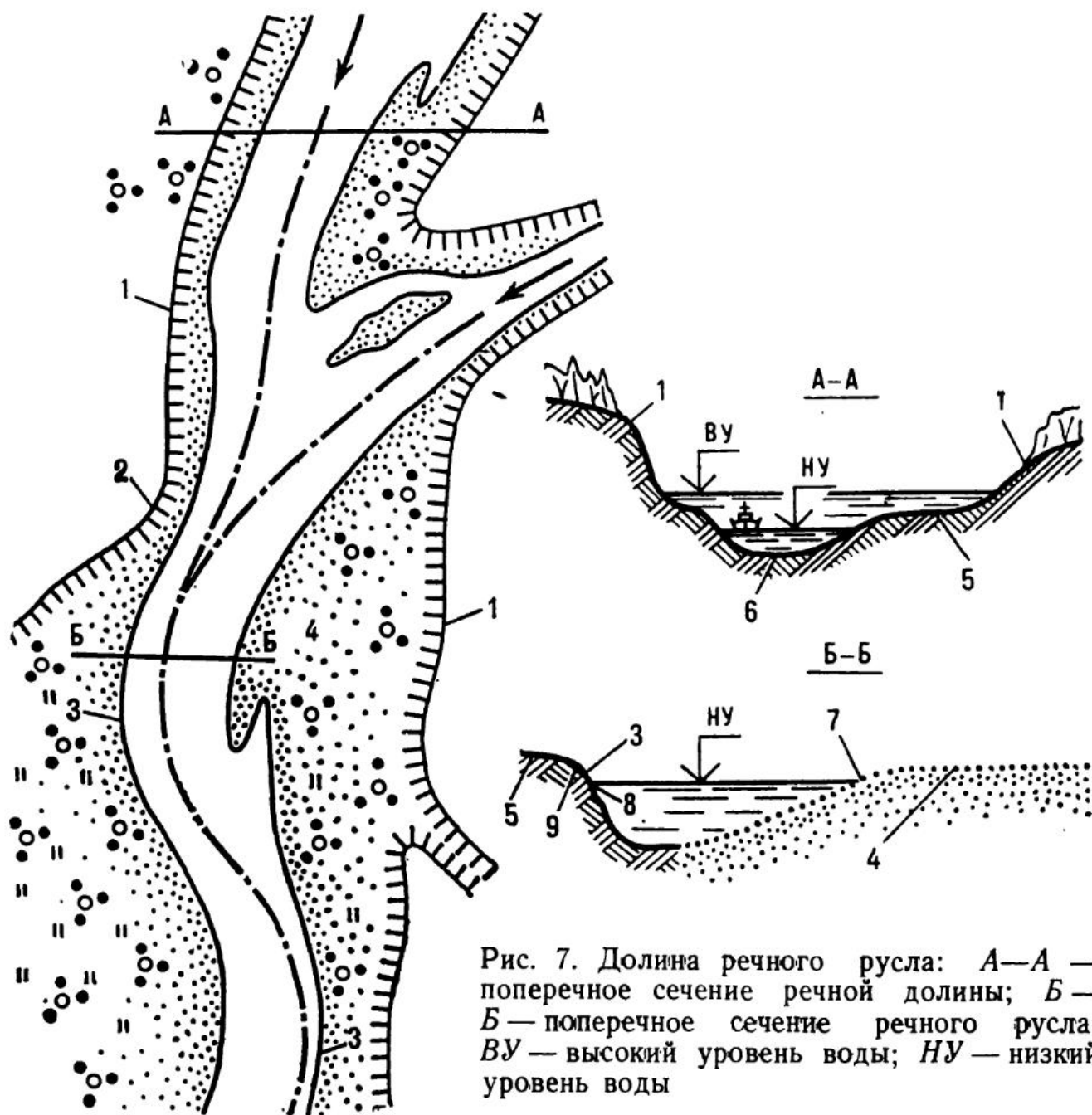


Рис. 7. Долина речного русла: А—А — поперечное сечение речной долины; Б—Б — поперечное сечение речного русла; ВУ — высокий уровень воды; НУ — низкий уровень воды



Рис. 8. Яр русла реки

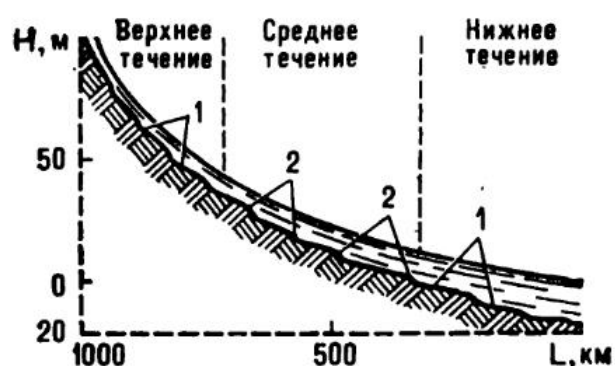


Рис. 9. Продольный профиль реки

ем речного потока долины постоянно видоизменяют свою форму. Наши большие реки Волга, Енисей, Обь, Иртыш, Лена и другие имеют долины, где возвышенные участки земли чередуются с равнинами, степями и т. п.

Коренные берега (кряжи или склоны) — участки земной поверхности, ограничивающие долину с боков 1 (рис. 7).

Дно, или ложе, долины — самая низкая и сравнительно ровная часть долины, заключенная между подошвами склонов.

Террасы — относительно горизонтальные площадки, расположенные уступами на разной высоте над дном долины.

Поймой 5 (см. рис. 7) называется часть дна речной долины, сложенная наносами и периодически заливаемая в половодье и паводки.

Русло 6 — выработанное речным потоком ложе, по которому осуществляется сток без затопления поймы.

У рек нашей страны обычно правые берега высокие и обрывистые, на некоторых реках такие берега называют *горными, или горой*. Левые берега, наоборот, отлогие, их называют *луговыми*.

Рынок горы, или горный рынок, 2 (см. рис. 7) — угол или мыс горного берега, выступающий в сторону русла реки.

Яром 3 называется невысокий обрывистый, как правило, вогнутый пойменный берег русла реки. Одна из разновидностей яра показана на рис. 8.

Бровка, или гребень, яра 9 (см. рис. 7) — линия перехода горизонтального берега яра в вертикальный или отлогий.

Полица — нижняя площадка низкого яра, спускающегося к реке двумя уступами. Ширина полица 5—10 м. Во время высоких уровней полица скрыта под водой.

Песок 4 — обычно выпуклый и отлогий берег из наносного песка, находящийся против яра. Иногда в практике судовождения все прибрежные песчаные отложения называют *песками*.

Урез 8 — линия пересечения поверхности воды с берегом.

Залесок 7 — узкая полоса отлогого берега, примыкающая к урезу воды.

Продольный профиль реки. Река течет с повышенных мест земной поверхности к пониженным, поэтому русло постепенно понижается от истока к устью. Например, исток Енисея находится выше устья на 1500 м.

Продольный профиль (рис. 9, где H — высота над уровнем моря в метрах и L — расстояние от устья в километрах) представляет собой графическое изображение продольного вертикального разреза русла с нанесением положения поверхности воды. Продольный профиль дна имеет волнистое очертание, где глубокие участки реки — *плесы 1* чередуются с мелкими — *перекатами 2*.

Перекат — характерная для равнинных рек форма данного рельефа, сформированная отложениями наносов, обычно в виде широкой гряды, пересекающей русло под углом к общему направлению течения и вызывающей отклонение его от одного берега к другому (протяженность переката 0,5—5,0 км).

Плес (плесовая ложина) — глубоководный участок реки, находящийся обычно между перекатами (протяженность 1—25 км).

Плесом, кроме того, называется значительный по протяженности участок реки в несколько сот километров, имеющий однородную гидрологическую и эксплуатационную характеристику. (Например, плес р. Иртыша — от Омска до Тобольска и т. д.).

Верхнее, среднее и нижнее течения (см. рис. 9) рек характеризуются определенными гидрологическими особенностями. Обычно верховье реки по сравнению с низовьем имеет большие скорости течения, малые глубины и значительное число перекатов. Например, р. Енисей в верховье имеет скорость течения от 7 до 10 км/ч и глубину 2—3 м, а в низовье — скорость около 2,5 км/ч и глубину 20—40 м.

§ 5. ПИТАНИЕ РЕК

Виды питания рек. Питание рек происходит за счет поверхностных и грунтовых вод. Оно зависит от комплекса физико-географических условий: климата, почвы, растительности, а также деятельности человека и т. д. Основным источником питания принято считать источник, дающий более половины всего годового объема воды.

Поверхностное питание разделяется на снеговое, дождевое и ледниковое.

Бассейны рек со *снеговым* питанием занимают более $\frac{3}{4}$ территории СССР: европейскую часть, Западную Сибирь, Казахстан, северо-восток Сибири и Среднюю Азию (Волга, Обь, Иртыш, Днепр, Дон, Урал и др.).

Реки с *дождевым* питанием находятся в основном на востоке страны (Амур).

К рекам с *ледниковым* питанием можно отнести реки Кавказа и горной части Средней Азии.

Грунтовое питание присуще всем рекам страны, за исключением рек равнинного Казахстана и Заволжья, где этот вид питания ничтожно мал. Основным источником пополнения грунтовых вод являются осадки и пары воды, проникающие в поры грунта и конденсирующиеся там.

Для большей части рек СССР доля грунтового питания не превышает 20 % всего годового количества воды, поступающей в реки. Несмотря на небольшой объем, грунтовое питание имеет важное значение благодаря своей устойчивости и равномерности. В засушливое время и зимой оно является единственным источником поступления воды в реки.

Речной сток. Количество воды, протекающее в речном русле за какой-либо период времени, называется *речным стоком*. Он измеряется в кубических километрах воды у ее устья. Годовой сток каждой реки изменяется в зависимости от водности года.

Расход воды — это объем воды, протекающей через данное живое сечение в секунду. Расход выражается следующей формулой:

$$Q = \omega v_{\text{ср}}, \quad (1)$$

где ω — живое сечение, м²;

$v_{\text{ср}}$ — средняя скорость течения, м/с.

Живое сечение — площадь поперечного сечения речного потока, ограниченная уровнем воды и смоченным периметром русла.

Расход воды характеризует водность реки у данного пункта.

Сток реки распределяется неравномерно: различают весенний, летний, осенний и зимний стоки.

Весна для большинства рек — период половодья. Большинство рек СССР весной выносит более 50 % объема годового стока. Питание большинства рек в летний период происходит в основном за счет грунтовых вод и незначительно за счет дождей. Питание рек в осенний период осуществляется за счет грунтовых вод и дождей. В зимний период питание рек происходит почти исключительно за счет грунтовых вод.

Например, на Волге у г. Чебоксары весной проходит около 60 % всего стока, летом и осенью — 25 % и зимой — 15 %. Похожее к такому распределению стока наблюдается на Северной Двине и Днестре. На Амуре (г. Комсомольск) за счет летних дождей весенний сток составляет 20 %, летний и осенний — 70 % и зимний — 10 %. На Оби (г. Салехард) в эти же периоды сток имеет распределение 70 %, 25 и 5 %.

Характерные фазы водного режима рек. Изменение во времени уровней, расходов и объемов воды в водных объектах и грунтах называют *водным режимом*.

Уровень воды (УВ, см. рис. 3) — это высота поверхности воды в водном объекте над условной горизонтальной плоскостью сравнения. В водном режиме рек наблюдается несколько характерных фаз, повторяющихся из года в год и обусловливаемых видом питания реки. Основные фазы водного режима реки — половодье, паводок и межень.

Половодье — фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон, характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и длительным подъемом уровня воды и вызываемая снеготаянием или совместным таянием снега и ледников. Различают половодье весеннее, весенне-летнее и летнее.

Паводок — фаза водного режима реки, которая может многократно повторяться в различные сезоны года. Она характеризуется интенсивным, но обычно кратковременным увеличением расходов и уровней воды и вызывается дождями или снеготаянием во время оттепелей. *Катастрофический паводок* — выдающийся по величине и редкий по повторяемости, могущий вызвать жертвы и разрушения. Так называют и половодье, вызывающее такие же последствия.

Наводнение — затопление территории водой, являющееся стихийным бедствием.

Межень — фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в одни и те же сезоны, характеризующаяся малой водностью, длительным стоянием низкого уровня, которая возникает вследствие уменьшения питания реки.

§ 6. КОЛЕБАНИЯ УРОВНЕЙ ВОДЫ В РЕКАХ

Причины колебаний уровней и организация водомерных наблюдений. В зависимости от характера питания, времени года и фазы водного режима уровни воды в различных реках имеют значительные колебания, достигающие в отдельных случаях 30 м. Например, годовая амплитуда колебаний уровней воды на р. Енисее с 4,5 м в истоке постепенно увеличивается и в нижнем течении достигает 20 м. Лишь в устьевой части амплитуда снижается до 9—10 м.

Основные причины, вызывающие колебания уровней воды в реках, следующие: изменение расходов воды в реке за счет

дождей, таяния снега и др.; сгонные и нагонные ветры; заграждение русла реки льдом (заторы); действие приливов и отливов в устьях рек; подпоры воды в устьях притоков; режим работы гидроузлов (попуски воды) и т. д.

Следует особо отметить так называемую «посадку уровня». На многих реках, особенно в их верховьях, из-за дноуглубительных работ практически достигнуты глубины, предельно возможные по гидравлическому режиму потока. Это осложняется тем, что в связи с интенсивной добычей в руслах рек песка и гравия происходит значительное понижение уровней воды. В результате снизились глубины у причалов портов, оголились водозаборные сооружения, нарушилась нормальная работа многих гидротехнических сооружений и др. Например, у Новосибирска при глубине на судовом ходу 250 см глубины у причалов порта менее 100 см.

Ежедневные наблюдения за уровнем воды, а также за температурой воды, замерзанием, ледоходом и волнением ведутся на гидрологических постах Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды (Госкомгидромет). Сведения, получаемые путем наблюдений на гидрологических постах, передают в местные органы Гидрометеослужбы, бассейновым управлениям пути Минречфлота РСФСР и их ор-

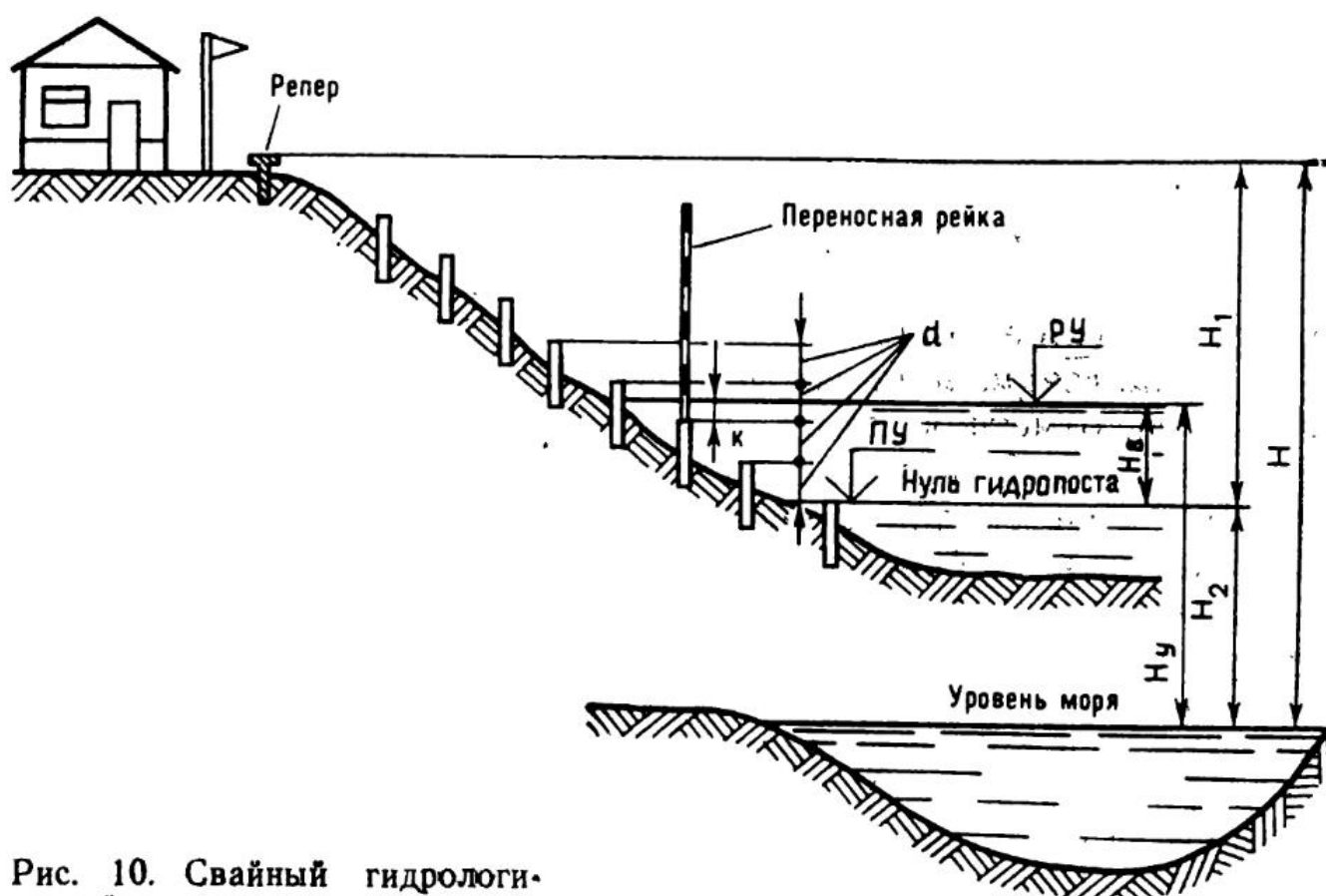


Рис. 10. Свайный гидрологический пост

ганизациям, а также диспетчерам паромов и судоводителям. Сведения об уровнях систематизируют и помещают в регулярно издаваемых гидрологических ежегодниках. Посты организованы на всех больших и средних реках, водохранилищах, озерах и на некоторых малых реках.

Гидрологические посты. Наиболее распространены свайный, реечный и дистанционный посты.

Свайный пост (рис. 10) состоит из деревянных или чугунных свай, забитых по прямой линии, расположенной поперек откоса берега. Головки свай возвышаются одна над другой на высоту d , равную примерно 1 м. Все сваи имеют номера. Высоту уровня воды H_v над нулем гидропоста измеряют с помощью переносной рейки, которую устанавливают на ближайшую затопленную сваю для замера высоты уровня k над ней. Зная из таблицы возвышение данной сваи над другими и прибавляя к ней измеренную рейкой высоту уровня, узнают его фактическое положение.

Реечный пост (рис. 11) — гидрологический пост другого типа. Здесь высоту уровня отсчитывают по рейке с делениями в сантиметрах, которую укрепляют на каком-либо сооружении в русле: на устое моста, шлюзе, плотине, стенке набережной.

На **дистанционном посту** (рис. 12) устанавливают самописец 2 или отметчик, который регистрирует колебания уровня 1 поплавком 3. С помощью механических, электрических, радио или иных систем данные передаются к месту отсчета уровней.

Условная и абсолютная отметки. В повседневной практической деятельности необходимы сведения о высоте сооружений, точек земной поверхности, уровнях воды и др. В технике часто вместо понятия «высота» (какого-либо сооружения или уровня воды) используют термин *отметка*. На чертежах отметку делают треугольным значком с цифрой, обозначающей высоту; о ней говорят «отметка гребня плотины», «отметка уровня воды» и т. д.

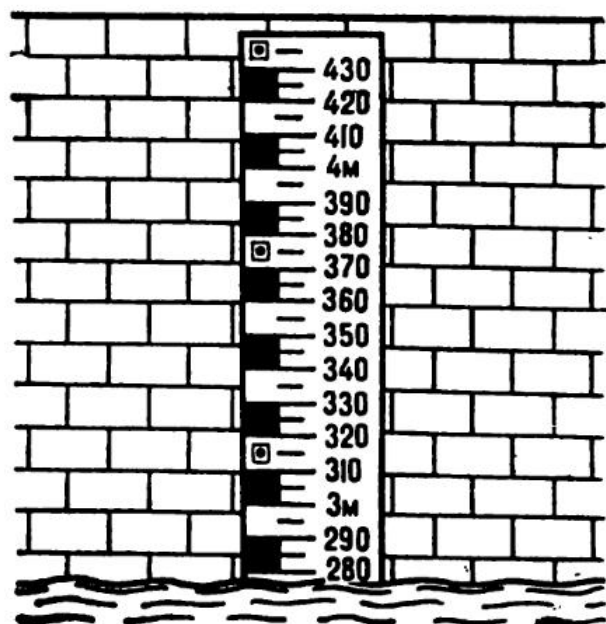


Рис. 11. Реечный гидрологический пост

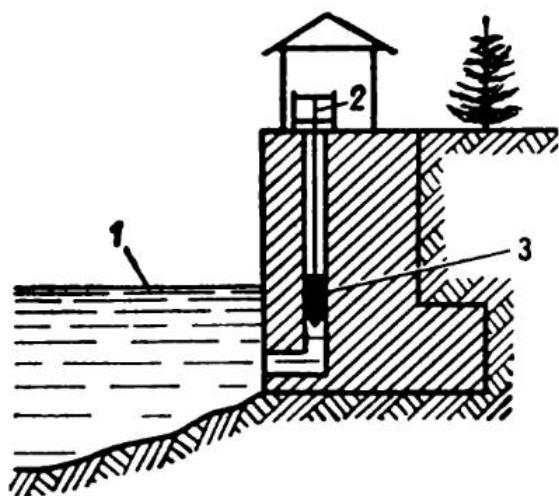


Рис. 12. Дистанционный гидрологический пост

Высоту всегда отсчитывают от условной точки или плоскости. Так, высоту дома отсчитывают от земли, высоту берега реки — от уровня воды и т. д. Высоту над такой произвольной условной плоскостью называют *условной отметкой*.

Однако требуется знать высоту точек земной поверхности, сооружений и уровней воды не только от условной плоскости, но также и от плоскости, которая была бы общей для всех точек земной поверхности и сооружений, находящихся на ней.

Такой плоскостью может служить уровень моря или океана. Но уровни морей различны. В СССР за начало счета абсолютных высот принята уровенная поверхность, проходящая через нуль Кронштадтского футштока (рейки), практически совпадающей со средним уровнем Балтийского моря в Кронштадте. Из Кронштадта абсолютная высота (отметка) передана на континент — в г. Ленинград и далее распространена по всей территории Союза. Точки, на которые переданы абсолютные высоты, закреплены на местности специальными геодезическими знаками — *реперами* (грунтовыми и стенными) и *марками*, которые имеют номера и специальное условное обозначение.

Реперы размещены по всей территории страны, а сведения о них приводятся в специальных каталогах. По номеру репера (по каталогу) узнают его абсолютную отметку и с помощью геодезических инструментов определяют абсолютную отметку сооружения или уровня воды в районе данного репера.

Нуль гидрологического поста. Измерить уровень воды на постах непосредственно над дном реки или водохранилища нельзя, так как дно изменяется — размывается или намывается. Поэтому было бы невозможно сравнивать отметки уровней за несколько лет и даже за период одной навигации. На гидрологических постах уровень воды отсчитывают от условной плоскости — *нуля гидрологического поста*. За нуль гидропоста принимают отсчет верха самой нижней сваи или нуль водомерной рейки. Причем нуль гидропоста устанавливают так, чтобы он был по возможности ниже самого низкого уровня воды.

Для сопоставления уровня воды на отдельных участках рек и выполнения различных гидрогеологических расчетов высоту нулей гидропостов «привязывают» к уровню Балтийского моря.

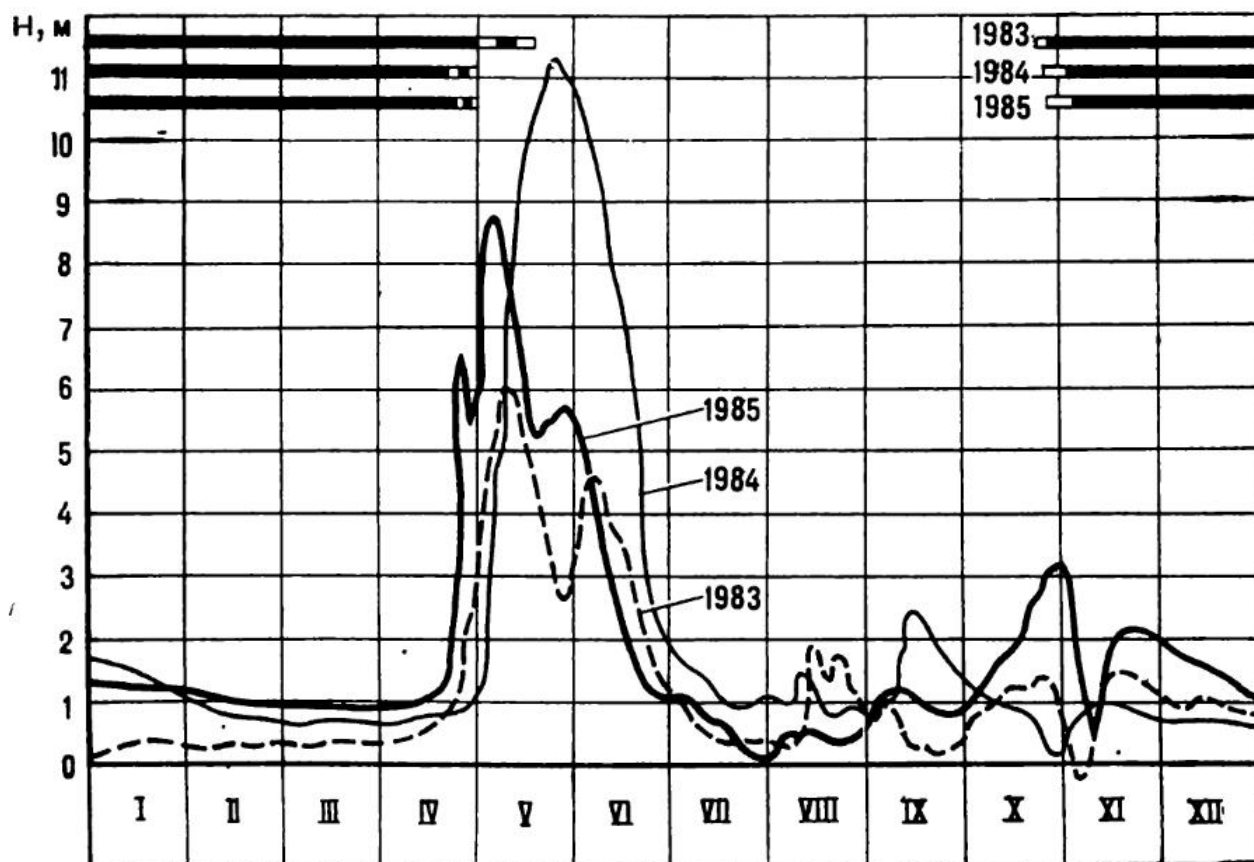


Рис. 13. График колебаний уровней воды

Для этого на каждом гидропосту устанавливают репер, имеющий точно определенную абсолютную отметку H (см. рис. 10). По этому реперу при помощи геодезических инструментов определяют абсолютную отметку гидропоста H_2 , а по ней — абсолютную отметку любого уровня воды H_y , которая равна сумме абсолютной отметки нуля гидропоста H_2 и высоте уровня воды над ним H_v .

График колебаний уровня. Результаты наблюдений за уровнями воды записывают в таблицы и изображают графически (рис. 13).

Высоту уровня на графике откладывают от нуля, который называется *нулем графика*. Эта величина неизменна и необходима для сопоставления наблюдений за несколько лет. Чаще всего за нуль графика принимают нуль гидропоста. Значения абсолютных отметок нуля гидропоста и графика указывают на полях графика. На графике по вертикали откладывают высоты H уровней в метрах, а по горизонтали — дни и месяцы календарного года. Обычно на одном листе графика линиями различных цветов или видов изображают колебания уровней воды за несколько лет. Вверху горизонтальными сплошными линиями обозначают дни, когда река была покрыта льдом, и прерывистыми — период ледохода.

Уровни воды. Наиболее важными для судоходства являются следующие два уровня воды, определяемые с помощью графика колебаний уровня.

Рабочий уровень (РУ) (см. рис. 10) — это уровень воды в рассматриваемый конкретный момент измерения. Уровень воды характеризуется высотой поверхности воды над условной горизонтальной плоскостью сравнения.

Количественно высотное положение рабочего уровня может быть представлено посредством условной и абсолютной отметок уровня.

Проектный уровень (ПУ) — условный низкий уровень воды с заданной обеспеченностью. Здесь под обеспеченностью уровня понимается продолжительность периода в процентах, когда уровни воды были выше или соответствовали данной его отметке. От проектного уровня показываются значения глубин на навигационных картах рек, сообщается высота ферм в пролетах мостов, устанавливается гарантированная глубина.

Превышение переменного рабочего уровня над постоянным проектным называют срезкой. Значение срезки, обозначаемой ΔH , характеризует высоту слоя воды, находящегося над проектным уровнем.

При положительном значении срезки (она выше проектного уровня) условия для судоходства благоприятны. Отрицательное значение срезки указывает на то, что рабочий уровень снизился настолько, что находится ниже проектного. Такое явление может наблюдаться в маловодные годы, в отдельные периоды навигации и часто приводит к большим затруднениям для судоходства из-за значительного уменьшения глубин.

§ 7. УКЛОНЫ ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ

Падение и продольный уклон. Поверхность речного потока непрерывно понижается от истока к устью. Степень понижения характеризуется падением и продольным уклоном поверхности воды.

Падением h уровня воды называется разность между его отметками H_1 и H_2 в двух пунктах (А и Б), расположенных вдоль реки на расстоянии l (рис. 14). Падение может характеризоваться величиной (обычно в сантиметрах), приходящейся на 1 км длины участка реки. Например, среднее падение р. Оби на 1 км равно 4 см.

Продольным уклоном I поверхности воды в реке называется отношение падения h на данном участке к длине этого участка l

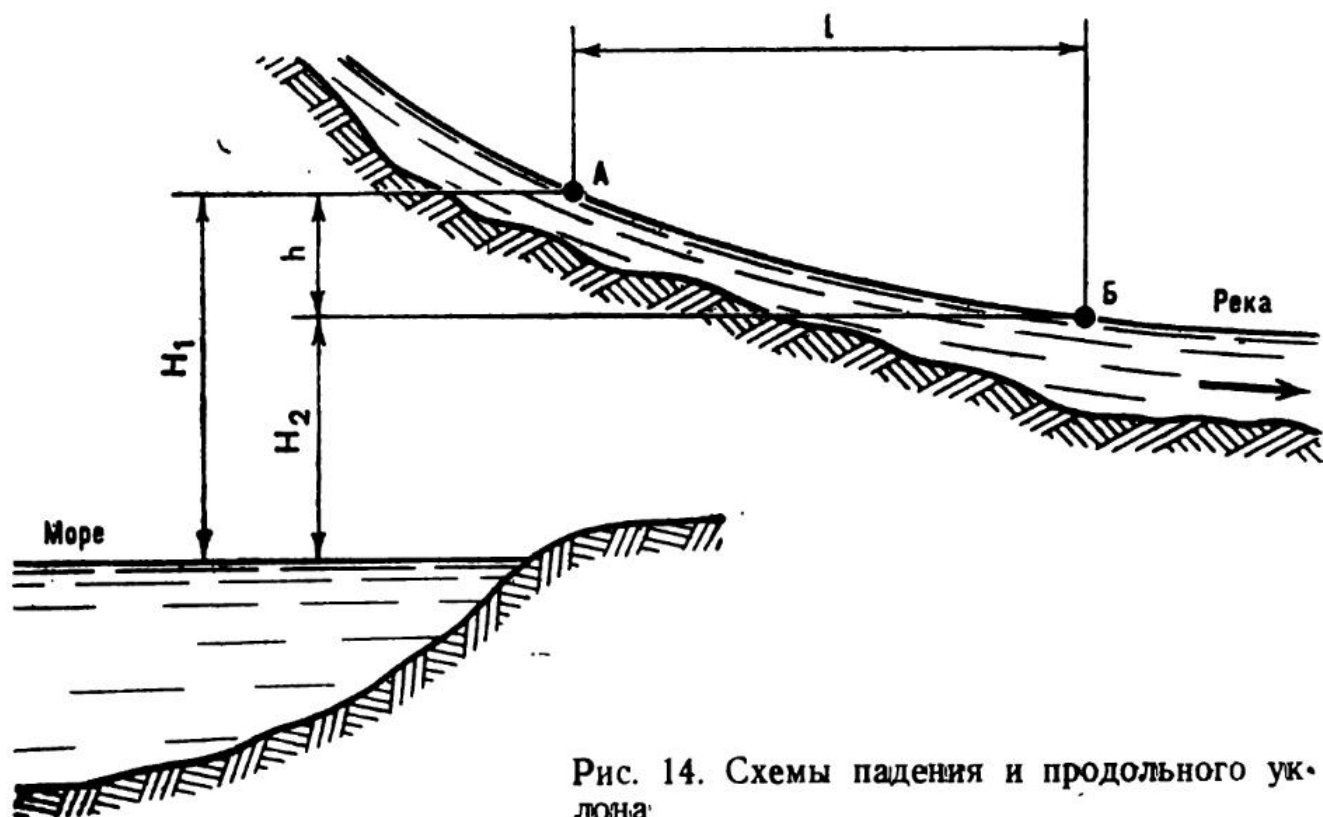


Рис. 14. Схемы падения и продольного уклона

(длина участка и падение должны быть выражены в одной и той же размерности), причем

$$I = \frac{H_1 - H_2}{l} = \frac{h}{l} . \quad (2)$$

Уклон выражается безразмерной величиной (десятичной дробью). Меженные уклоны Волги у Горького равны 0,00007, Северной Двины у Березников — 0,00003, на Енисее у г. Красноярска — 0,0002 и т. д. Значения продольных уклонов поверхности воды в реках зависят от высоты уровня воды, вида продольного профиля реки, плановых очертаний русла и т. д. При низких уровнях воды уклон меньше. Причем, как правило, уклон на плесе меньше, чем на перекатах. При увеличении расхода и подъеме уровня уклоны на плесах увеличиваются, а на перекатах уменьшаются. При дальнейшем повышении уровня уклоны на плесах могут сравняться с уклонами на перекатах. При еще большем повышении уровня уклоны на плесе увеличиваются, а на перекатах уменьшаются.

После выхода воды из русла и разлива ее по пойме уклоны будут зависеть от очертаний долины в плане. Где долина уже, там будет больший поверхностный уклон, где она расширяется — меньший. Скорости течения воды в реке зависят от продольного уклона. Чем больше уклон, тем больше скорость течения, и наоборот. Поэтому в межень скорость течения на перекатах больше, чем на плесах, а в половодье — наоборот.

Поперечный уклон. Поверхность воды в реке имеет и поперечные уклоны, возникающие на закруглениях русла, при резких подъемах и спадах воды, а также вследствие вращения Земли.

На прямолинейном участке реки на частицы воды действует сила тяжести G (рис. 15). Поверхность воды в этом случае на поперечном профиле занимает горизонтальное положение ab .

На закруглениях русла те же частицы воды, кроме силы тяжести, подвергаются действию центробежной силы f (см. рис. 15), направленной по радиусу кривизны русла в сторону вогнутого берега. Силы f и G заменим равнодействующей силой r . Под действием центробежной силы часть воды будет смещаться к вогнутому берегу, вследствие чего образуется поперечный уклон и уровень займет положение cd , перпендикулярное направлению равнодействующей r .

Если для реки, имеющей ширину 100 м, скорость течения 2 м/с и радиус изгиба 200 м, провести расчет, то повышение уровня у вогнутого берега (по сравнению с уровнем у выпуклого) составит примерно 20 см.

При резких подъемах и спадах воды также возникает уклон. Вода при резкой прибыли быстрее заполняет среднюю часть русла и поверхность ее становится выпуклой. Это объясняется тем, что вода встречает меньшее сопротивление на середине русла, чем у берегов. При резкой убыли вода быстрее уходит из средней части русла, где также встречает меньшее сопротивление, чем у берегов, поэтому поверхность ее становится вогнутой.

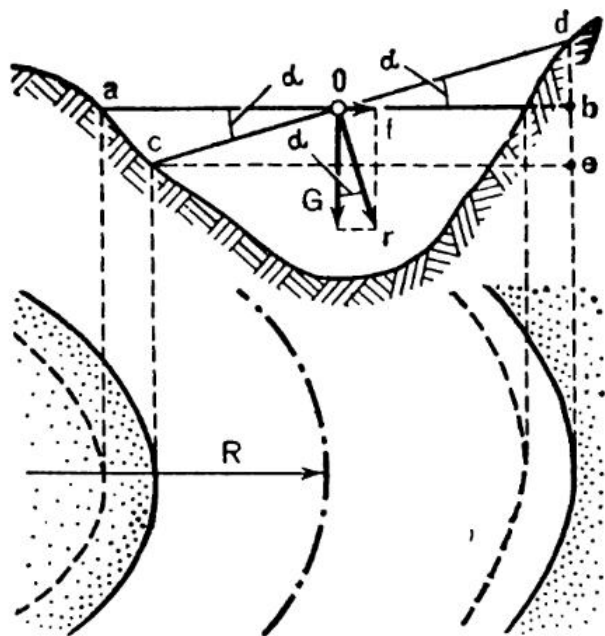


Рис. 15. Схема образования поперечного уклона поверхности воды на закруглениях русла:

ab — положение уровня на прямолинейном участке русла; cd — то же на криволинейном участке русла; R — радиус кривизны русла

Такие явления наблюдаются в начальный период резкого подъема или спада уровня. В дальнейшем подъем и спад происходит при относительно горизонтальной поверхности свободного потока.

Уклон вследствие вращения Земли (закон Бэра) имеет следующие предпосылки. Каждая точка земной поверхности совершает за сутки один полный оборот, но круговой путь при этом проделывает разный. Следовательно, и скорость движения точек Земли неодинакова и зависит от того, ближе или дальше от экватора по направлению к полюсам расположена

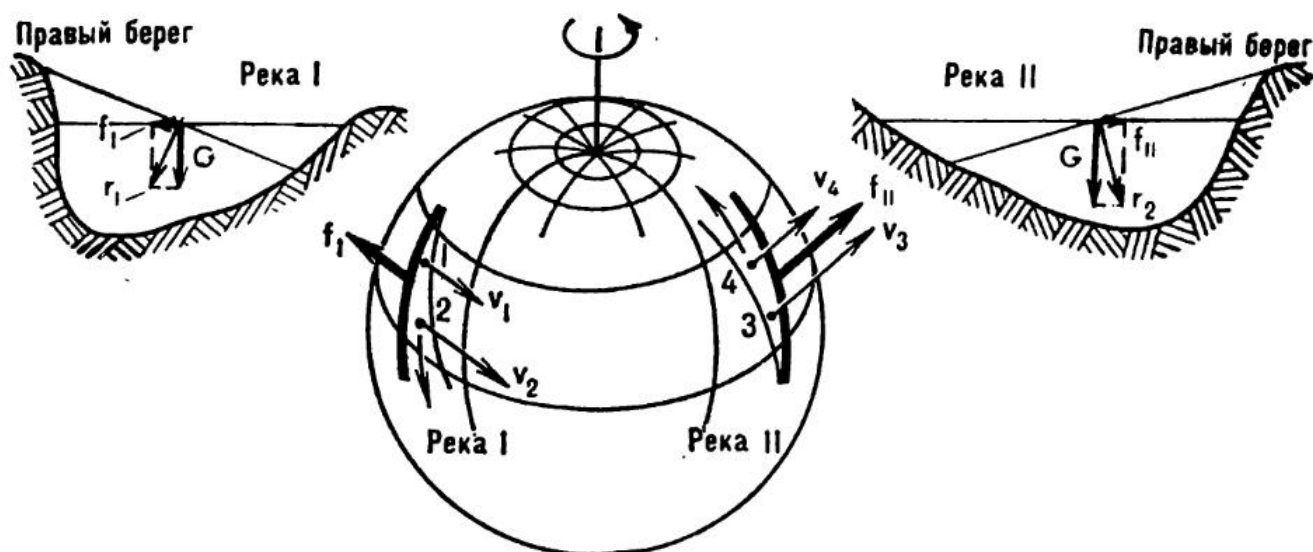


Рис. 16. Образование поперечных уклонов воды в русле реки под влиянием вращения Земли

эта точка. Очевидно, что окружная скорость движения точек больше у экватора и меньше по направлению к полюсам. Таким образом, реки северного полушария, текущие с юга на север, будут переходить из области больших скоростей в область меньших, а реки, текущие с севера на юг, — из области меньших скоростей в область больших.

При появлении ускорения возникает сила *инерции*, которая всегда направлена в сторону, противоположную ускорению. Поэтому в момент увеличения скорости какой-либо точки сила инерции будет направлена в сторону, противоположную ее движению, а при замедлении — в сторону движения.

Рассмотрим две реки северного полушария (рис. 16). Река I (например, Волга) течет с севера на юг. Частицы воды, перетекая из пункта 1 в пункт 2, будут переходить из области меньших скоростей v_1 в область больших скоростей v_2 кругового вращения точек земной поверхности. Скорости частицы воды v_1 и v_2 в соответствии с вращением Земли направлены в сторону левого берега. Следовательно, ускорение, равное значению $v_2 - v_1$, направлено также в сторону левого берега, а сила инерции f_1 — в сторону правого берега. Тогда на частицу будут действовать две силы: сила тяжести G и сила инерции f_1 . Заменим эти две силы равнодействующей r_1 . Уровень воды расположится по перпендикулярному направлению линии действия равнодействующей. В результате у правого берега уровень воды повышается, у левого — понижается.

Река II (например, Обь) течет с юга на север. Частицы воды, перетекая из пункта 3 в пункт 4, будут переходить из области больших скоростей v_3 кругового вращения точек земной поверх-

ности в область меньших скоростей v_4 . Следовательно, ускорение будет направлено в сторону левого берега, а сила инерции, так же как и реки I , — в сторону правого. Поэтому у правого берега уровень воды повышается, а у левого — понижается (см. рис. 16).

Это позволяет сделать вывод о том, что, независимо от географического направления течения, в результате вращения Земли поперечный уклон поверхности воды у рек северного полушария всегда направлен от правого берега к левому. Если продолжить рассуждения, то легко показать, что у рек южного полушария, независимо от направления течения, поперечный уклон поверхности воды направлен от левого берега к правому.

Обычно поперечный уклон, вызываемый вращением Земли, в средних широтах незначителен, в несколько раз меньше продольного. Например, по расчету у реки, имеющей ширину 1 км, скорость течения 1 м/с, на широте 60° (Ленинград) разность уровней у противоположных берегов составит 1,3 см. Однако, действуя многие тысячелетия, разность уровней оказывала большое влияние на формирование русла, постепенно перемещая его в северном полушарии в сторону правого берега и в южном — в сторону левого. Вследствие этого у большинства рек северного полушария правый берег высокий — *горный*, а левый отлогий — *луговой*. К числу таких рек относятся Днепр, Дон, Волга, Обь, Иртыш, Лена и др. Отсутствие у некоторых рек ярко выраженного правого горного и левого отлогого берегов объясняется тем, что роль сил инерции в формировании русла значительно слабее, чем роль таких факторов, как ветер, геологическое строение Земли, уклон местности и т. д.

Поперечные уклоны могут возникать возле неровностей берега, на участках разделения русла, а также в периоды сильных ветров и при изменении ширины русла.

§ 8. ТЕЧЕНИЕ ВОДЫ В РЕКАХ

Общее течение речного потока. При наличии продольного уклона движение частиц воды в реках вдоль русла происходит под действием силы тяжести G (рис. 17). Силу G можно разложить на две составляющие P и Q . Сила P , направленная параллельно линии продольного уклона, вызывает движение частицы воды. Сила Q перпендикулярна поверхности дна реки и вызывает сопротивление трения движению воды о дно и берега потока. С увеличением уклона реки сила P , а следовательно, и скорость течения будут возрастать, сила Q и трение — уменьшаться.

Казалось бы, под влиянием уклона скорость движения потока будет увеличиваться все больше и больше. Однако этого не происходит. Энергия речного потока расходуется на внутреннее трение воды и на преодоление трения ее о дно и берега. Поэтому в целом ускорения движения воды в речном потоке не наблюдается, однако может возникнуть местное ускорение, например, на перекатах и порогах.

Ламинарное и турбулентное движение потока. Различают

два режима движения жидкости: ламинарное (параллельно-струйчатое) и турбулентное (беспорядочно-вихревое).

При *ламинарном* движении отдельные струйки воды движутся параллельно друг другу, не смешиваясь между собой. Скорости отдельных частиц воды постоянны по величине и направлению. У стенок скорости равны нулю, затем они постепенно увеличиваются, достигая наибольшего значения в середине потока. Ламинарное течение встречается в природе при движении воды по порам грунта. Оно возможно лишь при очень малых скоростях. Например, по расчетам водный поток глубиной в 1 м при песчаном русле и температуре 20°C будет иметь ламинарное движение в том случае, если скорость не превышает 0,5 мм/с. При большей скорости движение воды будет турбулентным.

При *турбулентном* виде движения частички воды перемещаются беспорядочно, постоянно перемешиваясь и образуя в отдельных случаях вихри. Скорость их непрерывно и мгновенно изменяется по значению и направлению (т. е. происходит пульсация скорости). В реках движение воды всегда турбулентное. Степень турбулентности, или интенсивность перемешивания масс воды речного потока, зависит от шероховатости русла и скорости течения. При неровном русле и большой скорости течения степень турбулентности больше, при относительно ровном русле и небольшой скорости течения — меньше.

Скорость перехода одного движения в другое при данной глубине потока называется *критической*. При увеличении глубины критическая скорость уменьшается. Переход ламинарного движения потока в турбулентное и обратно при глубинах 10,

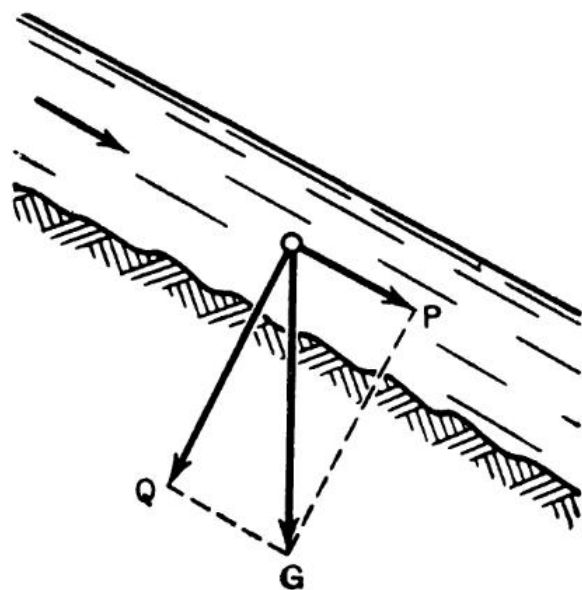


Рис. 17. Схема сил, действующих на частицу воды в речном русле

100, 200 см происходит с критическими скоростями, равными соответственно 0,4; 0,04; 0,02 м/с.

Внутренние течения в потоках. Общее течение речного потока вдоль русла при своем движении видоизменяется, в нем создаются внутренние течения. Наиболее вероятными причинами возникновения внутренних течений являются изгибы русла, вращение Земли, подъем и спад уровней, наличие в потоке слоев воды с разной температурой, а также воздействие рельефа дна, ветра, сооружений и др.

На изгибах русла под влиянием центробежной силы образуется поверхностное течение, направленное от выпуклого берега к вогнутому, а у дна, наоборот, — от вогнутого к выпуклому (рис. 18). Из-за трения о дно скорость глубинного течения от вогнутого берега к выпуклому меньше по сравнению с поверхностью, поэтому у выпуклого берега происходит повышение уровня и создается поперечный уклон поверхности воды. Например, для реки, имеющей радиус кривизны 1000 м, скорость течения 1 м/с и глубину 5 м, скорость поперечного поверхностного течения составляет около 3,8 см/с, а у дна — 3,3 см/с. Взаимодействие продольного течения с поперечным придает потоку винтовой характер. Так как речное русло состоит из извилин, переходящих одна в другую, направление поперечного течения постоянно меняется.

В результате вращения Земли в речных руслах возникает сила инерции, направленная к правому берегу, и под действием этой силы создается постоянное поперечное течение. Последнее направлено в поверхностном слое к правому берегу, а в придонном — к левому. Скорости поперечных течений невелики. Например, для реки с глубиной 5 м и скоростью течения 1 м/с поперечные скорости у поверхности согласно расчету составляют около 0,25 м и у дна — 0,23 см/с. Взаимодействие продольного течения воды с поперечным также придает потоку винтовой характер, но очень слабый. Если направление поперечного течения на изгибах русла совпадает с направлением поперечного течения от вращения Земли, то внутреннее винтовое течение усиливается, если же не совпадает — то уменьшается.

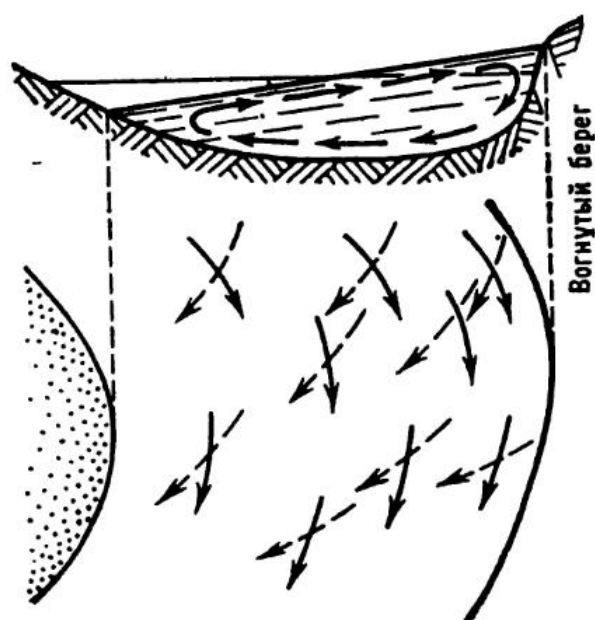


Рис. 18. Внутренние течения на изгибах русла

При подъемах воды возникают два винтовых течения, идущих от середины вверх, у поверхности — к берегам, а по дну — к середине (рис. 19).

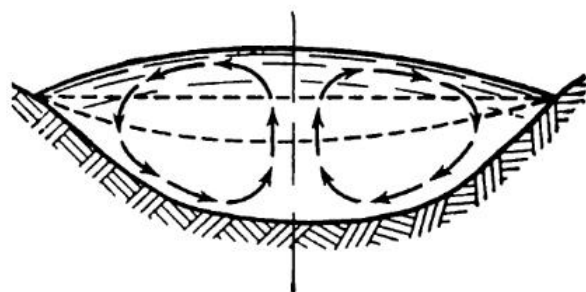


Рис. 19. Внутренние течения при подъемах и спадах воды в русле

При спаде воды наблюдаются обратные циркуляционные течения.

Следует иметь в виду, что движение воды в речном потоке имеет более сложные формы по сравнению с описанными выше; внутренние течения постоянно видоизменяются, затухают и возникают вновь.

Распределение скоростей течения в потоке. При турбулентном характере движения речного потока, как было уже указано, скорость каждой частички воды непрерывно меняется. Однако если в какой-либо точке потока прибором измерять ее достаточно долго, то можно получить среднюю скорость в данной точке, имеющую определенное значение и направление.

Обычно под скоростью течения речного потока понимают среднюю скорость по всему живому сечению. Скорости течения, м/с (км/ч), на отдельных участках крупных равнинных рек характеризуются следующими ориентировочными данными:

Свободный плес в половодье	1,5—2,0 (5,4—7,2)
Свободный плес в межень	0,25—0,4 (0,9—1,4)
Перекаты с быстрым течением	1,5—2,0 (5,4—7,2)
Перекаты с тихим течением	0,5—1,0 (1,9—3,6)

Для более полного представления о распределении скоростей течения в речном русле измеряют их осредненные значения и строят графики.

Годограф (эпюра) скоростей — это графическое изображение распределения скоростей течения в речном русле. Годограф строится следующим образом. Если измерить осредненные скорости течения в нескольких точках, затем измеренные скорости в этих точках отложить от прямой линии в соответствующем масштабе на чертеже в виде отрезков, то, соединив концы этих отрезков плавной кривой, получим годограф скоростей. Обычно эпюры скоростей строят по вертикали, живому сечению и в плане.

По вертикали средняя скорость течения $v_{\text{сред}}$ в открытых руслах (рис. 20, а) обычно находится на расстоянии 0,6 глубины h от поверхности. Наибольшая скорость по вертикали $v_{\text{макс}}$ располагается несколько ниже поверхности, так как на скорость у

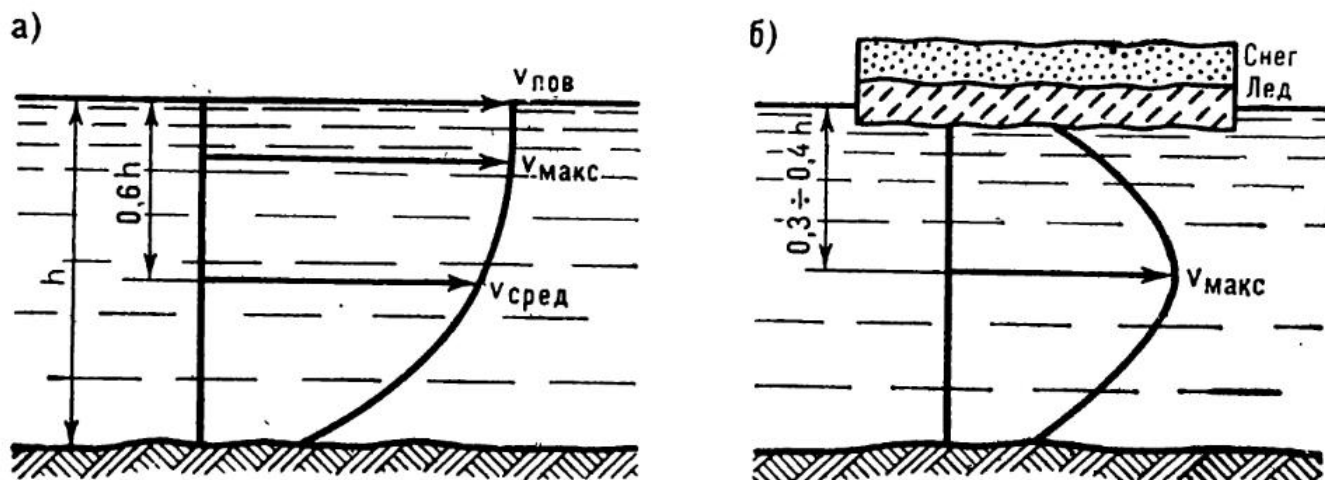


Рис. 20. Распределение скоростей течения по вертикали в открытом речном русле (а) и русле, покрытом льдом (б)

поверхности $v_{\text{пов}}$ влияют сила трения о воздух и поверхностное натяжение воды. Наименьшая скорость течения — у дна.

Такое распределение скоростей течения по вертикали подвергается значительным изменениям под действием различных факторов. Например, при ветре, направление которого совпадает с направлением течения, поверхностная скорость увеличивается, и наоборот. Неровности дна и водная растительность также вызывают перераспределение скоростей. В местах сжатия потока, например между устоями моста, скорости течения увеличиваются.

В зимний период скорость течения вблизи ледяного покрова бывает такая же, как у дна, или меньше, а наибольшая скорость $v_{\text{макс}}$ (рис. 20, б) находится на расстоянии 0,3—0,4 глубины русла.

По живому сечению линии равных скоростей — изотакхи — распределяются в соответствии с очертанием поперечного про-

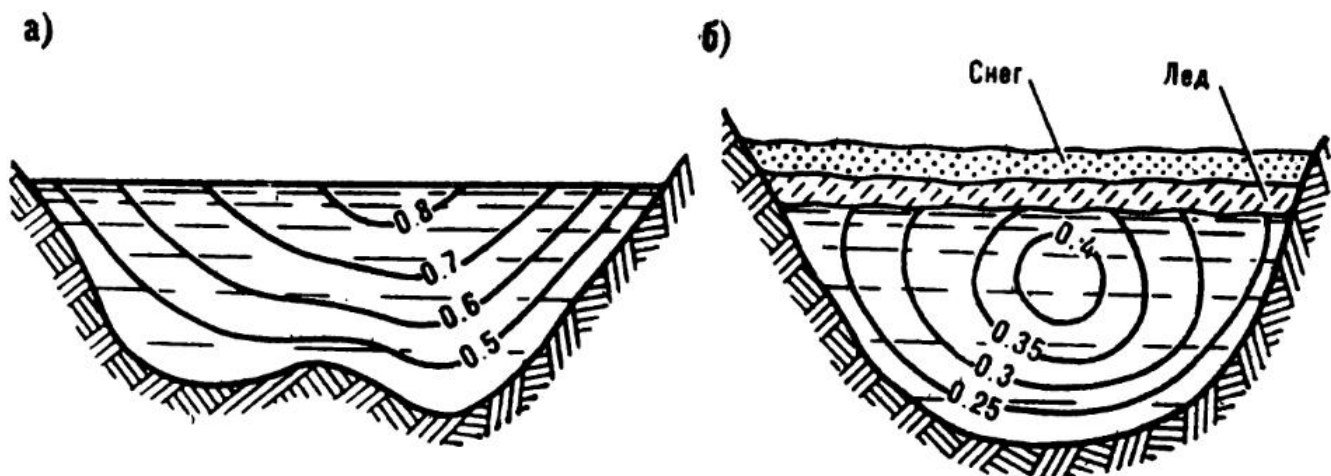


Рис. 21. Распределение скоростей течения по живому сечению реки в открытом русле (а) и русле, покрытом льдом (б)

филя русла. Для открытого русла изотакхи имеют вид разомкнутых кривых (рис. 21, а), а для русла под ледяным покровом — замкнутых кривых (рис. 21, б).

В плане эпюра средних скоростей речного потока вычерчивается путем определения средних скоростей течения по вертикалям по всей ширине русла и наложения их в виде отрезков на план реки или от горизонтальной линии вверх или вниз (рис. 22). Такую эпюру можно построить и для наибольших скоростей. Обы-

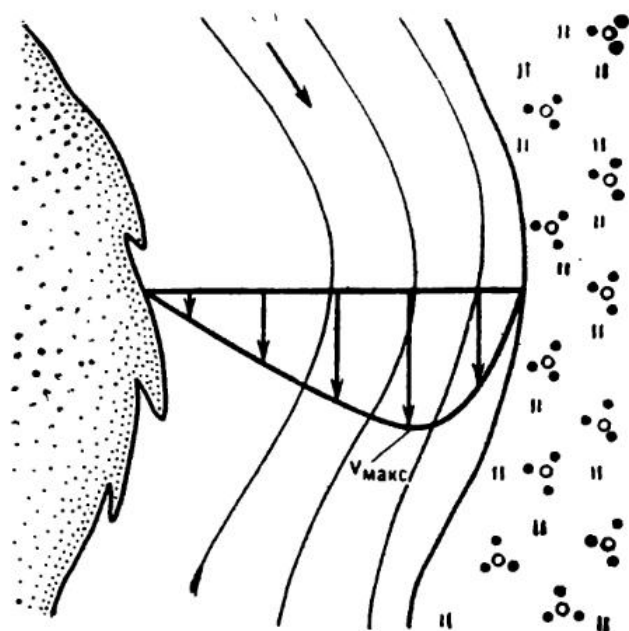


Рис. 22. Распределение скоростей течения речного потока в плане

чно очертание эпюры подобно очертанию живого сечения реки. Средние скорости течения увеличиваются от берегов к середине русла. Местам с наибольшей глубиной, как правило, соответствуют наибольшие скорости течения.

Динамическая ось речного потока — это линия, соединяющая точки с наибольшей скоростью течения в смежных живых сечениях русла. Наибольшие скорости течения распределяются в живых сечениях весьма разнообразно, поэтому динамическая ось изгибается как в плане, так и по вертикали.

Стрежень реки — это места в реке с наибольшими глубинами и скоростями течения.

Измерение скоростей течения. Скорость течения с судна измеряют с помощью поплавков, гидрометрических вертушек и другими способами.

С помощью поплавков измерение скорости течения является наиболее простым способом. Поплавки используют для приближенного измерения скорости течения. Они бывают поверхностные (рис. 23, а) и глубинные. Последние используются для определения средней скорости течения по вертикали. Глубинный поплавок может представлять собой шест с грузом (рис. 23, б).

Для измерения скорости течения на берегу измеряется какая-то длина участка. Поплавки пускают по течению. Определив время, за которое поплавок проходит путь, равный длине участка, делят эту длину на время и получают скорость течения.

С помощью гидрометрических вертушек можно определить скорость течения в любой точке речного потока. Вертушку на

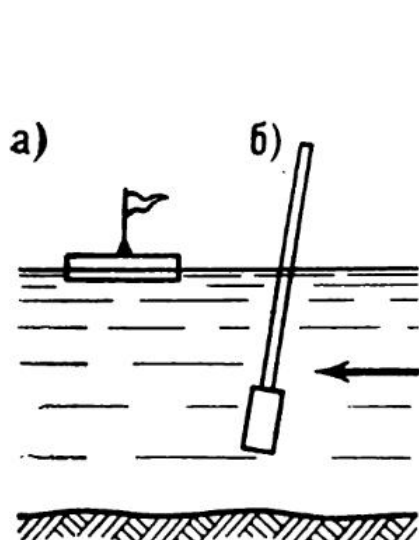


Рис. 23. Поплавки для измерения скоростей течения: поверхностный (а); глубинный (б)

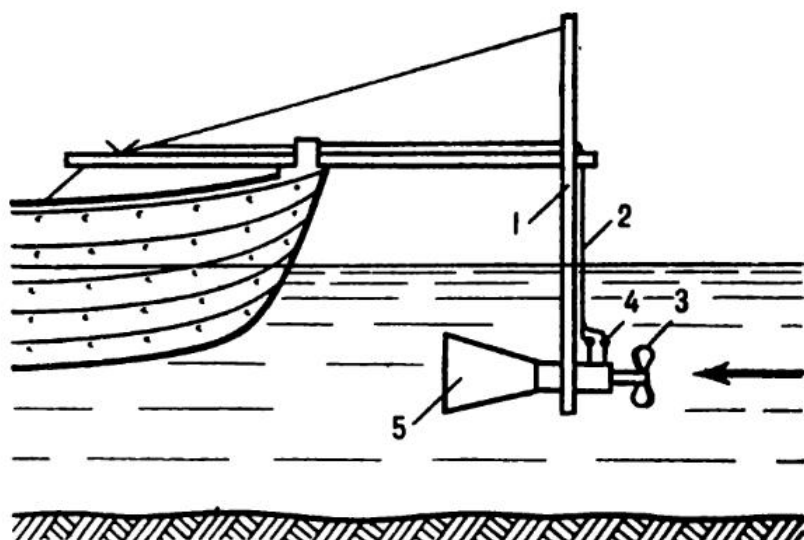


Рис. 24. Гидрометрическая вертушка

штанге 1 (рис. 24) или тросе с грузом опускают на заданную глубину. Под действием течения на хвост-руль 2 вертушка поворачивается лопастями 3 против течения, и вода приводит их во вращение. Чем больше скорость течения, тем быстрее вращаются лопасти. Каждому значению скорости течения соответствует определенное число оборотов лопастей в единицу времени. Обороты лопастей определяют при помощи электрической системы сигнализации, состоящей из батарей, контактов 4, проводов 5 и электролампочки. С помощью таблицы по частоте вращения лопастей находят скорость течения.

По скорости движения судов скорость течения можно определить приближенно, если судно проходило по данному участку реки вверх или вниз по течению с одинаковым режимом движения. Для этого разность между скоростями движения судна вниз и вверх нужно разделить пополам.

По длине корпуса судна на стоянках, зная длину своего судна, баржи или плота, с помощью поплавков можно определить поверхностную скорость течения. Для этого поплавков забрасывают с судна выше по течению, а затем определяют время, за которое он проходит расстояние от носа до кормы.

§ 9. ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ РЕЧНОГО ПОТОКА

Тиховоды — медленные течения, образующиеся за выпуклыми берегами, крупными песчаными отложениями в русле и т. п. При движении судна вверх для увеличения его скорости, где это возможно, следуют по тиховоду.

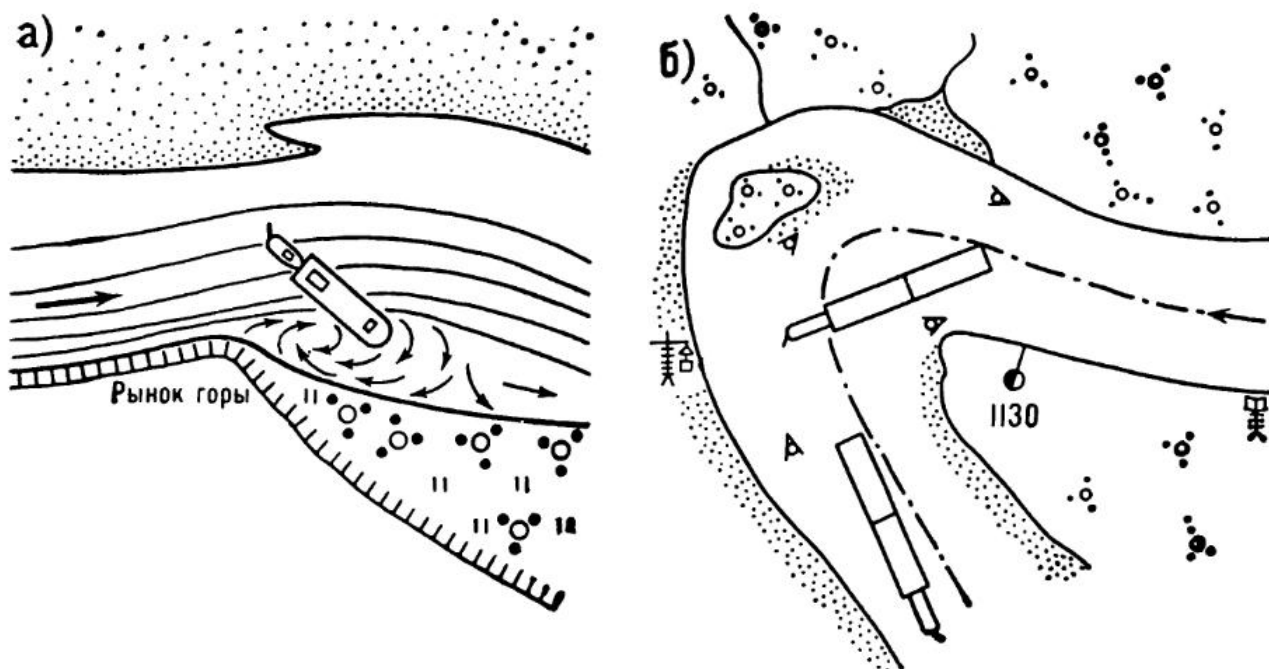


Рис. 25. Суводь за рынком горы (а) и Петровская заводь (суводь) на р. Иртыш (б)

Водоворот — постоянное вращательное движение воды в русле. Водовороты нередко создают глубокие ямы (омуты) и являются типичными для горных и полугорных рек.

Суводь — водное пространство с вращательным движением воды, обычно находящееся за выступами берегов, мысами, выпуклыми берегами, сильно вдающимися в русло. В этих местах течение, с большой скоростью обтекая берег, встречает на своем пути выступ и создает перед ним подпор воды и повышение уровня. Проходя выступ, водный поток отклоняется от него и по инерции проходит некоторое расстояние. За выступом уровень воды понижен, из-за чего в низовой части суводи вода затягивается из основного потока, а в верхней части, наоборот, — из области суводи в основную струю потока. Этот процесс происходит непрерывно и вызывает вращательное движение воды (рис. 25), где вращение воды наблюдается в изгибах русла — у биев.

При вращении воды в суводи дно оказывает тормозящее действие. Вследствие этого ближе к поверхности суводи скорость вращения воды и центробежные силы увеличиваются. Под воздействием центробежных сил происходит большее отбрасывание воды от оси суводи у поверхности и меньшее — у дна. Снизу вверх вдоль оси суводи образуется восходящий поток,

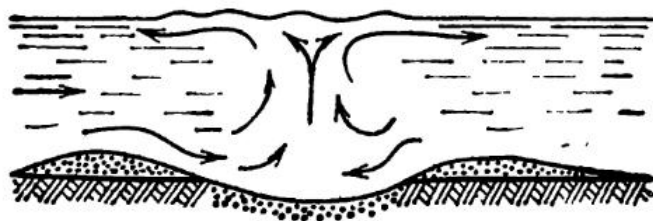


Рис. 26. Схема образования суводи

восполняющий отбрасываемую воду. Он размывает дно, захватывает продукты размыва, создавая воронкообразное углубление дна (рис. 26). При уменьшении скорости вода плавно обтекает выступ, образуя за ним тиховод.

У вогнутых берегов в крутых изгибах русла реки также образуются суводи. В отличие от суводей, расположенных за выступами берегов, здесь нисходящие токи воды спускаются в центре суводи ко дну и растекаются в стороны. Этот тип суводи с отчетливо выраженной воронкой на поверхности воды иногда называется *омутом*.

Суводи у вогнутых берегов образуются, когда нарушается условие плавного обтекания берегов излучины. Суводи могут существовать постоянно или возникать только в половодье. На больших реках создаются крупные суводи, имеющие сферу действия десятки метров и скорость вращения воды в центральной части — несколько метров в секунду. В некоторых бассейнах суводь имеет свое местное название, например на Енисее — *улово*, на Иртыше — *заводь*.

Суводи представляют серьезное затруднение для судоходства. Суда в них теряют управление, резко смещаются в сторону берега, при этом нередко рвутся канаты счалов и буксиры, ломаются рули и т. п.

Майданы — это беспорядочное вращательное движение воды в виде подвижных вихрей размером от нескольких сантиметров до нескольких метров в поперечнике. Майданы образуются над крупными подводными предметами при небольшой глубине над ними (рис. 27, а), а также во время половодья и паводка в тех местах, где идущий через пойму поток встречается под углом с другим потоком, идущим по меженному руслу (рис. 27, б). Кроме того, майданы возникают при интенсивных местных пере-

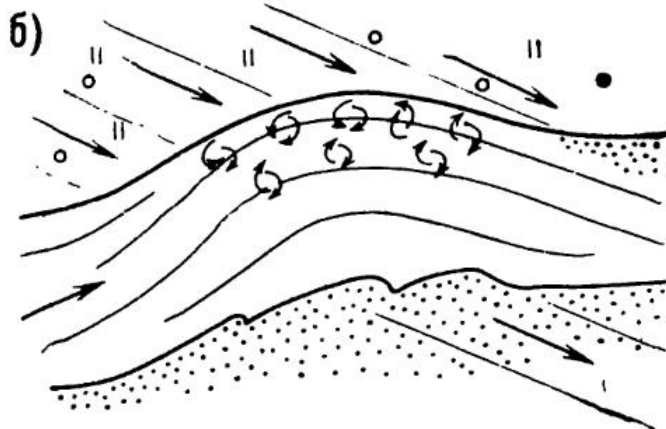


Рис. 27. Майдан над подводным препятствием (а) и при слиянии двух потоков (б)

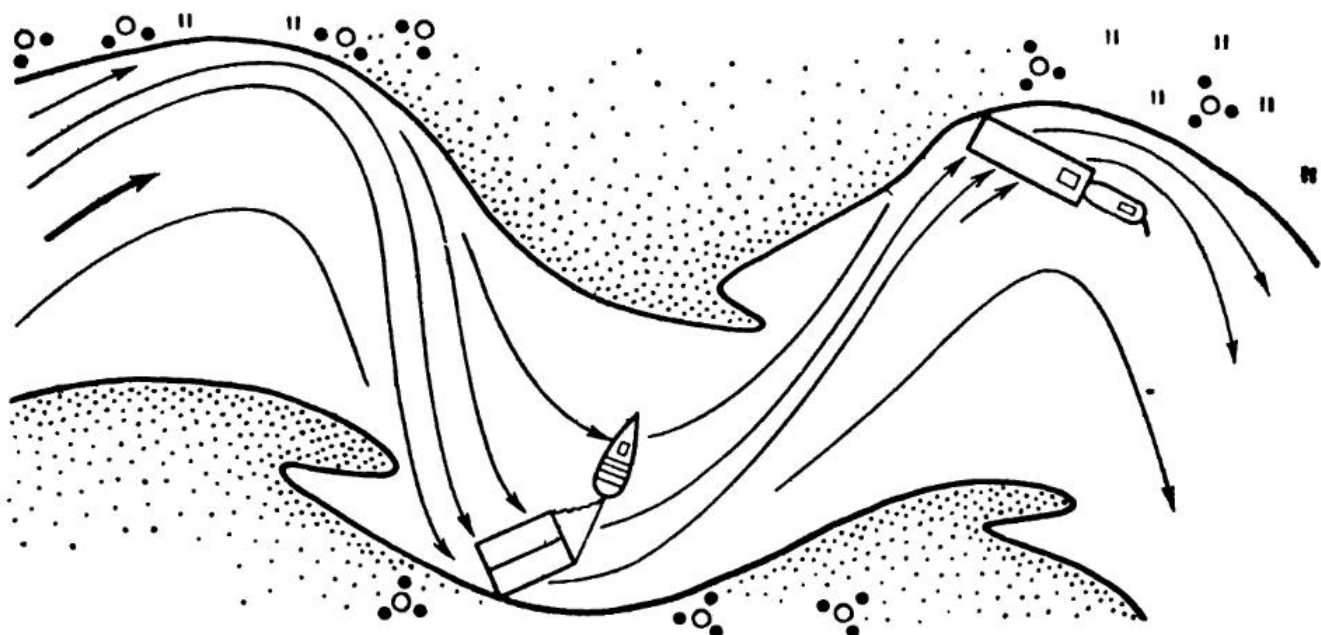


Рис. 28. Прижимное течение на изгибе русла

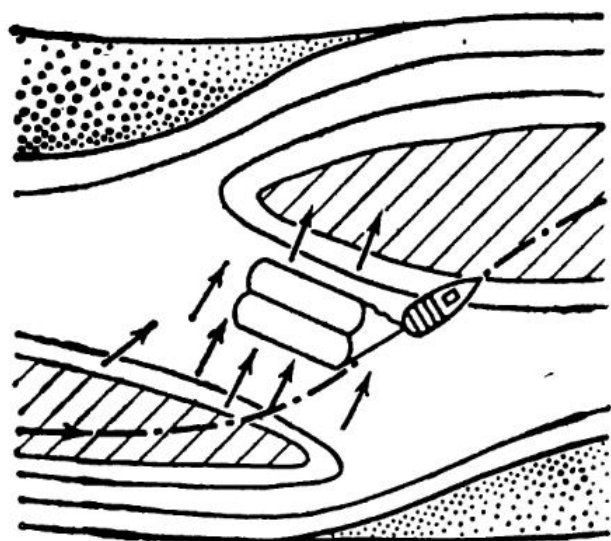


Рис. 29. Свальное течение на перекате

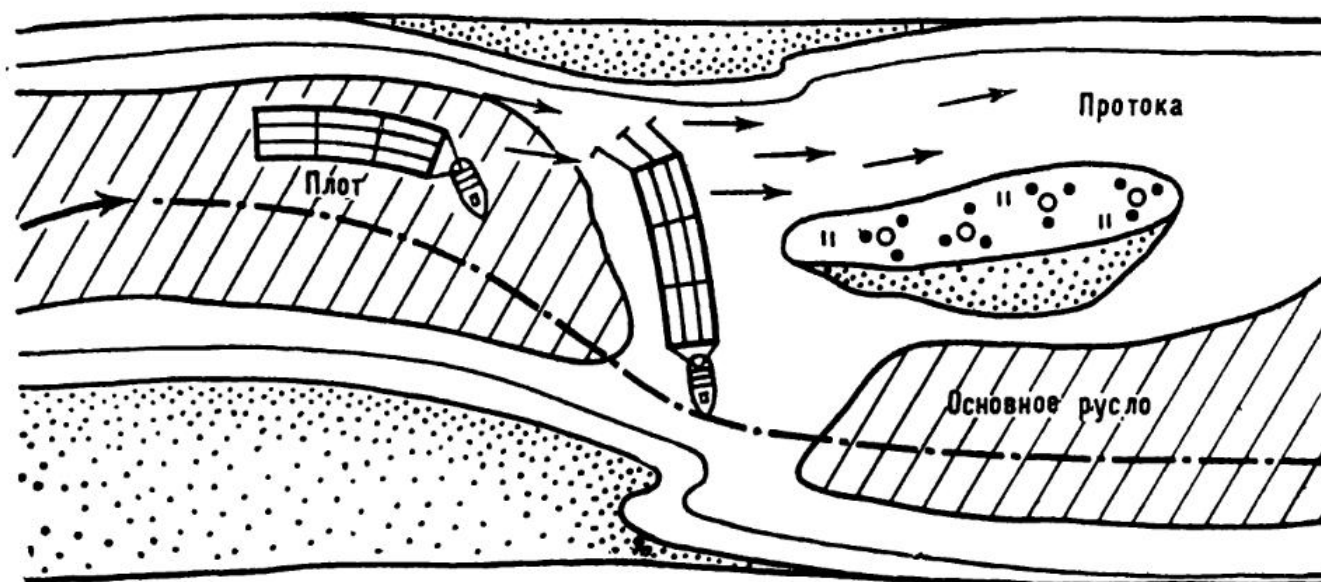


Рис. 30. Затяжное течение у протоки

формированиях русла и на перекатах, при резких изменениях формы дна и т. д. Майданы неблагоприятны для судоходства, так как вызывают рыскливость судов.

Спорные воды — это майданы, образующиеся у устьев притоков и при слиянии рукавов. Чем ближе угол встречи к прямому, тем сильнее развиваются вихри, которые в поперечнике достигают нескольких метров.

Прижимное течение создается у берега на участках реки, где слив воды направлен к берегу. Например, на закруглениях русла прижимное течение возникает у вогнутого берега, так как вода вследствие инерции стремится сохранить прежнее прямолинейное направление, но, встречая на своем пути препятствие в виде вогнутого берега, прижимается к нему (рис. 28). На участках с прижимным течением происходит раскат судов в сторону берега.

Свальные течения — это слив воды (рис. 29, стрелки), направленный под углом к судовому ходу (штрихпунктирная линия). Свальные течения возникают из-за разности в уровнях воды по ширине реки. На перекатах такие течения создаются в результате подпора потока седловиной переката, поэтому они направлены из верхней плесовой ложины в затонную емкость нижней плесовой ложины. Смещая суда с оси судового хода, свальные течения могут вызвать навал судов и плотов на отмели, опоры мостов и т. п.

Затяжные течения возникают у входов в протоки (рис. 30). Особенно сильны затяжные течения во время половодий, когда расход воды в протоках значительно возрастает. Затяжные течения могут вызвать навал судна на остров.

На характер течения влияют также мосты, дамбы, плотины, сооружения в русле и др.

§ 10. НАНОСНЫЕ И КАМЕНИСТЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ В РЕЧНОМ РУСЛЕ

Образование и виды наносов. Наносные и каменистые образования являются основными навигационными опасностями речных русел.

Наносы — это твердые частицы, образованные в результате эрозии водосборов и русел, а также берегов водоемов, переносимые водотоками, течениями в озерах, морях и водохранилищах и формирующие их ложе. Они попадают в реку с поверхности водосборного бассейна или в результате размыва русла. С поверхности водосборного бассейна частицы грунта выносятся при ветре или вместе с дождевыми и талыми водами.

Наносы могут быть двух видов: взвешенные и влекомые.

Взвешенные наносы — наносы, переносимые водным потоком во взвешенном состоянии.

Влекомые наносы — наносы, перемещаемые водным потоком в придонном слое и движущиеся путем скольжения, перекатывания или сальтации (сальтация — перебрасывание наносов на короткие расстояния в придонном слое водного потока).

Донные наносы — наносы, формирующие речное русло, пойму или ложе водоема и находящиеся во взаимодействии с водными массами.

Перемещение наносов. Во время движения частицы наносов постоянно переходят из влекомого состояния во взвешенное и обратно. Взвешенные наносы распределяются в живом сечении очень неравномерно, влекомые же — еще более неравномерно, часто они движутся по дну узкими полосами.

Перемещение наносов во взвешенном состоянии происходит таким образом. Содержание в потоке во взвешенном состоянии частиц наносов более тяжелых, чем вода, объясняется следующим. Частица наносов, попав в спокойную воду, будет падать равноускоренно. Сила сопротивления воды растет с увеличением скорости падения частицы, а масса частицы постоянна, поэтому с момента, когда движущая сила и сила сопротивления воды сравняются, частица будет падать равномерно. Например, скорость падения в воде даже глыб диаметром 1 м к концу третьей секунды становится равномерной. Мелкие же частицы практически сразу будут приобретать равномерную скорость падения.

Скорость равномерного падения твердых частиц в неподвижной воде называют *гидравлической крупностью*.

В турбулентном потоке, как известно, скорость движения частиц воды изменяется по значению и направлению. В каждой точке потока имеются мгновенные составляющие скорости, направленные вертикально вверх или вниз. Опыты установили, что вертикальная скорость в среднем составляет $1/12$ — $1/20$ горизонтальной.

Если частица наносов, содержащаяся в массе воды, падает равномерно и скорость опускания частицы меньше или равна вертикальной составляющей скорости потока, направленной вверх, то эта масса будет способна перемещать частицу во взвешенном состоянии. Если скорость опускания больше вертикальной составляющей скорости, то частица будет опускаться на дно. В процессе падения частица может опуститься до дна и смещаться с донными наносами, оставаясь здесь до тех пор, пока над ней вновь возникнет достаточно мощный вихрь, который опять увлечет ее в толщу потока. Поэтому распределение взве-

шенных наносов в потоке зависит от степени его турбулентности, которая растет при увеличении скорости течения. С увеличением скорости течения количество взвешенных наносов увеличивается и они распределяются по глубине потока более равномерно.

Перемещение наносов во влекомом состоянии можно представить себе так. Поток, обтекая отдельно лежащую частицу наносов, оказывает на нее гидравлическое давление F (рис. 31). Это давление может быть разложено на две составляющие: сдвигающую силу F_c , параллельную дну, и подъемную силу F_n , направленную вверх. Достаточно частице под действием подъемной силы немного приподняться одним краем, как в результате увеличения площади, на которую воздействует поток, подъемная сила резко возрастает.

Если подъемная сила меньше веса частицы в воде, то под действием сдвигающей силы частица будет перекатываться. Если подъемная сила больше веса частицы, то последняя оторвется от дна. У частицы в потоке, при условии ее полного обтекания водой, подъемная сила исчезает. Если частица не будет подхвачена восходящей струей, то упадет на дно, где опять возникнет подъемная сила, и т. д. Так возникают «скачки» частиц. Скольжение частиц по дну наблюдается редко. При скорости, меньшей 0,20—0,25 м/с, наносы обычно не двигаются. Движение частицы определенного диаметра зависит от глубины и скорости течения.

Закон Эри устанавливает зависимость веса P влекомой частицы от скорости течения v :

$$P = Av^6, \quad (3)$$

где A — коэффициент, зависящий от формы и материала твердой частицы;
 v — скорость, при которой частица начинает двигаться.

Закон Эри говорит о том, что вес влекомой частицы пропорционален шестой степени скорости, действующей на частицу,

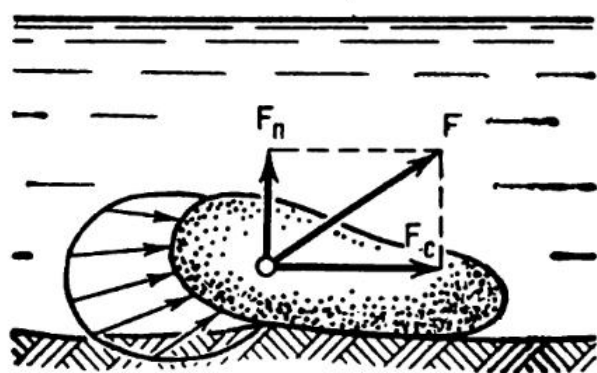


Рис. 31. Схема гидравлического давления на частицу наносов

т. е. если скорость увеличится вдвое, вес передвигаемой частицы — в 64 раза, если вчетверо — в 4096 раз и т. д. Из этого становится ясной причина переноса горными реками крупных камней.

Количество наносов в различные периоды года. Содержание взвешенных наносов в потоке оценивается *мутностью*

воды, которой считается весовое содержание взвешенных наносов в единице объема смеси воды с наносами.

Перемещение наносов в процессе поверхностного стока называют *стоком наносов*, а количество наносов, проносимое через живое сечение потока в единицу времени, — *расходом наносов*. Расход за год или месяц называется соответственно *годовым* или *месячным стоком наносов*.

Сток наносов больших рек измеряется миллионами тонн. Реки ежегодно выносят к устьям около 3 млрд. т наносов. Сток взвешенных наносов рек почти равен их общему твердому стоку, количество влекомых наносов составляет 1—5 % взвешенных. Это объясняется тем, что влекомые наносы совершают преимущественно небольшие перемещения — из одних участков русла в другие, а поэтому их доля в транзитном твердом стоке мала. В то же время объем влекомых наносов в пределах участков русла чрезвычайно велик. Большая часть стока наносов равнинных рек, составляющая 50—90 % годового, приходится на время весенних половодий и паводков.

Количество наносов в потоке определяют при помощи специальных приборов (*батометров*).

Виды наносных образований. К наносным образованиям в русле относятся песчаные гряды, заструги, косы, побочни, высыпки, закосы, шалыги, осередки.

Песчаные гряды — основной вид наносного образования в русле. Из-за гряд песчаное дно реки неровное, волнообразное. Наблюдения над песчаными грядами позволили установить наиболее вероятную причину их образования. При турбулентном движении потока в различных его местах скорости снижаются, в результате происходит беспорядочное отложение наносов, из которых под воздействием течения начинается формирование гряды. Гряды обычно имеют форму чешуек, складывающихся в параллельные ряды. У каждой гряды 1 (рис. 32, а) отлогий напорный 2 и крутой тыловой 4 скаты. На тыловых скатах 4 образуется вращательное движение воды 5.

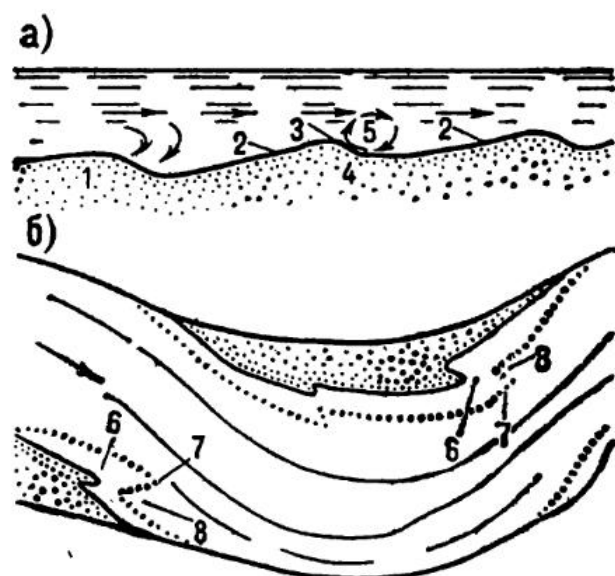


Рис. 32. Песчаные гряды в русле: а — продольный профиль русла; б — русло в плане

Наносы, влекомые течением, избегают на валик из наносов и, преодолевая гребень 3, вращательным движением воды подтягиваются к скату, наращивая его в высоту и придавая ему крутую форму. В результате этого через некоторое время образуется гряда, у которой верхний скат пологий, а нижний — крутой и короткий. Такими грядами вскоре покрывается все дно реки. Размер гряд зависит от формы русла, глубины и скорости течения. Высота их пропорциональна глубине потока. Поэтому гряды на плесах выше, чем на перекатах. При повышении уровня воды гряды становятся более высокими. При понижении уровня воды высота их уменьшается, однако значительно медленнее.

При большой скорости течения воды частицы, срываясь с гребня, переходят во взвешенное состояние. В этом случае рост гряды останавливается. При дальнейшем увеличении скорости течения гряды размываются и исчезают. Длина сформировавшейся гряды может соответствовать 10—20 глубинам потока и более. На реках с большой подвижностью влекомых наносов во время паводков наблюдаются гряды и большей длины — примерно до ста глубин русла, т. е. равной почти ширине русла.

Гряды двигаются вниз по течению. Это объясняется тем, что частица наносов лобового ската перемещается течением до гребня гряды и, перевалив его, попадает на ее тыловой скат, засыпается там следующими за ней частицами и остается в теле гряды, пока она не продвинется настолько, что частица вновь окажется на поверхности напорного ската. Такое перемещение последовательно совершают все частицы, слагающие гряду. Абсолютная скорость перемещения гряды обычно в сотни раз меньше скорости потока. Скорость перемещения крупных гряд на больших реках достигает нескольких метров в сутки. Скорость движения увеличивается с ростом скорости потока.

Заструги — это скопление наносов в русле реки в форме крупных гряд, примыкающих к песчаному берегу. На рис. 32, б схематично показаны заструги в плане. У заструги 6 ее конец 7 называют *ухвостьем*, а понижение дна 8 между застругами — *подзастружной ямой*.

Размеры заструг зависят от формы русла, глубины и скорости течения. Иногда крупные заструги тянутся до противоположного берега. Высота заструг на больших реках достигает 1—2 м. Закономерности роста и перемещения заструг такие же, как у гряд. Над застругами обычно неровное течение, вызывающее рыскливость судов. При больших скоростях течения заструги размываются. Поэтому заструги, тянущиеся от песков, доходя до приглубого берега, где обычно большая скорость течения, срезаются.

Косы — представляют собой песчаные невысокие отмели, вдающиеся в русло длинным клином 3 (рис. 33). На реках косы примыкают обычно к выпуклым песчаным берегам.

Косы образуются из крупных заструг в результате их постепенного роста. В меженный период у яров скорости течения больше, поэтому ухвостья заструг песка перемещаются быстрее своих оснований. В результате застрugi все больше вытягиваются и перемещаются вниз по течению. Конечные заструги песка в соответствии с направлением потока, вытягиваясь в русло в виде клина, создают начало косы. Постепенно укрепляясь, коса увеличивает-ся в размерах. При дальнейшем росте косы ее ухвостье 2 может соединиться с берегом. За год коса может переместиться на несколько сот метров.

Затониной 1 (см. рис. 33) называется залив между берегом и ухвостом косы.

Закоском называется небольшая подводная песчаная коса.

Заманиха — это большая подводная застрада с крутым тыловым скатом, вдающаяся далеко в русло.

Побочень — это гребневая часть крупной гряды, пересекающей русло, обычно затопляемая в половодье и обсыхающая в межень.

В меженное время поток, размывающий яр 1 (рис. 34), иногда встречает твердую породу 2 и отклоняется к противоположному берегу. Ниже твердой породы образуется тиховод, где откладываются наносы и формируется побочень 3. Отклонение основного течения от размываемого берега может происходить и по другим причинам (ветер, наличие затопленного предмета или судна, переформирование русла, несовпадение пойменного и руслового потоков и т. д.).

Высыпка 2 (рис. 35) — это отложения из крупных наносов в местах впадения в реку небольших притоков или выходов оврагов 1. Ниже высыпки в области тихого течения может образоваться побочень 3.

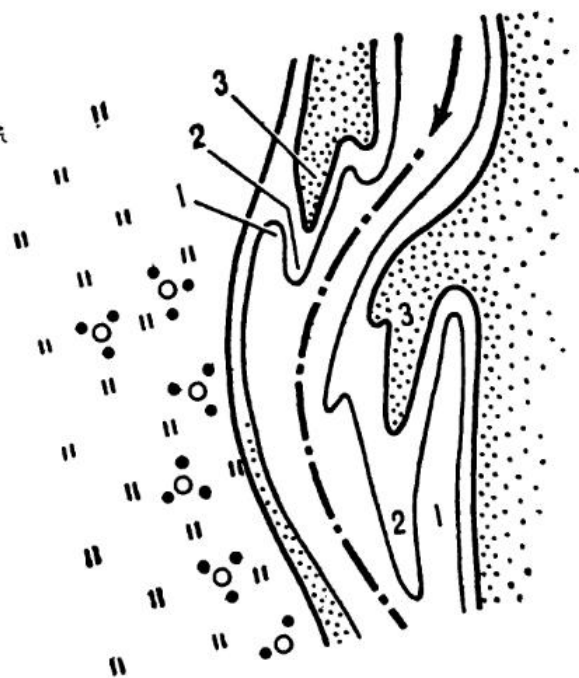


Рис. 33. Косы в речном русле

Шалыгой 1 (рис. 36) называется отдельно лежащая подводная отмель, образовавшаяся на судовом ходу или перекате. Шалыги возникают в результате местных русловых переформирований на перекатах с легкоподвижными наносами, а также за судами 2, вставшими на мель 3 на перекате, или за затонувшими крупными предметами (за ними образуется затишье, благодаря которому откладываются наносы). После снятия судна с места или подъема предмета в русле остается бугор — шалыга, которая затем размывается. Иногда шалыги вызывают искривление судового хода.

Осередки — скопление наносов в русле реки в виде невысоких, обычно лишенных растительности, затопленных или частично обнаженных подвижных островов или отмелей, не примыкающих к берегу. Осередки сужают и искривляют судовый ход и уменьшают глубины. Возникают они в тиховодах, например за горным рынком, из песчаной косы, при слиянии двух рек. Осередки также образуются над препятствием в русле, из шалыг и крупных гряд.

Во время половодья стрежневое течение, проходя мимо горного рынка, с большой скоростью отходит к противоположному берегу (рис. 37, а). За рынком образуется затишье, где откладываются наносы. При спаде воды и снижении скорости течения часть воды, обтекая горный рынок, формирует из наносов осередок. В период половодья, а чаще при заторах, вода, устремляясь через низкую косу, отделяет ее от берега, образуя осередок (рис. 37, б). Такой осередок обычно неустойчив. В дальнейшем он может соединиться опять с косой или сместиться вниз по течению.

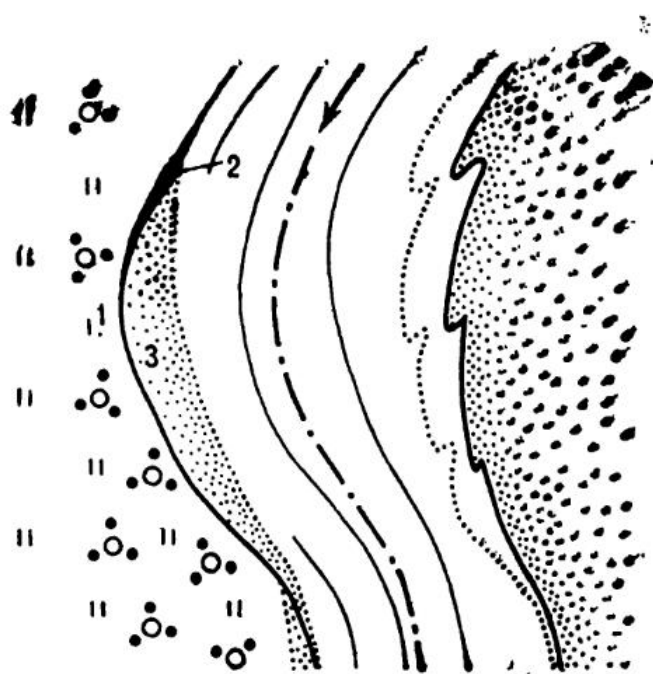
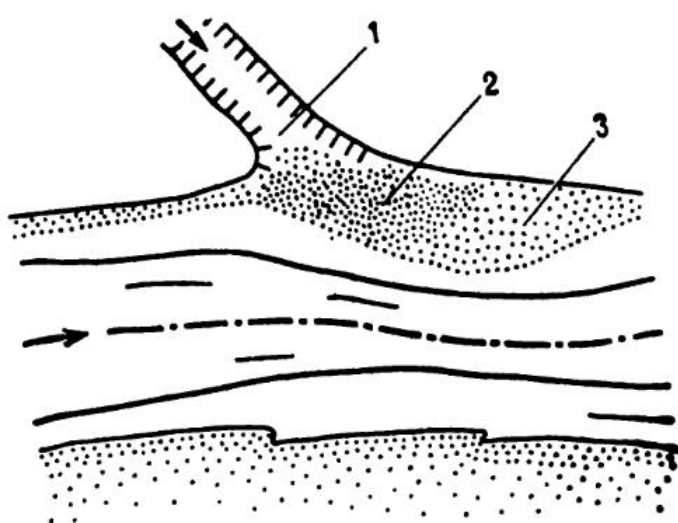


Рис. 34. Отложение наносов в виде побочня у яра

Рис. 35. Высыпка у устья притока



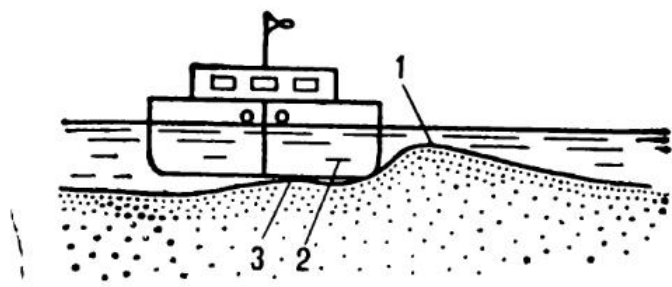


Рис. 36. Шалыга за вставшим на мель судном

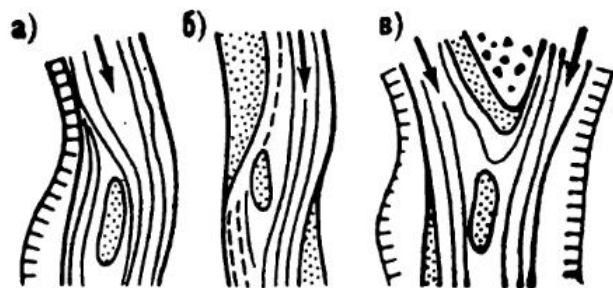


Рис. 37. Осередки в речном русле

При слиянии двух рек вскрывшаяся ранее оттесняет своим течением воды другой реки и у своего берега откладывает наносы (рис. 37, в). Река, вскрывшаяся позднее, в свою очередь отклоняет течение первой реки и, разрабатывая наносы, формирует осередок. В межень при слиянии рек создается майдан, ниже которого располагается сформированный весной осередок. Песчаные гряды, формирующиеся и сползающие в периоды половодья, в межень приостанавливают движение, обсыхают и создают осередок.

Острова образуются в результате разрастания осередков или отторжения участков поймы при спрямлении русла. Верхнюю часть острова или осередка называют *приверхом*, нижнюю — *ухвостьем*. Вследствие подпора и скопления наносов приверх может иметь форму косы. Ухвостье обычно представляет собой косу, возникшую в зоне пониженных скоростей потока при обтекании им нижней части острова.

При разделении русла островом образуются два *рукава* — это хорошо сформировавшиеся ответвления русла реки со свойственными речному руслу особенностями морфологического строения.

Если рукав реки проходит по пойме в стороне от основного русла, то он будет *протокой* — водотоком, отчленяющим отдельный морфологический элемент сложного речного русла или соединяющим два водных объекта и не образующим типичных, свойственных речному руслу комплексов русловых образований.

Острова изменяют свою форму под действием течения, особенно во время половодий и заторов. Бывает, что они размываются и исчезают, а иногда укрепляются и растут.

Глинистые и каменные образования в русле. К глинистым и каменным образованиям в русле относятся печины, гряды, лещади, огрудки, опечки, одинцы, пороги.

Печиной называется выступ берега или небольшой подводный осередок из плотной глины. Печины образуются при размы-

ве берегов, когда речной поток, встретив глинистую породу, разрушает вокруг нее рыхлый берег. Если слой глины ограниченных размеров, то в дальнейшем печина может оказаться в отдалении от подмываемого берега и превратиться в печинистый осередок. Печины, находящиеся на судовом ходу, представляют опасность для судов.

Гряда (шивера) — большое скопление камней в русле. Грядой также называют каменистую косу. Течение на грядах неровное и быстрое. Судовой ход обычно узкий и извилистый.

Огрудки — небольшое обособленное скопление камней, чаще всего около берега. Иногда огрудками называют небольшие каменистые осередки.

Опечки — небольшие подводные галечные бугры на дне реки.

Одинцы — камни больших размеров, лежащие отдельно в русле. Их переносит весенний ледоход, донный лед, они попадают в русло при подмыве берегов и т. д.

Лещадь (дресва) — большая подводная береговая галечная отмель, вытянувшаяся вдоль русла.

Порогом называется каменистый участок реки с большим уклоном. Течение на порогах быстрое и неровное, скорость иногда достигает 18 км/ч. Судовой ход обычно извилист и стеснен камнями. Пороги образовались в местах пересечения рекой скалистых мест (Верхний Енисей) или мест с нагромождением обломков горных пород, оставшихся от ледникового периода (Нева, Западная Двина и др.). Пороги — наиболее трудные и опасные для движения судов участки. Иногда пороги совершенно непроходимы и разделяют реку на два самостоятельных участка.

§ 11. ИЗВИЛИСТОСТЬ РЕЧНЫХ РУСЛ

Виды извилистости. Реки имеют извилистую форму, прямолинейные участки большой протяженности встречаются редко. Извилины русла образуются вследствие разных скоростей речного потока, неоднородности грунта дна и берегов и бокового размыва русла.

Излучина — участок извилистого русла между двумя смежными точками перегиба его осевой линии. Вогнутый берег излучины — *яр* — имеет два плеча: *верхнее* и *нижнее*. Плечи, определяя начало и конец яра, совпадают с началом и концом его размыва, а также с устойчивыми наибольшими глубинами, где преимущественно проходит судовый ход. Излучины бывают пологими, крутыми, длинными и короткими. В судоводительской

практике некоторые излучины в зависимости от их величины и положения называют лукой и коленом.

Лука — это длинная и крутая излучина русла вместе с долиной; расстояние между началом и концом излучины очень мало по сравнению с длиной.

Колено — это короткий и крутой изгиб русла в пределах долины.

Коэффициент извилистости — это оценка степени извилистости рек. Он равен отношению длины L участка реки между данными пунктами к длине l по прямой между этими же пунктами, т. е.

$$K = L/l. \quad (4)$$

Чем больше коэффициент извилистости, тем больше извилистость, и наоборот. Малые реки более извилисты, чем крупные. Коэффициент извилистости больших рек $K = 1,5 \div 3,0$.

Режим излучин. Извилистость русла меняется как на протяжении многих лет, так и в пределах одного года; процесс образования извилин продолжается непрерывно.

Меандрирование — закономерные плановые деформации речных излучин, возникающие в результате взаимодействия русла с речным потоком.

Извилистость рек в скальных грунтах зависит от характера залегания и прочности пород.

Как известно, на криволинейных участках русла возникают поперечные течения, направленные у поверхности под углом к вогнутому берегу, а у дна — в сторону выпуклого. Поверхностные струи содержат незначительное количество наносов и имеют повышенную способность к захвату частиц грунта. Дойдя до берега, поверхностные струи поворачивают вниз и размывают его и дно. Донные поперечные течения захватывают продукты размыва и переносят их к выпуклому берегу, где из-за небольшой продольной скорости потока происходит отложение наносов. Этот процесс приводит к тому, что глубины у вогнутого берега наибольшие, а у выпуклого — наименьшие. Чем больше кривизна русла, тем больше центробежная сила и скорость поперечного течения и, следовательно, больше размыв вогнутого берега.

Распределение течений у левого берега имеет такую же закономерность, как и у правого. Следовательно, на идущих друг за другом излучинах в шахматном порядке чередуются зоны ускорения и замедления течения, отложения наносов и размыва берегов и дна.

Речной поток, имея наибольшие скорости течения у вогнутых берегов, подмывает их и увеличивает тем самым протяженность и кривизну излучин (рис. 38, а). Этому способствует и то, что продукты откладываются у выпуклых берегов. Наибольшему размыву излучина подвергается несколько ниже середины вогнутости. Поэтому наряду с увеличением длины излучины происходит постепенное ее перемещение по направлению течения реки (рис. 38, б). Через десятилетия на месте вогнутого берега будет выпуклый и наоборот.

Рост излучины приводит к увеличению длины реки между определенными пунктами. В то же время падение уровня между этими пунктами остается прежним. В связи с этим уклон русла и скорость течения уменьшаются. Уменьшение скорости может достичь такого предела, когда поток не в состоянии будет размывать берега, и рост излучины прекратится. Кроме этого, рост излучины прекращается при уменьшении уклонов в связи с устройством плотин гидроузлов, при укреплении берегов, приближении излучин к берегам долины и т. д.

Образование прорв и стариц. Во время половодья вода может размывать узкий перешеек в основании излучины и создать *прорву* (*промоину*), которая начинает усиленно развиваться, превращаясь в новое русло. Образование прорвы вызывает изменение в условиях судоходства. Вначале в прорве наблюдаются большие течения, которые препятствуют движению судов.

Глубины в излучине постепенно уменьшаются, а ниже прорвы откладывается большое количество наносов, выносимых из прорвы. Выше прорвы возникают свальные течения, неблагоприятные для судоходства. В необходимых случаях начало и конец излучины соединяют искусственным путем. При развитии прорвы быстрее начинает мелеть верхняя часть старого русла, а в нижней обычно значительное время сохраняется достаточная глубина, поэтому в нужных случаях ее используют для



Рис. 38. Режим излучин речного русла

затона — места зимней стоянки судов (рис. 38, в). Иногда начало и конец излучины заносит, и она превращается в изогнутое озеро — старицу.

Старица — это водоем в пойме реки, удлиненный в плане, постепенно заиливающийся, возникший в результате отчленения участка речного русла при спрямлении излучины путем прорыва перешейка петли или разработки спрямляющей протоки. Со временем старица мелеет, зарастает камышом и кустарником, превращается в болото или полностью исчезает.

§ 12. ПЕРЕКАТЫ

Образование перекатов. Перекаты являются основным препятствием для движения судов на реках. Перекаты — это скопление наносов, отложенных по всей ширине русла. Они вызывают местное уменьшение глубины, а в период низких уровней — подпор воды на вышележащем участке — плесе.

У рек со слабоустойчивым руслом разделение на перекатные и плесовые участки выражено плохо. На плесовых участках перекаты бывают редко, чаще встречаются *перевалы*. Перевал, располагаясь на переходе судового хода от одного вогнутого берега к другому, имеет такую же форму, как и перекат, но глубина его значительно больше. Особых затруднений для судоходства он не представляет.

Установление закономерности образования перекатов — наиболее сложная задача речной гидрологии. Основная причина образования перекатов — отложение в русле большого количества наносов. Это отложение происходит из-за перегруженности ими потока, уменьшения скорости течения и подпоров потока, затухания внутренних поперечных течений. Из отложившихся наносов формируется перекат.

Перекат может образоваться перед крутым поворотом русла, когда повышенное сопротивление движению воды создает подпор потока, а также при появлении в русле случайных подводных препятствий, оползней и заторов. Чаще всего перекаты находятся в местах перехода потока из одной извилины в другую. На таких участках поперечные течения одного направления затухают и зарождаются течения другого направления, поэтому здесь по всей ширине русла откладываются наносы.

Элементы перекатов. Основные элементы переката следующие (рис. 39, а, б):

верхний и нижний побочни (косы) — соответственно 9 и 1 (рис. 39, а);

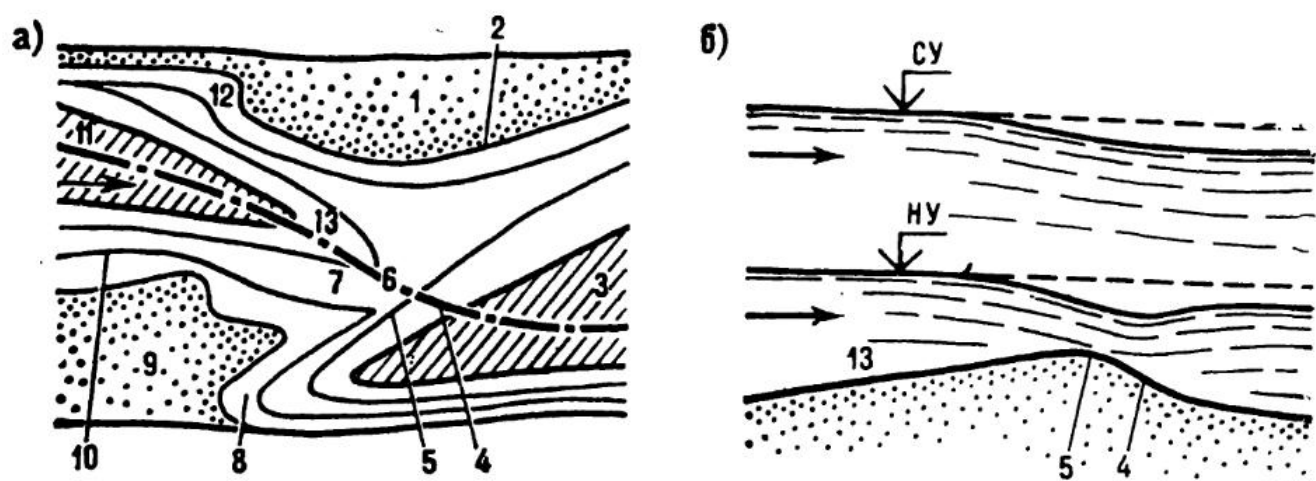


Рис. 39. Элементы перекатов:

а — план переката; б — профиль поверхности воды на перекате при низком НУ и среднем СУ уровнях воды

верхняя и нижняя плесовые лощины — соответственно 3 и 11;
седловина 7 — вал из наносов, соединяющий верхнюю и нижнюю косы;

корыто 6 — наиболее глубокая часть седловины, где обычно проходит судовой ход;

напорный (верхний) скат 13 — верховая пологая часть седловины;

подвалье (тыловой, или нижний, скат) 4 — низовая часть седловины, более крутая, чем напорный скат;

гребень 5 — верхняя кромка подвалья, имеющая наименьшую глубину;

затонная часть 8 — верхняя часть нижней плесовой лощины, находящаяся за ухвостом верхней косы (перекаты могут не иметь затонной части; в этом случае плесовые лощины не заходят одна за другую);

выбоина 12 — разработанное потоком углубление в верхней части нижней косы, направленное своим устьем против течения (нередко из выбоины вдоль корневой части побочня у берега образуется проток воды, называемый побочным протоком).

В отличие от перекатов *перевалы* имеют напорный скат, очень плавно переходящий в отлогое подвалье без резко выраженного гребня.

На планах перекатов глубины изображают при помощи *изобат* — линий равных глубин 10. Цифра на изобате показывает глубину от *проектного уровня*, при котором пересечение поверхности воды с берегами образует линию уреза 2, обозначающую конфигурацию русла реки.

Скорости и направления течений воды на перекатах. В межженный период живое сечение на перекатах меньше, чем на

плесах, а следовательно, больше уклоны поверхности воды и скорости течения. От верхней плесовой ложины к гребню переката скорость течения увеличивается, причем к подвалю она достигает наибольшей величины, а за подвалем в результате увеличения глубины русла значительно понижается. Такая разница в скоростях течения отрицательно сказывается на судоходстве, затрудняя проход судов через перекат. Во время половодий и паводков распределение скоростей меняется. На перекатах скорости становятся меньше, а на плесах — больше. Это объясняется тем, что перекааты находятся на расширенных участках русла и при половодье живое сечение перекаатных участков больше, чем плесовых.

Направления течений на перекаате определяются его индивидуальными особенностями и положением уровня, они различны в весенний и меженный периоды. В половодье направление течения как на перекатах, так и на плесах параллельно берегам долины. В этот период перекааты не влияют на направление течений. В меженный период направление течения на перекаате зависит от его типа, формы, вида подвала, очертаний русла и др.

Режим перекаатов. Состояние переката зависит от различных причин и может изменяться в течение года или за многолетний период.

При повышении уровня воды во время половодья на перекатах в большом количестве откладываются наносы. Намыв перекаатов начинается в середине подъема уровня воды. Наибольшей высоты они достигают в то время, когда начинается спад воды. Высота намыва на судоходных реках достигает 3 м. Нарастают перекааты тем больше, чем выше уровень весеннего половодья и чем оно продолжительнее. Ежегодные намывы увеличивают высоту перекаатов и требуют повторения работ по улучшению их судоходного состояния.

При убыли воды намыв на перекаате слой наносов начинает смываться. Со снижением уровня и увеличением уклона речной поток, стесненный косами, прорезает корыто на седловине переката. При быстром понижении уровня река не успевает размыть наносы, поэтому к межени состояние переката значительно ухудшается и движение судов по нему становится затруднительным. При медленной убыли воды наносы размываются продолжительное время, и к межени может восстановиться прежняя форма переката. На реках с очень неустойчивым руслом во время половодья на перекатах остается большой слой наносов, поток не успевает разработать его даже в течение всей межени.

В период меженных паводков уклон на перекаате убывает и корыто переката пополняется наносами из продуктов размыва

дна верхнего плеса. Некоторые перекаты, наоборот, размываются во время паводков. Это наблюдается в тех случаях, когда совпадают паводковый и меженный потоки. Обмеление перекатов может происходить и в межень при переформировании русла.

У перекатов, расположенных в зоне переменного подпора — на устьевых участках рек, особый режим. При слиянии рек режим перекатов усложнен взаимодействием обоих потоков. Наибольшее влияние на режим оказывают соотношения уровней воды, сроки прохождения половодья, крупность наносов, характер ледохода и т. п.

Перекаты постоянно передвигаются вниз по течению — примерно так же, как застрugi. Движение перекатов имеет различную скорость и зависит от расходов и уклонов поверхности воды, крупности частиц грунта и т. д. В среднем течении крупных равнинных рек сдвиг перекатов может достигать 100 м в год.

Прилегающие к перекатам плесы оказывают большое влияние на их режим. При низких уровнях на плесах откладываются транзитные наносы. Чем глубже и больше выше расположенный плес, тем более устойчива глубина в межень на перекате. Уровень воды нижней плесовой ложины влияет на величину уклона на перекате. Если на нижнем плесе происходит снижение уровня, то уклон водной поверхности на перекате увеличивается.

На состоянии перекатов сильно сказывается *поступление твердого стока* в русло и его состав. Наносы, образующиеся от размыва берегов, от оползней и песчаных отложений, а также поступающие из притоков, ухудшают состояние перекатов.

В *зимний период* при ледоставе, ледоходах и заторах происходят изменения в направлении и скорости течений, что приводит к размыву берегов, дна, кос, перекатов и к образованию новых перекатов.

За многолетний период может произойти перемещение перекатов, полное их уничтожение, значительное переформирование или возникновение новых. Постоянные изменения состояния перекатов требуют ежегодного повторения дноуглубительных работ по улучшению их судоходного состояния. В результате интенсивного дноуглубления перекаты вырождаются в подводные каналы. Так, в результате интенсивного дноуглубления на Верхней Лене гребни перекатов удлинились, а некоторые плесовые ложины из-за понижения проектного уровня воды обмелели и почти слились по дну с гребнями перекатов. В результате русло Лены на участке от Усть-Кута до Киренска превратилось в своеобразный канал с предельной судоходной глубиной.

Каменистые перекаты. Встречаются на реках, протекающих в районах горных областей или моренных отложений (Верхний Иртыш, Енисей, Лена, Алдан, Зeya и др.). Каменистые перекаты, имея только общие черты с обычными перекатами, отличаются от них устойчивостью положения за счет каменистых гряд, россыпи отдельных камней или крупных галечных отложений. На каменистых отложениях происходит формирование песчаных наносов в виде кос, побочней, осередков. Такие перекаты обычно очень устойчивы и редко подвергаются сезонным изменениям при подъемах и спадах воды. Каменистые перекаты затруднительны для судоходства из-за малых глубин, узкого и извилистого судового хода, больших скоростей потока и неправильных течений.

§ 13. СУДОХОДНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРЕКАТОВ

Для управления судном, изучения специальной лоции и обеспечения безопасности плавания особое значение приобретает разделение перекатов по судоходному признаку и по степени трудности проводки через них судов и плотов. На трудность проводки судов и составов через перекаты влияют следующие факторы: тип переката, вид подвалья, ширина и глубина судового хода, форма судового хода в плане и его радиусы изгиба, место расположения переката и условия видимости, положение уровня воды, особенности течения (направление и скорость свальных течений, наличие суводей и майданов и др.), сложность входа на перекат и выхода с него со стороны плесовых лощин и т. д.

Рассмотрим классификацию перекатов (по Д. К. Земляновскому), используемую в судовождении.

А. Типы перекатов. Перекаты могут быть отнесены к одному из четырех типов.

І. Перекат без затонной части (рис. 40, а) обычно находится на пологих изгибах или прямых участках неширокого русла. Плесовые лощины переката не заходят одна за другую, поэтому затонной части он не имеет. Перекат устойчивый, долго сохраняет свою форму и расположение в русле. Судовой ход и корыто на нем плавно переваливают от одного берега к другому. Ровное течение на перекате совпадает с направлением корыта, а свальное обычно отсутствует. В большинстве случаев такой перекат без затонной части не вызывает затруднений для движения судов.

II. *Пережат с затонной частью* (рис. 40, б). Плесовые лощины пережата заходят одна за другую, поэтому он имеет затонную часть. Кoryто расположено под большим углом к направлению русла, судовой ход круто переваливает от одного берега к другому. Пережат неустойчивый. При низком уровне воды иногда происходит промыв кoryта почти поперек русла. При дальнейших переформированиях пережата кoryто может получить еще большее искривление, принять вид буквы S. Часть водного потока сливается на пережате по кратчайшему пути — из верхней плесовой лощины в нижнюю, в связи с чем свал воды направлен к затонной части. При низком уровне воды на пережате создается сильное свальное течение, направленное к нижней косе. Пережат данного типа (особенно с развитой затонной частью) из-за узкого судового хода с крутым перевалом, небольшой глубины и сильного свального течения затруднителен для движения судов.

III. *Пережат-россыпь* (рис. 40, в) возникает на расширенных участках русла. В результате избыточной ширины поток здесь не может транспортировать наносы, формировать косы и плесовые лощины, поэтому русло заполняется беспорядочными мощными отложениями (заструги, осередки, шалыги), из которых формируется пережат. Пережат-россыпь не имеет определенной формы. Под воздействием течения (особенно при резких колебаниях уровня) песчаные отложения, непрерывно перемещаясь, изменяют форму пережата. Кoryто не имеет ясно выраженного углубления и формы. Судовой ход извилистый и мелкий. Пережат очень неустойчивый, судовод в период межени может

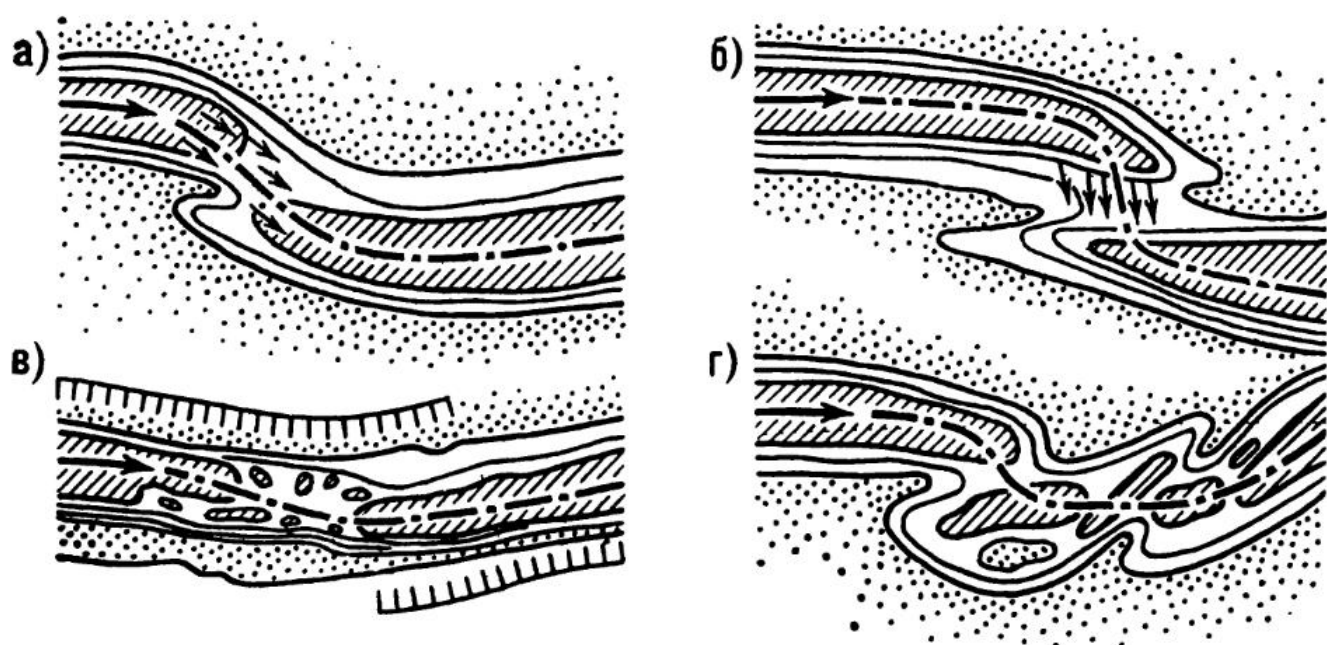


Рис. 40. Типы пережатов

сменить свое положение несколько раз. Течение на перекатах-россыпях беспорядочное и неровное. Небольшие глубины, неопределенный судовой ход, неровные течения создают большие трудности для движения судов через перекаты этого типа.

IV. Групповой перекат (рис. 40, г) представляет собой участок русла, на котором вблизи друг от друга находятся несколько перекатов различного типа. Косы у группового переката расположены так, что нижняя коса верхнего переката является верхней косой нижнего переката. Перекаты разделяются небольшими плесовыми лощинами. Иногда такая лощина настолько мала, что создается как бы двойное подвалье одного переката. Протяженность группового переката может достигать нескольких десятков километров.

Судовой ход на групповых перекатах извилистый, иногда несколько раз переваливает от одного берега к другому. Групповые перекаты обычно неустойчивы, режимы их взаимосвязаны, размыв одного переката может явиться причиной обмеления другого, и наоборот. На перекате часто создаются свальные и затяжные течения. Узкий и извилистый судовой ход, свальные и затяжные течения превращают групповой перекат в участок, трудный для плавания.

Б. Виды подвальев. Подвалье — наиболее трудное место при проводке судов через перекат. Все подвалья можно разделить на три вида, причем каждый рассмотренный тип перекатов может иметь любой вид подвалья.

1. *Ровное* (рис. 41, а) подвалье образовано ровным тыловым скатом седловины переката, расположенным по нормали к оси корыта. Течение на подвалье ровное, совпадает с осью корыта. В некоторых случаях две крупные заструги верхней и нижней косы, сближаясь к середине корыта, создают ровное подвалье со значительным понижением гребня. Косы и заструги таких подвалий направляют воду к середине корыта, создавая сосредоточенное течение. Ровное подвалье не представляет большой трудности для движения судов.

2. *Выпуклое* (рис. 41, б) подвалье имеет в плане и поперечном разрезе выпуклую форму. Оно создается при большом перемещении наносов через седловину переката, очень неустойчиво и не имеет глубокого корыта. Течение на подвалье веерообразное, слабое, иногда с двусторонним сливом воды по обе стороны выпуклости. В большинстве случаев у верхней косы течение слабее, а более сильное направлено к нижней косе.

Для судоходства подвалье неблагоприятно.

3. *Неровное (искривленное или неопределенной формы)* подвалье (рис. 41, в), создается двумя застругами или ухвостьями

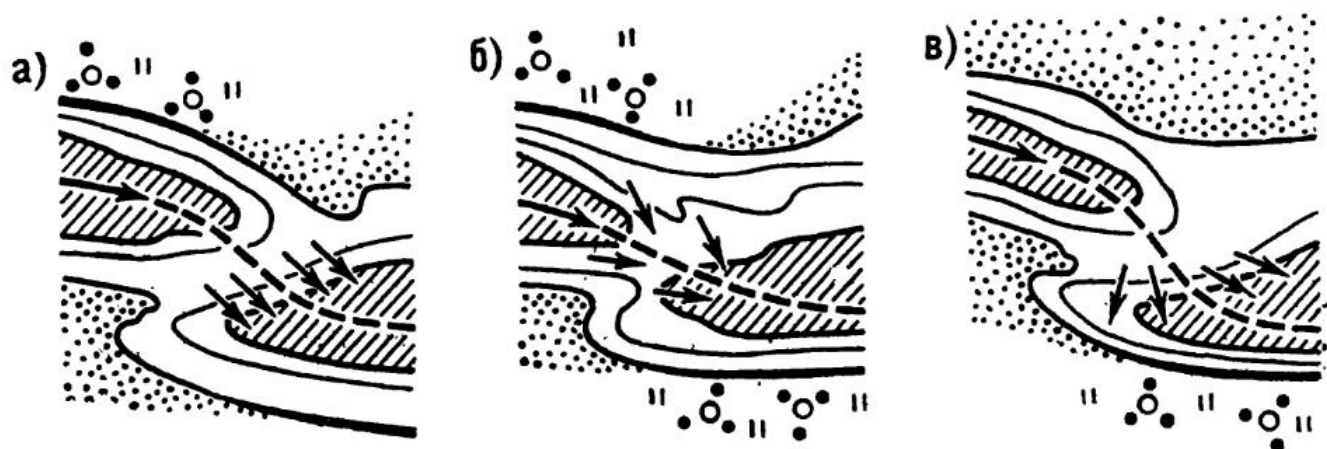


Рис. 41. Виды подвальев

кос, которые заходят друг за друга. Такое подвалье очень неустойчиво, течение на нем неровное. Возле каждой косы создается различное направление слива воды. При большой подвижности наносов образуется подвалье неопределенной формы. Такое подвалье очень искривлено или не имеет ясно выраженного очертания; оно также очень неустойчиво, поэтому для судоходства неровные подвалы наиболее неблагоприятны.

На некоторых участках рек ведется интенсивное землечерпание. В результате плесовые лощины соединены сплошным подводным каналом-прорезью, поэтому перекаты не имеют четкого подвала. В судоходном отношении такое подвалье по сравнению с предыдущими видами более благоприятно.

В. Группировка перекатов по трудности судовождения. Условия судоходства в основном зависят от типа переката и вида его подвала, а также от размеров и осадки состава, направления движения судна и ряда других факторов. Для судов малого и большого водоизмещения, толкаемых составов, буксируемых судов или плотов трудность плавания через перекат неодинакова. Если, например, для плота существенное значение имеют ширина судового хода и направление слива воды, то для крупного судна — глубина переката. Очень важно положение уровня воды. Обычно при высоком уровне условия плавания более благоприятны, чем при низком.

По степени трудности для судовождения перекаты можно разделить на две группы в зависимости от типа переката, вида его подвала и ряда других факторов.

1. Незатруднительные перекаты — в основном перекаты без развитой затонной части, которые имеют ровное подвалье, прямой судовой ход с достаточной для больших судов глубиной и шириной. На таких перекатах течение ровное, без майданов и суводей, а свальные и затяжные течения незначительны. Вход

на такой перекаат и выход с него удобны. Расхождение и обгон на незатруднительном перекаате возможны только для маломерных судов, при этом должны быть приняты меры, полностью обеспечивающие безопасность плавания.

II. *Затруднительные* перекааты — перекааты с развитой затонной частью, перекааты-россыпи и групповые перекааты. Затруднительный перекаат обычно имеет небольшую глубину и ширину судового хода, извилистое корыто, свальные или затяжные течения. Расхождение и обгон на таких перекаатах для судов любых водоизмещений запрещены.

Контрольные вопросы

1. Перечислите части речной долины и русла и дайте им определения.
2. Дайте характеристику фазам водного режима рек.
3. Какие причины вызывают колебания уровней воды в реках?
4. Почему в руслах рек создаются поперечные уклоны?
5. Как на судне можно измерить скорость течения?
6. Назовите неправильные течения в руслах рек и объясните, почему они возникают.
7. Какие имеются виды наносных образований в руслах рек и почему они возникают?
8. Назовите галечные и каменистые образования в руслах рек.
9. Какие виды изгибов русл рек бывают?
10. Какие бывают типы перекаатов и виды их подвальев?

ШЛЮЗОВАННЫЕ УЧАСТКИ РЕК И КАНАЛЫ

§ 14. СУЩНОСТЬ ШЛЮЗОВАНИЯ, СОСТАВ ГИДРОУЗЛОВ

Шлюзование рек — это способ увеличения глубин водных путей посредством образования подпертых плотинами бьефов и соединения их шлюзами.

Плотина — водоподпорное сооружение, перегораживающее водоток и его долину для подъема уровня воды.

Бьеф — часть водотока, примыкающая к водоподпорному сооружению. Верхний бьеф — это бьеф с верховой стороны водоподпорного сооружения, а нижний бьеф — с низовой стороны его.

Подпор — подъем уровня воды, возникающий вследствие преграждения или стеснения русла водотока.

Для пропуска судов из одного бьефа в другой устраивают судоходный шлюз. В результате устройства ряда гидроузлов продольный профиль поверхности воды приобретает ступенчатый вид (рис. 42). При комплексном использовании рек, кроме плотин и шлюзов, строят гидроэлектростанции.

Шлюзование, используемое только для судоходных целей, называется *транспортным*. Оно применяется на небольших ре-

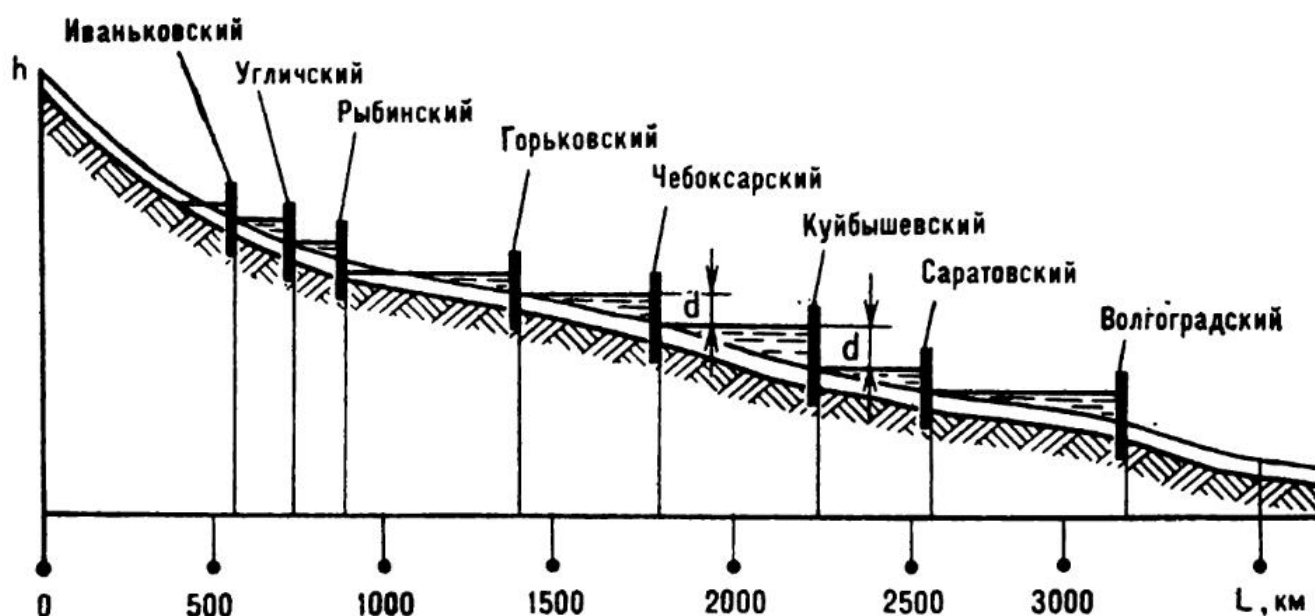


Рис. 42. Схема продольного профиля р. Волги с гидроузлами:

h — падение; L — расстояние от истока; d — подпор

ках. В большинстве же случаев шлюзование — элемент в комплексном решении других задач (задачи получения электроэнергии, регулирования стока, орошения, водоснабжения и др.).

Гидроузел — это комплекс гидротехнических сооружений, объединенных по расположению и целям их работы. В состав гидроузла входят плотина, шлюз, ГЭС, подходные каналы, дамбы и др. Расположение сооружений гидроузла отличается большим разнообразием. На рис. 43 показана схема расположения сооружений в плане одного из гидроузлов.

Плотины больших гидроузлов обычно состоят из двух частей: бетонной и земляной. Общая длина плотин на больших равнинных реках достигает несколько километров. Плотины могут быть глухие и водосливные. У первых вода не переливается через гребень, у вторых — может переливаться. Вместе с плотиной сооружается здание гидроэлектростанции, которое может составлять продолжение плотины и принимать на себя полный, одинаковый с плотиной напор воды, а также располагаться под защитой плотины с низовой стороны или совмещаться с плотиной.

Бетонные водосливные плотины (рис. 44) имеют наибольшее распространение. На гребне водосливной части плотины 9 устанавливают металлические затворы 13 в виде подъемных щитов. Затворами регулируют высоту уровня воды в верхнем бьефе 1 и расход воды, пропускаемой в паводок через плотину. Водосливная часть (водослив) быками 5 разделяется на отдельные пролеты.

Быки служат также опорами для щитов и моста 2, предназначенного для связи между берегами и перемещения подъемных кранов 3 затворов. Большую часть года щиты опущены и вода в нужном количестве поступает в нижний бьеф 6 через работающие трубы ГЭС. Весной щиты поднимают для сброса паводковой воды.

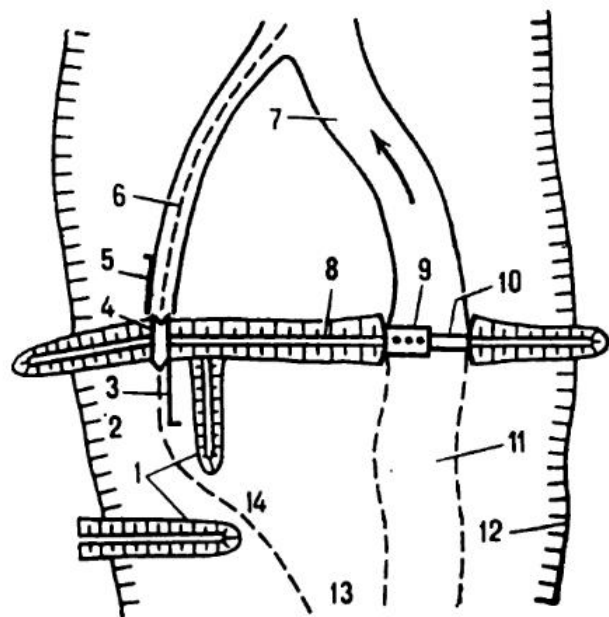


Рис. 43. План гидроузла:

1 — оградительные дамбы аванпорта; 2 — верхний подходный канал; 3 — верховые причальные палы; 4 — шлюз; 5 — низовые причальные палы; 6 — нижний подходный канал; 7 — русло реки; 8 — земляная плотина; 9 — гидроэлектростанция; 10 — бетонная водосливная плотина; 11 — бывшее русло реки; 12 — коренные берега реки; 13 — водохранилище; 14 — вход в аванпорт

Поднятая плотиной вода под напором просачивается в грунт и двигается под плотиной к нижнему бьефу. Чтобы предотвратить вымывание грунта при этом процессе, путь движущейся под плотиной воды удлиняют. Тогда скорость фильтрационного потока уменьшается до такой, при которой вода не будет вымывать грунт.

Для удлинения пути фильтрационной воды перед плотиной устраивают *понур*, который обычно состоит из глиняной подушки 12, защищенной от размыва уложенными поверху бетонными плитами 11. Для уменьшения скорости фильтрационного потока под основанием плотины забивают один-два ряда металлических *шпунтовых стенок* 10. Отдельные шпунтины, плотно соединенные между собою, образуют сплошной заслон. Шпунтовые стенки погружают в грунт на глубину до 20 м.

Для погашения скорости и энергии воды, переливающейся через гребень, ниже плотины устраивают *водобой* 8, представляющий собой бетонную плиту с гасителями энергии в виде бетонных выступов, колодцев и других устройств. Скорость потока на водобое снижается до 3—6 м/с. Выходя из водобоя, поток имеет все же повышенную размывающую способность. Поэтому за водобоем устраивают *рисберму* 7 — укрепленный камнем участок дна реки.

Земляные плотины 4 (см. рис. 44) делают глухими, поэтому их гребень всегда на несколько метров выше наивысшего уровня воды верхнего бьефа. В поперечном разрезе плотина имеет вид трапеции. При сооружении плотины грунт намывают землесосами или (реже) насыпают сухой грунт. По гребню обычно прокладывают автомобильную или железную дорогу. При постройке принимают меры для уменьшения фильтрации воды через

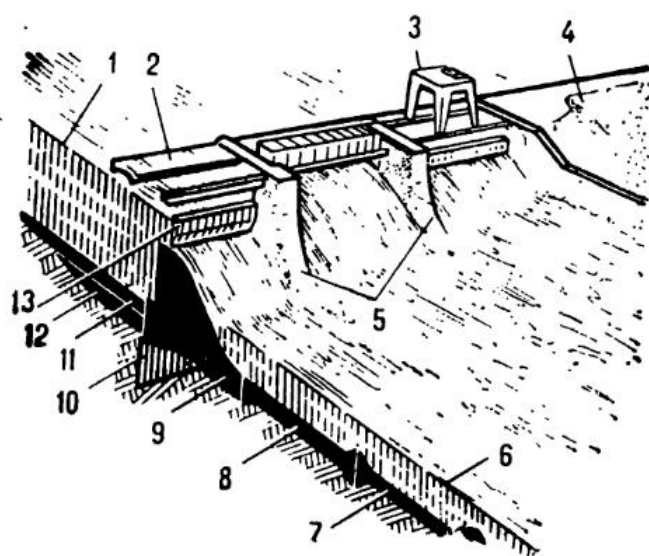


Рис. 44. Бетонная водосливная плотина

плотину: устраивают шпунтовые заслоны, глиняные водонепроницаемые экраны. Высота волны у плотины со стороны водохранилища бывает значительной. Поэтому откос плотины укрепляется обычно железобетонными плитами. Ниже зоны воздействия волн откос остается неукрепленным.

Судоходные разборные плотины (рис. 45) предназначены для подпора воды и увеличения глубины при

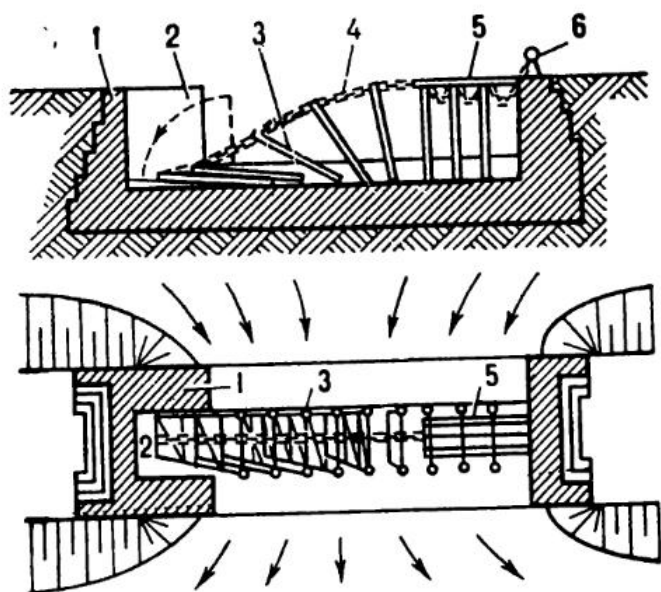


Рис. 45. Судходная разборная плотина

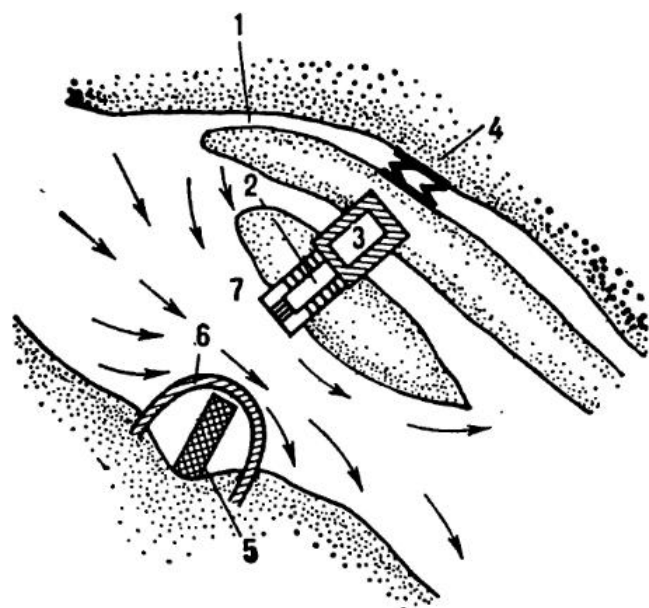


Рис. 46. Схема строительства гидроузла

низком меженном уровне воды в реке. При высоком уровне воды плотины разбирают. Плотина состоит из ряда ферм 3, свободно поворачивающихся в подшипниках бетонного основания 1. Пролеты между фермами перекрывают щитами. В разобранном состоянии фермы, скрепленные поверху цепями 4, укладывают друг на друга. Верхние оконечности крайних ферм укладывают в нишу 2 устоя. При сборке фермы с помощью лебедки 6 ставят в вертикальное положение. По верхней части фермы прокладывают мостик 5. Разбирают фермы на зиму до ледохода, а устанавливают после паводка по мере снижения уровня воды. После установки плотины суда идут через шлюз. В зависимости от величины расхода воды убирают или добавляют необходимое количество щитов. Напор на плотину обычно составляет 1—4 м. Судходные разборные плотины построены на реках Москве, Оке, Северском Донце и др.

Условия движения и стоянки судов у плотин осложняются неправильными течениями, возникающими вследствие сброса воды через плотину и ГЭС. В верхнем бьефе образуется течение, направленное в сторону плотины или здания гидроэлектростанции, а в нижнем бьефе — течение от сбросов воды через плотину и выхода ее из турбин ГЭС, зависящее от особенностей сооружений гидроузла. Колебания расхода воды, вызываемые работой ГЭС, меняют уровень воды, что затрудняет движение и стоянку судов. Управление судном у плотин требует повышенного внимания, так как имеются случаи срыва судов с якорей, навалов их друг на друга или посадки на грунт.

Условия судходства во время строительства гидроузла зависят от организации и очередности строительных работ. Для

строительства здания гидроэлектростанции 5 (рис. 46) и водосливной бетонной плотины 3 часть русла реки отгораживают перемычками 6, за которыми откачивают воду (затем уже ведут работы). Одновременно намыывают земляную плотину 2 и сооружают шлюз 4 с верхним подходным судоходным каналом 1. В оставшейся при этом свободной части русла 7 скорость течения увеличивается, возникают свальные течения, затрудняющие судоходство.

После окончания строительства гидроэлектростанции весь расход воды пускают через турбины, а свободную часть русла перекрывают земляной плотиной. В этот период и в период завершения работ на гидроузле суда движутся через временный канал и шлюз.

По другой схеме гидростанцию и водосливную плотину строят на пойме и к ней в нижнем бьефе прорывают новое русло. Когда эти сооружения готовы, старое русло перекрывают земляной плотиной. Во время подготовки к перекрытию русла судоходство затруднительно, так как русло сужается из-за отсыпки каменных призм с обоих берегов и в связи с этим возрастает скорость течения.

§ 15. СУДОХОДНЫЕ ШЛЮЗЫ И СУДОПОДЪЕМНИКИ

Устройство и оборудование шлюзов. Для пропуска судов из одного бьефа в другой служат *шлюзы*. Процесс прохода судна через шлюз называется *шлюзованием*.

Принципиальная схема шлюзов одинакова, но в их устройстве есть некоторые отличия. Шлюз состоит из *верхней головы А* (рис. 47), *нижней головы Б* и *камеры В*. Стенки шлюзов могут быть вертикальными или откосными. Откосные встречаются на небольших шлюзах старых систем.

На внутренних водных путях СССР наиболее часто принимают следующие размеры камер шлюзов: длина 150—290 м, ширина 18—30 м, глубина на пороге (на входе в шлюз) 3,65—5,50 м.

К головам шлюзов примыкают *подходные каналы 2* для швартовки судов, ожидающих шлюзования. Головы шлюза делают значительно массивнее, чем камеру, так как в них располагаются ворота и водопроводные устройства.

Наполнение и опорожнение камеры водой происходит самоотекотом по принципу сообщающихся сосудов при помощи специальных водопроводных устройств без применения насосов. Во

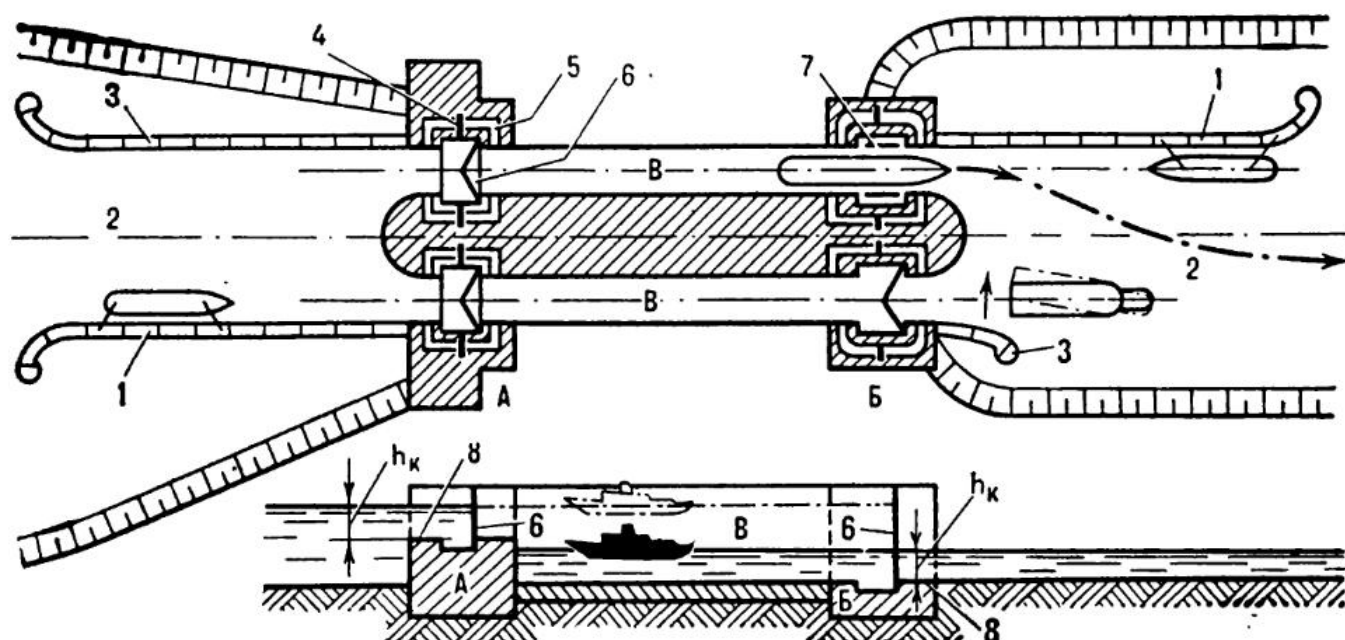


Рис. 47. Схема судоходного шлюза

время наполнения и опорожнения камеры ворота 6 закрыты (см. рис. 47). В открытом состоянии они входят в специальные ниши-шкафы 7, чтобы быть заподлицо со стенками камеры и не мешать проходу судов.

Система наполнения камер шлюзов может быть головной (сосредоточенной) и распределительной. При головной системе используются водопроводы 5 и затворы 4 или в большинстве случаев наполнение происходит из-под плоских подъемно-опускных ворот. Опорожнение камеры осуществляется через короткие круговые галереи нижней головы. Выходные отверстия водопроводов располагают за шлюзовыми воротами друг против друга. Выходящие из противоположных водопроводов потоки воды встречаются и частично гасят свою энергию, что улучшает условия шлюзования судов.

При распределительной системе питания шлюза подача воды в его камеру (или сброс при опорожнении) происходит через несколько продольных водопроводных галерей, обычно находящихся в днище шлюза. Такая система обеспечивает меньшую продолжительность наполнения, причем одновременно по всей длине камеры, и создает относительно спокойные условия шлюзования судна по сравнению с головной системой.

Объем воды, помещающийся в камере шлюза и сливаемой при пропуске судов в нижний бьеф, называют *сливной призмой*. В современных больших шлюзах объем сливных призм достигает 140—180 тыс. м³, а время наполнения и опорожнения камеры составляет обычно от 8 до 15 мин на один процесс.

Ворота шлюзов могут быть различных систем. В настоящее время нижние ворота обычно делают двустворчатыми, а верхние — сегментными или плоскими опускными. Для пропуска судов такие ворота опускают в ниши. Порог δ (см. рис. 47), к которому примыкают ворота, называется *королем*. Глубина в шлюзе h_k для судоходных целей отсчитывается от него.

Полезной длиной камеры шлюза считается расстояние от нижнего конца шкафной ниши верхних ворот до верхнего конца шкафной ниши нижних ворот шлюза. В пределах полезной длины осуществляется расстановка судов для шлюзования.

По числу последовательно расположенных камер шлюз может быть однокамерным, двухкамерным, трехкамерным и т. д.

Однокамерные шлюзы строят для малых и средних напоров. Такие шлюзы имеют Волго-Донской судоходный канал имени В. И. Ленина, Угличский, Рыбинский, Волховский гидроузлы.

Многокамерные шлюзы сооружают при больших напорах. У таких шлюзов общий напор делится на несколько камер, расположенных последовательно одна за другой. Например, Днепровский шлюз состоит из трех камер с напором по 13,5 м, два шлюза канала им. Москвы — из двух камер с напором по 9 м, Новосибирский — из трех и т. д. Иногда условия местности не позволяют построить многокамерные шлюзы непосредственно один за другим. Тогда шлюзы разделяют судоходным каналом — *межшлюзовым бьефом*. Длина межшлюзовых бьефов различна, например у Горьковских шлюзов — 2 км, у Куйбышевских — 4 км.

При большом напоре вместо многокамерных строят *однокамерные шлюзы шахтного типа*. Камера такого шлюза представляет собой глубокую шахту. Со стороны нижнего бьефа делается глухая стенка, которая в своей нижней части имеет отверстие для прохода судов, перекрываемое плоским подъемным затвором. Напор Усть-Каменогорского шлюза шахтного типа (р. Иртыш) превышает 40 м.

По числу параллельно действующих камер шлюзы могут быть *однониточные* (один шлюз), *двухниточные* (два рядом расположенных шлюза) и т. д. Двухниточные шлюзы применяют на реках с большим грузооборотом. Например, Камский шлюз имеет параллельные нитки, каждая из которых представляет собой шестикамерный шлюз общей длиной 1500 м с суммарным напором до 22 м. Гидроузлы на Волге, начиная с Рыбинского и кончая Волгоградским, имеют двухниточные шлюзы.

Для удобного захода в шлюз устраивают специальные направляющие сооружения — *палы 3* (см. рис. 47). Они представляют собой свайные кусты, поставленные на определенном рас-

стоянии один от другого, железобетонные или деревянные эстакады, стенки или удерживаемые цепями понтоны. Для швартовки судов, ожидающих шлюзования, предназначаются *причалы 1*. В большинстве случаев они представляют собой железобетонную стенку. Причальные устройства в камере шлюза необходимы в связи с тем, что при наполнении в ней создается беспорядочное течение воды, под воздействием которого судно движется в разные стороны. Для предотвращения аварии судну необходимо надежно ошвартоваться.

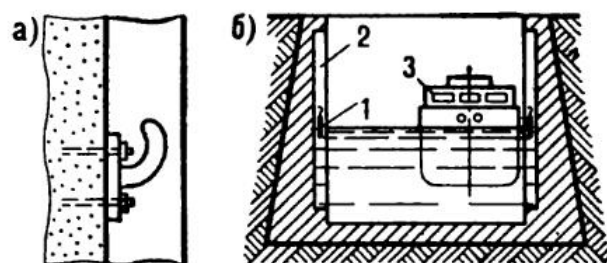


Рис. 48. Причальные устройства в камере шлюза

Причальные устройства в камерах бывают неподвижные и подвижные. К неподвижным относятся причальные *тумбы* и *рымы*. Суда зачаливают за тумбы при помощи каната, огон (петля) которого надевается на тумбу. По мере наполнения камеры канат подбирают, а при опорожнении, наоборот, потравливают.

Неподвижные рымы (рис. 48, а) в стенках камеры устраивают для того, чтобы при подъеме и опускании судна швартовные канаты можно было перекладывать с рыма на рым, когда они не испытывают натяжения. Рымы применяют лишь для учалки малых судов, так как перекладывать канаты больших судов трудно. По высоте камеры рымы располагают не реже чем через 1,5 м. Они имеются и на подходах к шлюзам у причальных стенок.

Швартовка за тумбы возможна в шлюзах с напором до 6—7 м. При больших напорах применяют подвижные причальные устройства — плавучие рымы.

Плавучий рым 1 (рис. 48, б) — это большой цилиндрический поплавок, который поднимается и опускается вместе с уровнем воды в специальной шахте 2 в стенке камеры. В верхней части поплавка прикреплен крюк, за который швартуются суда 3.

В нишах камеры шлюза устанавливают *лестницы-стремянки*. Для пропуска судов применяют сигнализацию в виде *светофоров*.

Центральные посты управления современных шлюзов оборудованы установками промышленного телевидения, что позволяет улучшить контроль за процессом шлюзования. Техническими мероприятиями, обеспечивающими действие шлюза при его обмерзании, являются воздухообдув двустворчатых ворот для отгона льда из шкафов, индукционный обогрев и обогрев кало-

риферами частей сегментных затворов и др. Отгон плавающего битого льда осуществляют при помощи специальных устройств, ограничением режима наполнения, использования «обратной» волны при открытии нижних рабочих ворот. Особенно эффективна на шлюзах с короткими межшлюзовыми бьефами периодическая очистка камеры ото льда путем промывки ее потоком воды.

Пропуск судов через шлюзы. Суда пропускают через шлюз обычно круглосуточно. При движении судна, например, снизу вверх выполняют следующие операции: открывают нижние ворота; вводят судно в шлюз; закрывают нижние ворота; наполняют камеру; открывают верхние ворота; судно выходит из шлюза. Период одного шлюзования от 10 до 35 мин. При движении судна сверху вниз операцию выполняют в обратном порядке.

Несамоходные суда и плоты чаще всего проводят через шлюз сам буксировщик или специальные рейдовые буксиры. В некоторых случаях применяется береговая тяга (например, на Камском гидроузле плоты проводят электровозы, передвигающиеся по рельсам параллельно шлюзу). Управление механизмами ворот и затворами водопроводных галерей на шлюзах дистанционное, осуществляемое с пульта управления шлюза.

Организацию движения флота на его подходе к границам судоходных шлюзов, подготовку судов к пропуску через судоходные шлюзы и каналы, а также обеспечение очередности их пропуска осуществляют диспетчерские по шлюзованию, управлений каналов и БУП, а на отдельно расположенных шлюзах — диспетчеры (начальники вахт) шлюзов. При подходе к шлюзу вахтенные начальники судов запрашивают у диспетчеров по УКВ радиосвязи указания о порядке шлюзования. Диспетчер (начальник вахты) шлюза руководит движением судов в границах шлюза и расстановкой судов в камере шлюза. При расстановке в камере шлюза суда должны находиться в пределах стоп-сигналов, ограничивающих полезную длину камеры. Процесс шлюзования начинается только после окончания швартовки всех шлюзующихся судов и сообщения об этом вахтенных начальников судов по УКВ радиосвязи или с помощью установленных звуковых сигналов. Наполнение камеры шлюза с забором воды из верхнего подхода канала начинается только после окончания швартовки судов, находящихся у причальной стенки шлюза в верхнем бьефе.

Условия шлюзования судов. При наполнении камер шлюзов в них создается неустановившийся характер движения воды со значительными уклонами, скоростями течения и водоворотами. Усложнение условий шлюзования происходит при головной си-

стеме наполнения, особенно если наполнение камеры происходит через ворота верхней головы.

В связи с сосредоточенной подачей воды в шлюзе возникает течение от верхней головы к нижней, а поверхность воды приобретает уклон в этом же направлении. Вдоль камеры движется длинная пологая волна. Когда волна достигает нижних ворот, она отразится от них и будет перемещаться к верхним, поэтому уклон приобретет направление от нижней головы к верхней и т. д. По мере наполнения камеры и подъема уровня воды значения продольного уклона и скорость течения уменьшаются.

Судно в отдельные моменты времени под влиянием уклона и силы «соскальзывания» стремится сместиться вдоль шлюза. В первый период судно смещается к нижней голове, и кормовой канат провисает. Затем оно смещается от нижней головы к верхней, при этом кормовой канат резко набивается. При смещении судна канаты испытывают столь большую нагрузку (сильные рывки), что иногда обрываются.

При опорожнении в камерах создается продольный уклон поверхности воды от верхней головы к нижней. В конце опорожнения уклон получает направление от нижней головы к верхней из-за инерционного понижения воды в камере по сравнению с уровнем воды в канале нижнего бьефа.

В связи с изменением нагрузки на канаты судно при шлюзовании должно быть ошвартовано в носовой и кормовой частях так, чтобы исключить перемещение судна.

При шлюзовании плотов они при опорожнении смещаются в сторону нижней головы, поэтому буксир разворачивается на 180° и работает винтом, сдерживая навал плота на нижние ворота. В конце опорожнения плот интенсивно движется в сторону верхней головы. Тогда буксир начинает работать винтом в обратную сторону, чтобы предотвратить навал плота на верхние ворота.

Условия входа судов в шлюз. При входе крупного судна со стороны нижнего бьефа создается так называемый «поршневой эффект». В данном случае уровень воды в камере перед судном несколько повышается, из камеры происходит сильный отток воды, вытесняемой корпусом судна, сопротивление воды входящему судну постепенно возрастает, способствуя уменьшению инерции судна.

К моменту полного входа судна в шлюз возможен возврат определенного объема воды в камеру, что создает течение в сторону верхней головы и угрозу навала на ее ворота. При входе судна в шлюз со стороны верхнего бьефа из-за уклона потока создается угроза его навала на нижние ворота. Выход судна из

камеры на повышенной скорости вызывает просадку кормы и создает угрозу удара о порог головы шлюза.

Судоподъемники. На гидроузлах с напором 100 м и более шлюзы мало себя оправдывают, поэтому здесь строят судоподъемники — вертикальные или наклонные. Возле Красноярского гидроузла введен в действие первый (пока единственный) в СССР продольно-наклонный судоподъемник, при помощи которого суда могут преодолевать высоту более 100 м.

В состав наклонного судоподъемника входят верховые и низовые судовозные пути, поворотное устройство, самодвижущаяся судовозная камера косякового типа, троллейная сеть, волнозащитные, причальные и другие сооружения.

Судовозные пути 8 (рис. 49, а) представляют собой рельсы с колеей около 9 м и уклоном 1 : 10, по которым между верхним и нижним бьефами и поворотным устройством перемещается камера 7 с судном 4. Скорость подъема и спуска камеры около 1 м/с. Судовая камера покоится на колесных опорах 1. Общая длина камеры 108,2 м (полезная — 90 м), наибольшая ширина камеры 26,5 м (полезная — 18 м), глубина воды в камере при заводке судна 2,5 м, при движении камеры — 2,2 м.

Судно заходит в камеру через ворота, которые имеют сегментный затвор 6, опускаемый в нишу. Энергопитание механизмов 2 осуществляется через троллейную сеть 5 и токосъемники 3. Центральный пост управления находится в отдельном здании.

На верхнем участке низового судовозного пути камера накатывается на наклонную балку поворотного устройства. Поэтому балка является как бы продолжением судовозного пути. Поворотное устройство 10 (рис. 49, б), находящееся на водоразделе, представляет собой стальную наклонную трехопорную балку 11, которая в определенном положении составляет продолжение верхового 9 или низового 12 судовозного пути. Поворотная балка 11, вращаясь вокруг вертикальной оси на центральной опоре 15, обеспечивает поворот камеры с судном на 142° в направлении предстоящего спуска по судовозному пути. Централь-

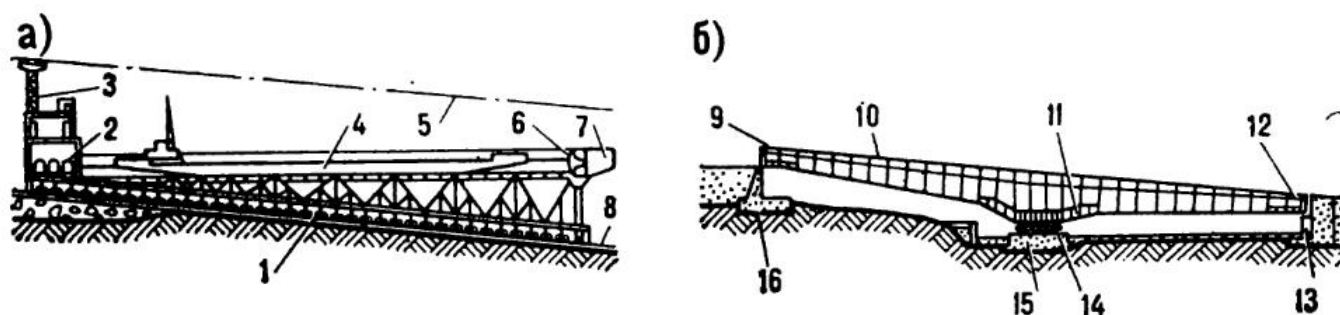


Рис. 49. Красноярский судоподъемник

ная опора 15 поворотного устройства снабжена роликовыми подшипниками 14, а каждая концевая опора 9 — тележками, опирающимися на круговую раму 16 и 13.

Пропуск судов через судоподъемник осуществляется следующим образом. Судовозная камера вместе с судном опускается в воду. Через открывающиеся ворота в камеру из бьефа поступает дополнительное количество воды, увеличивающее глубину с 2,2 до 2,5 м, и судно выходит из камеры.

После захода судна, закрытия ворот и слива излишней воды камера поднимается вверх и накатывается на наклонные балки поворотного устройства. Затем она разворачивается и занимает такое положение, при котором наклонные балки являются продолжением противоположных судовозных путей, а входной торец камеры обращен в сторону спуска. После этого камера спускается до входа в воду другого бьефа. Продолжительность одного полного двустороннего цикла 80—90 мин (в том числе: перемещение камеры 60 мин, поворот камеры 5 мин, заход и выход судна 20 мин, прочие операции 5 мин). Производительность судоподъемника не менее 14 двусторонних судопропусков в сутки. Управление всеми механическими операциями осуществляется оператором пульта, находящегося в торце камеры.

§ 16. ПОДХОДНЫЕ КАНАЛЫ К ШЛЮЗАМ

Для подхода судов к шлюзу 2 (рис. 50) со стороны верхнего и нижнего бьефов делают подходные каналы 3, 4. Обычно канал верхнего бьефа короткий, так как создан дамбами, расположенными на акватории 1 аванпорта шлюза. Каналы нижнего бьефа имеют значительное протяжение: от 1,5 до 6,0—8,0 км при ширине по урезу 70—200 м.

Раздельные (межшлюзовые) бьефы имеют длину от 1,5 до 4 км, причем ширина их, определяясь топографическими условиями, достигает местами значительной величины.

Для швартовки судов и плотов, ожидающих шлюзования, в подходных каналах возводят причальные сооружения.

При опорожнении камеры шлюза в низовом подходном канале возникает волна попуска. Подойдя к устью канала 5 (см. рис. 50) и отразившись от русла реки, она трансформируется в обратную волну, которая, достигнув шлюза, отражается от его ворот и превращается снова в волну, идущую к устью. Таким образом происходит несколько отражений, с каждым из которых высота волны и скорость ее перемещений убывают.

нал 4. В связи с этим в районе стрелки иногда возникает суводь и свальное течение.

В половодье через турбины ГЭС и водосливную часть плотины сбрасывается большое количество воды, и при выходе канала в русло наблюдается большая скорость течения. Продольная скорость течения достигает 2 м/с и более, а поперечная составляющая этой скорости — 0,3 м/с и больше. Поперечные течения, направленные к берегу, усложняют вход судов в канал и выход из него. У выхода канала в реку и в непосредственной близости от плотины создается сильное неупорядоченное волнение, которое вызывает рыскливость и качку судов. Например, у Волжской ГЭС имени В. И. Ленина при сбросе воды через плотину, равном 30 тыс. м³/с, на расстоянии 1—1,5 км от плотины высота волны бывает до 1 м.

Потоки воды, создающиеся при выходе судна из камеры шлюза, воздействуют на суда, входящие во вторую камеру или стоящие у причала в ожидании шлюзования. При этом, если расстояние между шлюзами небольшое, у судов возникает сила «присасывания» (например, на нижних шлюзах Горьковской ГЭС, расстояние между которыми равно 26 м). При выходе из камеры шлюза перед судном образуются волны и повышается уровень, а у берегов — понижается. Одновременно создается течение, направленное в сторону, противоположную движению судна.

При небольшом расстоянии между камерами течение, создаваемое движением судна, распространяется по всей ширине подходного канала. Пренебрежение этим течением приводит к навалам и ударам судов об откос и причалы.

Движущееся судно оказывает влияние и на суда, стоящие у причала на подходе к шлюзу. Смещение судна вызывает большие нагрузки на швартовы. Заходить в шлюз и выходить из него необходимо, понизив скорость настолько, чтобы судно сохранило управляемость.

§ 17. РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА РЕК

В течение года сток рек неравномерен. Во время половодий и паводков вода идет в большом количестве и используется мало. В меженный же период из-за малых расходов воды глубина нередко становится недостаточной для судоходства, ухудшается водоснабжение городов и орошение полей. Для лучшего и планомерного использования водных ресурсов сток рек регулируют.

Регулирование стока — это перераспределение во времени объема стока в соответствии с требованиями водопользования, а также в целях борьбы с наводнениями. Для регулирования стока на реке строят гидроузлы или плотину, выше которых создают водохранилище, где в весеннее половодье и во время паводков скапливается вода, которую используют затем по мере надобности.

Водоохранилище — это искусственный водоем, образованный водонапорным сооружением на водотоке с целью хранения воды и регулирования стока. Водоохранилища создают путем перекрытия русла реки плотиной. Их котловинами являются участки долин рек или озера, когда плотина высоконапорных гидроузлов перегораживает реку от одного коренного берега долины до другого. Размеры водохранилищ зависят от очертаний и рельефа долины, дальности распространения подпора и вида регулирования стока.

Если плотина располагается у истока реки, вытекающей из озера, то образуется так называемое *озерное водохранилище*. К таким водохранилищам относятся озеро Байкал после сооружения Иркутской ГЭС, Белое озеро, являющееся водохранилищем для р. Шексны, и др.

Водоохранилища, образующиеся в результате затопления долины реки, называются *русловыми*, или *долинными*. К их числу относятся водохранилища на Волге, Оби, Енисее, Днепре и других реках. В некоторых случаях на водоразделах устраивают *внерусловые* водохранилища, в которые воду накачивают насосами (например, водораздельные водохранилища Волго-Донского канала имени В. И. Ленина).

Применяются следующие виды регулирования стока.

Годовое (сезонное) регулирование заключается в том, что воду во время половодий задерживают и используют в маловодные периоды года. В многоводные годы при полном наполнении водохранилища излишнюю часть воды сбрасывают через плотину. Годовое регулирование стока имеют большинство гидроузлов. Например, Волгоградский, Горьковский, Камский, Новосибирский, Красноярский и др.

Многолетнее регулирование состоит в том, что в многоводные годы вода накапливается, а в маловодные ее расходуют. Многолетнее регулирование стока предусмотрено на Цимлянской, Иркутской и Бухтарминской ГЭС.

Недельное регулирование обусловлено неравномерным потреблением электроэнергии в течение недели (так, в воскресные дни потребление электроэнергии наименьшее). При этом виде регулирования накопленная за воскресный день вода расходует-

ся в течение недели, сток воды в нижнем бьефе будет поэтому неравномерным.

Суточное регулирование связано с неравномерным потреблением электроэнергии в течение суток. Наибольшее потребление — днем, когда работают предприятия, а наименьшее — ночью. В период наибольшего потребления электроэнергии на гидроэлектростанции работают все турбины и в нижний бьеф поступает большое количество воды. При наименьшем потреблении энергии часть турбин останавливают, в водохранилище в это время накапливается вода, поэтому количество воды, поступающей в нижний бьеф, сокращается.

Недельное и суточное регулирование, зависящее от энергетической нагрузки, также применяется на гидроузлах, построенных для годового и многолетнего регулирования стока.

Регулирование стока в целом оказывает благоприятное действие на судоходство. Оно уменьшает весенний подъем уровня и повышает меженный уровень воды в нижнем бьефе, увеличивая его глубину в особо маловодные периоды навигации. Однако регулирование стока имеет некоторые отрицательные стороны: например, на водохранилищах развивается значительное волнение; суточные попуски воды вызывают колебание уровня и перестроение русла в нижнем бьефе, водохранилище оказывает значительное влияние на окружающую среду и др.

До образования водохранилища речной поток, размывая берега, выносил наносы в устья, а теперь из-за малоподвижной массы воды наносы оседают на дне водоема. Однако эрозия прибрежной почвы не уменьшается, так как волны разрушают берега.

По сравнению с естественными условиями весной из водохранилищ в нижний бьеф гидроузлов поступает более холодная вода, а осенью — более теплая. Хотя разница в температурах незначительная, всего 2—4 °С, однако ледостав на водохранилищах начинается раньше, чем на реке, а вскрытие — позже, что уменьшает продолжительность навигации.

Определенное влияние оказывают на окружающий воздушный бассейн водные массы водохранилищ, которые являются как бы тепловым аккумулятором. Это приводит к более прохладному лету и к утепленной осени. На окружающую среду оказывают влияние в основном крупные водохранилища с площадью водного зеркала не менее 1 тыс. км². Считается, что будущее принадлежит небольшим и средним водохранилищам, которые обеспечат растущие потребности человечества в воде и сохранят экологическое равновесие.

§ 18. ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА НИЖНИХ БЬЕФОВ

Влияние регулирования на режим нижних бьефов. Современные крупные гидроузлы улучшают судоходные условия водных путей. В результате образования водохранилищ значительно увеличился навигационный расход воды в нижнем бьефе ряда рек. Это повысило судоходные глубины на реках. Например, на Дону увеличение расхода воды со 160 до 580 м³/с позволило значительно увеличить гарантированные глубины ниже Цимлянского гидроузла. Однако регулирование стока при помощи водохранилищ небольшой емкости не везде дает хорошие результаты. Например, ниже Новосибирской ГЭС значительного улучшения условий судоходства не наблюдается.

В ряде случаев неравномерность попусков воды через турбины ГЭС приводит к большому колебанию уровней, что иногда затрудняет судоходство.

Каждый нижний бьеф по режиму уровней и условиям судоходства можно разделить на два участка. Первый участок характеризуется резко выраженными колебаниями уровня воды (с амплитудой 1—3 м), вызванными неравномерной работой ГЭС. При этом наиболее сильные колебания бывают вблизи ГЭС. По мере удаления от гидроузла амплитуда колебаний уменьшается и к началу второго участка составляет 15—20 см. Второй участок имеет относительно небольшие колебания уровней воды.

Регулирование стока меняет гидрологический режим нижнего бьефа. В водохранилище в связи с выпадением наносов происходит осветление воды. Осветленная вода, поступая в большом количестве и со значительной скоростью в нижний бьеф, размывает дно и берега, насыщаясь при этом наносами до обычного своего состояния.

Уклоны поверхности воды на верхних по течению участках намного превышают уклоны на участках, удаленных от плотины. На верхнем участке, где изменение уклона велико, русло усиленно перерабатывается.

Колебания уровня воды влияют на состояние перекатов нижнего бьефа. При подъемах уровней происходит их намыв, при спадах — размыв. Колебания уровня уменьшают устойчивость землечерпательных прорезей, поэтому такие участки требуют повторения дноуглубительных работ.

Регулирование стока благоприятно сказывается на удаленных от гидроузла участках нижнего бьефа: сток распределяется равномернее в течение длительного периода.

Влияние на судоходство недельного и суточного регулирования. При работе ГЭС наибольшее влияние на судоходство оказывает недельное и суточное регулирование стока. Неравномерное в течение суток и недели потребление электроэнергии народным хозяйством вызывает неравномерный попуск воды через турбины ГЭС. В связи с этим в нижнем бьефе происходят значительные колебания уровня воды с амплитудой до 2—3 м в сутки.

При недельном регулировании стока минимальные уровни в нижнем бьефе приходятся на субботние и воскресные дни. С учетом времени «добегания» провального уровня они наблюдаются не только в воскресенье, но и в понедельник и вторник на расстоянии 30—40 км от ГЭС. Например, ниже Новосибирской ГЭС понижение уровня составляет: у входа в шлюзовую канал — 75 см, на расстоянии 22 км — 55 см, 110 км — 40 см, 200 км — 30 см. Волна попуска, возникшая у ГЭС в понедельник, за счет увеличения расхода воды смещается вниз по реке и ее можно наблюдать во вторник и даже в среду.

При суточном регулировании стока в нижнем бьефе, вблизи ГЭС (5—10 км) наиболее низкие уровни наблюдаются в ранние утренние часы, наиболее высокие — в вечерние часы. Колебания уровней воды достигают 1—2 м. По мере удаления от гидроузла волна попуска, распространяясь вниз по течению, постепенно расплывается, поэтому амплитуда суточных колебаний уровня воды постепенно сокращается.

Недельное и суточное регулирование стока из-за изменения глубин по длине нижнего бьефа и по времени, неустойчивых скоростей течения, запасов на перекатах создает трудности не только для судоходства, но и для работы портов и других предприятий речного транспорта.

Учет регулирования стока в судовых условиях. Для учета глубин при установлении загрузки судна на предельно допустимую осадку и времени прохода через перекаты нижнего бьефа в путевой информации для судоводителей и диспетчеров дается прогноз глубин и часы их наступления.

Для определения в судовых условиях времени повышенных и пониженных уровней иногда строят графики. По графикам судоводитель может определить для всех перекатов время минимального и максимального уровня, амплитуду изменения уровня, а также его спада и подъема. Такие графики приводятся на некоторых навигационных картах, помещаются в лоциях и пособиях для судоводителей. На навигационных картах приводятся типовые (осредненные) графики колебаний уровня в нижнем бьефе ГЭС.

На рис. 51, а показан график кривых связи уровней воды z и глубин судового хода h при суточном регулировании для конкретных перекатов A , B и B нижнего бьефа, а на рис. 51, б — график колебания уровней воды z в зависимости от времени суток t для этих же перекатов.

Графиками пользуются следующим образом. По данной осадке судна и установленному запасу воды под днищем определяют необходимую допустимую глубину судового хода h_d . По графику рис. 51, а на конкретном перекате (в данном примере — B) устанавливают соответствующий ей уровень z_d . На кривой уровней для этого же переката (рис. 51, б) проводят горизонтальную линию на отметке z_d , позволяющую установить час t_d безопасного прохождения судна через перекат B при осадке h_d . Из-за возможных отклонений в режиме регулирования окончательный диапазон времени для прохождения через перекат следует принять на 1—2 ч меньшим t_d . Подобным образом поступают и при использовании графиков для недельного регулирования стока.

Постоянные изменения положения уровней и глубин судового хода, скорости течения осложняют работу судов в нижнем бьефе. Для уменьшения отрицательного влияния последствий суточного и недельного регулирования стоков правилами комплексного использования водных ресурсов конкретного водохранилища регламентируется минимальная отметка уровня воды в течение суток, среднесуточный расход воды через ГЭС, предельная (наибольшая) амплитуда колебаний уровня воды в течение суток.

Выполнение перечисленных требований позволяет обеспечивать в нижнем бьефе необходимые судоходные условия. Однако в отдельные маловодные годы при недостаточном наполнении

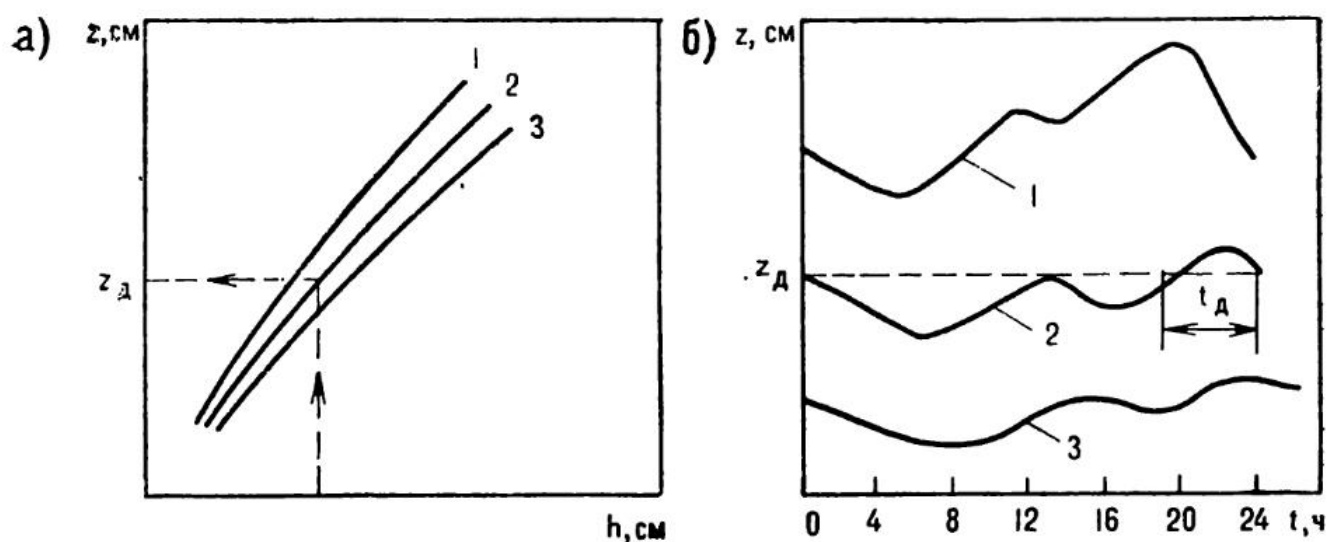


Рис. 51. Графики зависимости глубины судового хода от уровня воды в нижнем бьефе при суточном регулировании (а) и колебаний уровня воды в течение суток (б):

1 — для переката A ; 2 — для переката B ; 3 — для переката B

водохранилища по согласованию с Минречфлотом РСФСР и другими ведомствами среднесуточный расход воды уменьшается, что ужесточает режим суточного регулирования стока.

§ 19. СУДОХОДНЫЕ КАНАЛЫ

Канал — это искусственный открытый водовод в земляной выемке или насыпи. По назначению каналы делятся на соединительные, обходные и подходные.

Соединительные каналы служат для соединения водным путем рек разных бассейнов, а также для соединения рек, озер и морей (например, канал имени Москвы, Волго-Донской имени В. И. Ленина, Беломорско-Балтийский и др.).

Обходные каналы предназначены для обхода судами озер, на которых бывают сильные штормы, а также центральных частей больших городов и т. п. (к таким каналам относятся Приладожские, Прионежские и др.).

Подходной канал — это искусственное углубление водоема или водотока по судовому ходу, имеющее знаки навигационной обстановки. Подходные каналы служат в основном для подхода судов с основного водного пути к портам, населенным пунктам и промышленным предприятиям, находящимся в стороне от реки (например, каналы в Архангельске, Ленинграде, Сеймовский на р. Оке и т. д.).

По способу питания каналы бывают самотечные и с искусственным питанием.

В *самотечные* каналы вода поступает непосредственно из реки или озера и сама распространяется по всему каналу. Такие каналы наиболее просты и дешевы в эксплуатации.

У каналов с *искусственным* питанием воду из источника при помощи насосов накачивают в водораздельный бьеф, откуда она стекает самотеком. Например, на Волго-Донском канале имени В. И. Ленина построены три насосные станции, имеющие по три мощных насоса, каждый из которых за 1 с перекачивает 15 м³ воды.

К гидротехническим сооружениям, необходимым для эксплуатации канала, в основном относятся судоходные шлюзы, аварийные ворота, аварийные водосбросы и водоспуски.

Шлюзы на каналах служат для пропуска судов из одного бьефа в другой.

Аварийные ворота служат для выключения отдельных участков канала в случае аварии или для ремонта. Аварийные ворота (рис. 52) состоят из следующих основных частей: устоев 1, во-

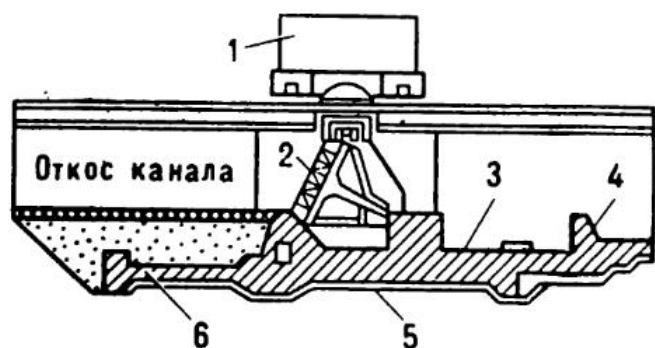


Рис. 52. Аварийные ворота на каналах

рот 2, понура 6, флютбета 5, водобойной части 3 с гасителями энергии 4. Ворота делают в виде поворотных ферм или в виде откатных затворов, состоящих из двух полотнищ.

Аварийные водосбросы предназначены для сброса воды из канала в случае его переполнения. Они представляют

собой обычно боковой водослив в дамбе канала. Отметка водослива должна быть не ниже форсированного уровня.

Водоспуски служат для опорожнения каналов; это трубы, закладываемые в дамбы ниже уровня воды.

Основные формы поперечных сечений судоходных каналов — ложбинообразная, прямоугольная, трапецеидальная и полигональная. Если по каналу должно проходить немного судов и они пойдут в основном по его оси, используя наибольшие глубины, применяют *ложбинообразную* форму канала (рис. 53, а). При интенсивном движении, когда суда то и дело встречаются, обгоняют друг друга и большую часть движутся вблизи откосов, ложбинообразная форма неудобна — она увеличивает для судна опасность удариться об откос.

В этом отношении лучшей является *прямоугольная* (рис. 53, б), а затем *трапецеидальная* (рис. 53, в) форма сечения канала. Первая встречается редко, так как строительство вертикальных стенок очень сложно и обходится дорого. При трапецеидальной форме наблюдается особенно сильное оплывание откосов. На современных судоходных каналах принята преимущественно *полигональная* (рис. 53, г) форма поперечного сечения. Дно в таких каналах горизонтально, а откосы имеют различную крутизну, зависящую от рода грунта. При этом верхняя часть более крутая, нижняя — более пологая.

В зависимости от положения относительно поверхности земли канал может быть в *выемке* (рис. 54, а), в *полувыемке*, в *полунасыпи* (рис. 54, б) и в насыпи (рис. 54, в). В насыпь обычно закладывают противифльтрационный слой глины.

Крепление откосов каналов необходимо для защиты от разрушения под воздействием судовых волн, течения воды, льда, ударов судов и др. Наиболее часто применяют крепления откосов в виде мостовой или каменной наброски на слое щебня или гравия. В последнее время широко применяется крепление откосов железобетонными и бетонными плитами, а также шпунтом.

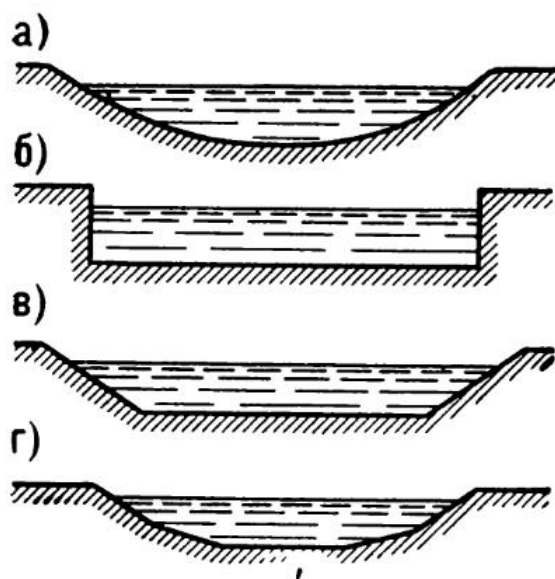


Рис. 53. Виды поперечного сечения каналов

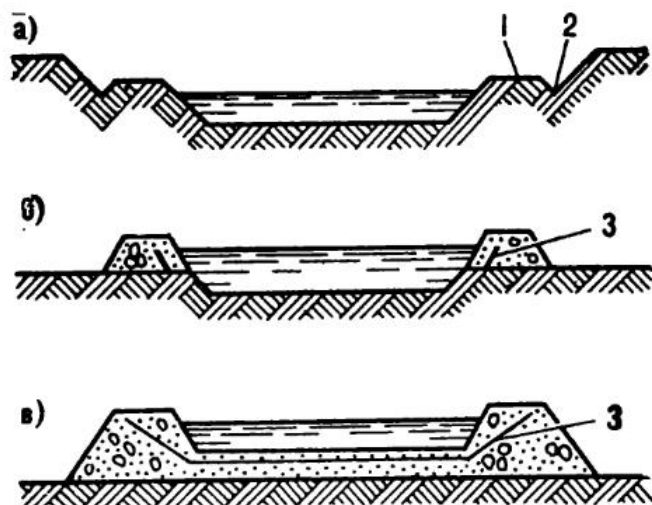


Рис. 54. Виды каналов в зависимости от положения относительно поверхности земли:

1 — берма; 2 — кювет; 3 — противофильтрационный слой

Судовые волны, набегая на откосы канала, разрушают их. Часть воды стекает с откоса обратно в канал, а часть проникает внутрь откоса, причем, просачиваясь вниз, размывает основание откоса. Высота волны зависит от размеров судна и скорости его движения и достигает 1,3 м. Приближение судов к берегу приводит к увеличению высоты набегания волны на

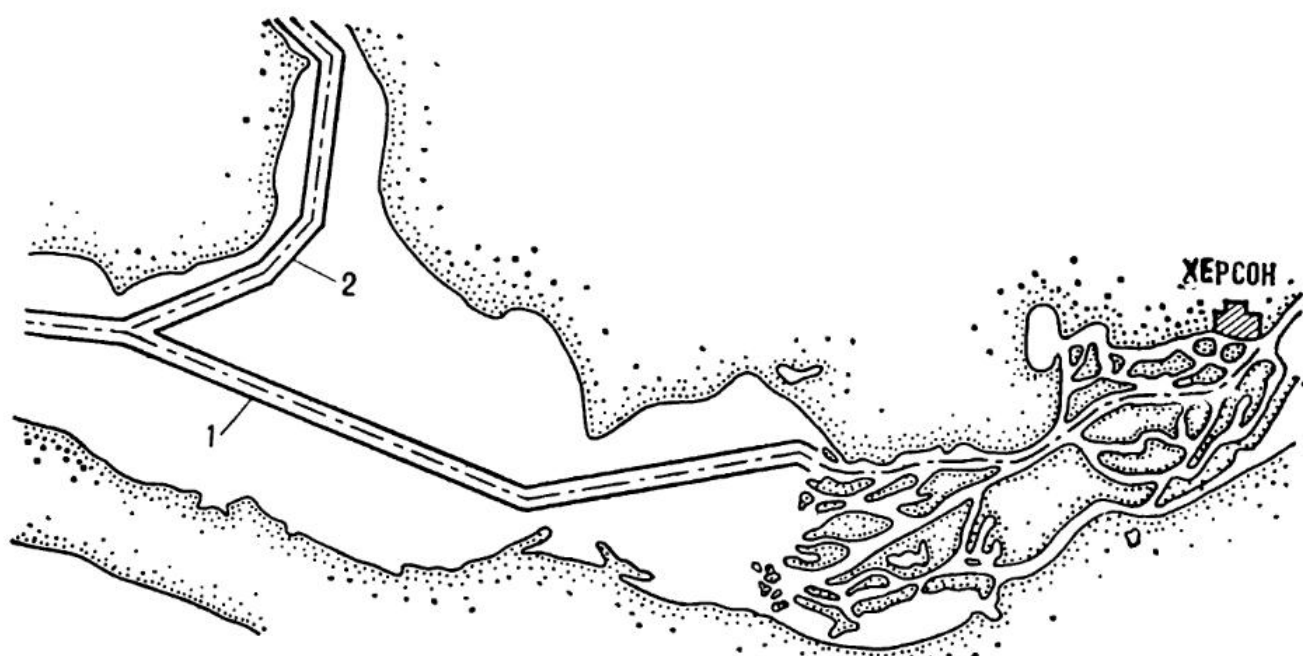


Рис. 55. Херсонский морской канал:

1 — подходной канал к Херсонскому порту; 2 — участок подходного канала к порту Николаев

откос. Поэтому суда по возможности должны двигаться по оси канала. Кроме того, при движении вблизи откоса возникает явление «присоса» (притяжения).

Большое влияние на откосы и дно канала оказывает струя потока воды, отбрасываемая движителями, особенно когда судно идет вблизи откоса в повороте канала или с дрейфом при ветре. Деформация откосов происходит также за счет возникающего течения при стеснении живого сечения канала корпусом судна. Вследствие перечисленных причин каменная отмостка откоса рушится и сползает, уменьшаются судоходные глубины.

Скорость различных судов на каналах ограничена и не превышает 10—15 км/ч. Сбрасывание мусора и шлака в канал запрещается. Отдача якорей возможна лишь в отведенных местах, пользование лотами и цепями-волокушами не разрешается.

Морские судоходные каналы представляют собой искусственный путь для соединения двух морских бассейнов или для подхода судов к портам. Они могут быть открытые и шлюзованные.

Открытые каналы наиболее распространены, к ним относятся все подходные каналы, проходящие по суше, протокам морского устья или морю и являющиеся надводными или представляющие собой подводную искусственную прорезь. Открытые каналы могут быть без ограждения или ограждены парными или одиночными дамбами. Огражденные каналы меньше подвергаются действию волн и менее заносятся наносами.

Морскими подходными каналами являются Архангельский (рукав дельты), Днепро-Бугский (бар), Херсонский (лиман, рукав и река) (рис. 55), Волго-Каспийский (рукав дельты), Ленинградский, Ждановский, Калининградский (морской залив) и т. д. Общая протяженность морских подходных каналов в СССР превышает 1000 км. Самый длинный в мире Волго-Каспийский канал, протяженность его 188 км.

Контрольные вопросы

1. Какие элементы входят в состав гидроузла и какое их назначение?
2. Чем отличаются шлюзы от судоподъемников?
3. Какие препятствия для судоходства имеются в подходных каналах к шлюзам?
4. Какие гидрологические особенности режима существуют в нижних бьефах?
5. В чем сущность регулирования стока и какие виды его бывают?
6. На какие виды делятся судоходные каналы?

ВОДОХРАНИЛИЩА, ОЗЕРА И МОРСКИЕ УСТЬЯ РЕК

§ 20. ТЕЧЕНИЯ И КОЛЕБАНИЯ УРОВНЕЙ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ И ОЗЕРАХ

Течения воды. Основными причинами возникновения течений на водохранилищах и озерах являются воздействие ветра и стока. Водохранилище можно условно разделить на четыре части, которые имеют свои особенности.

Нижняя озерная (приплотинная) часть водохранилища имеет небольшую протяженность, в ней находится зона активного стока. Скорости течения в этой зоне повышенные, особенно в период сброса в нижний бьеф весеннего паводка. Приплотинная часть водохранилища глубоководная при любых уровнях воды. Волнение здесь наибольшее по сравнению с другими частями водохранилища. Дно не подвергается воздействию волн.

Средняя (озерно-речная) часть водохранилища имеет наибольшую протяженность и слабое течение. Она имеет большие глубины только при высоких уровнях. При понижении уровня глубины над поймой небольшие, волнение сильное, распространяющееся до дна. Высота волны 1,2—2,0 м. При нормальных подпорных уровнях условия плавания здесь такие же, как в нижней зоне.

Верхняя (речная) часть водохранилища при высоких уровнях представляет собой мелкий водоем. При низких уровнях и сохранившемся небольшом подпоре воды входит в меженное русло. Волнение здесь слабое, высота волны менее 1,2 м. Глубины небольшие и часто меняются из-за колебания уровня. Русло постоянно переформируется.

Зона выклинивания подпора представляет собой устье главной реки со сложным гидрологическим режимом.

Течения на водохранилищах возникают также в половодье, при попусках воды и под воздействием ветра.

В *половодье* на водохранилищах наблюдаются особенно сильные течения. В этот период скорость течения в узких местах достигает 1 м/с (3,6 км/ч) и более. В центральных зонах водохранилища в половодье скорость течения бывает 0,5—0,8 м/с, а у берегов 0,3—0,5 м/с.

При попусках воды в водохранилище, которое является нижним бьефом верхней ГЭС, наблюдаются скорости течения, дости-

гающие нескольких километров в час. В межень попуски, а следовательно, скорости течения, меньше.

Ветровые течения (дрейфовые) зависят от скорости ветра, продолжительности его действия, скорости и направления предшествующих ветров, от глубины, близости берегов и островов. Обычно скорости течения составляют 1—7% скорости ветра. Например, в нижней зоне Цимлянского и Куйбышевского водохранилищ при ветре силой 8—13 м/с (5—6 баллов) скорость дрейфового течения составляет 0,20—0,35 м/с (0,7—1,2 км/ч). Направления и скорости дрейфовых течений часто меняются, особенно при слабых ветрах.

Течения на озерах возникают под влиянием впадающих и вытекающих рек, вследствие неравномерного нагревания и охлаждения масс воды и под влиянием ветра. На судоходство оказывают влияние лишь постоянные течения, вызываемые реками. Однако скорость этих течений невелика и в редких случаях достигает 1 см/с.

Уровни воды. Характерными уровнями водохранилища являются следующие:

подпорный уровень (ПУ) — уровень воды, образующийся в водохранилище в результате подпора;

нормальный подпорный уровень (НПУ) — наивысший проектный подпорный уровень верхнего бьефа, который может поддерживаться в нормальных условиях эксплуатации гидротехнических сооружений;

форсированный подпорный уровень (ФПУ) — уровень выше нормального, временно допускаемый в верхнем бьефе в чрезвычайных условиях эксплуатации гидротехнических сооружений.

Уровни воды на водохранилищах постоянно меняются и зависят во многом от изменения естественного притока воды, испарения, сгонов и нагонов под воздействием ветра, сбросов воды в нижний бьеф и потерь ее на фильтрацию.

При регулировании стока колебания уровней воды в водохранилищах составляют несколько метров в год и зависят от вида регулирования стока и количества поступающей воды при весеннем половодье.

Обычно в весенний период (в течение двух-трех месяцев) водохранилище наполняется стоком талых вод и уровень воды повышается на несколько метров. В течение лета и зимы происходит сработка воды и снижение уровня, что сказывается на глубинах. В маловодные годы при недостаточном стоке воды с бассейна уровень может быть ниже нормального подпорного уровня. В следующий год водохранилище может не восполнить израсходованную воду и уровень не достигнет прежних отметок.

Нагонно-сгонные колебания уровней. При ветре поверхностное течение приводит к подъему уровня воды у наветренного берега. В результате разных высот уровней противоположных берегов в глубине водоема образуется обратное — *компенсационное течение*, которое встречает сопротивление дна и поэтому имеет меньшую скорость, чем поверхностное течение. Нагон происходит до тех пор, пока разность в уровнях не усилит компенсационное течение настолько, что между ним и поверхностным (нагонным) течением установится скоростное равновесие и уровень воды получит определенный уклон.

У глубоких водоемов с обрывистыми берегами влияние дна на компенсационное течение меньше, чем у мелких, поэтому компенсационное течение у первых водоемов несколько сильнее и скорее приходит в равновесие с поверхностным. Следовательно, у глубоких водоемов нагон воды будет меньше, чем у мелководных.

Наибольший подъем уровня бывает в начале нагона, когда водная масса еще не приобретает глубинного компенсационного течения. Нагоны особенно велики в узких и мелких заливах, вытянутых по направлению ветра. Величина нагона зависит от силы и характера берега. Например, на Цимлянском водохранилище нагоны у берегов достигают 20—30, а иногда 50—60 см. На Рыбинском водохранилище разность в уровнях у противоположных берегов может достигать 1 м. На приплотинном участке Горьковского водохранилища при нагонных ветрах уровень воды поднимается до 45 см выше НПУ.

Большую опасность для судоходства представляют сгоны, которые могут вызвать посадку судов на грунт. Величина сгонов может приближенно приниматься равной величине нагонов.

При плавании по трассам, проходящим вблизи берегов водохранилища, особенно в верхней его зоне, необходимо учитывать влияние на глубину сгонов и нагонов воды.

Сейши. Колебательные движения всей массы воды в водохранилище или озере называют *сейшами*. Поверхность воды при этом приобретает уклон то в одну, то в другую сторону. Ось, вокруг которой колеблется поверхность воды, называются *узлом сейши*. Сейши могут быть *одноузловые* (рис. 56, а), *двухузловые* (рис. 56, б) и т. д.

Сейши возникают при резких изменениях атмосферного давления, прохождении грозы, при резких изменениях силы и направления ветра, способных раскачать массу воды. Водная масса, стремясь возвратиться в прежнее положение равновесия, приходит в колебательное движение. Колебания под действием трения будут постепенно затухать. Траектории частиц воды в

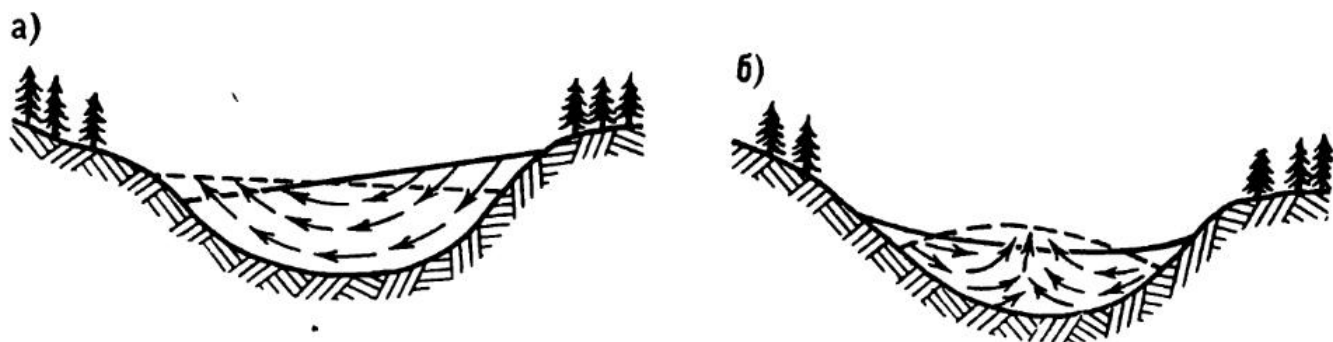


Рис. 56. Сейши

сейшах подобны траекториям, наблюдаемым в стоячих волнах. Чаще всего сейши имеют высоту от нескольких сантиметров до метра. Периоды колебаний сейш могут быть от нескольких минут до 20 ч и более. Например, в приплотинной части Цимлянского водохранилища наблюдаются одноузловые сейши с периодом 2 ч и высотой 5—8 см.

Тягун. Резонансные волновые колебания воды в портах, бухтах и гаванях, вызывающие циклические горизонтальные движения судов, стоящих у причалов, называют тягунами. Тягуны создают длиннопериодные стоячие волны с периодом колебаний воды от 0,5 до 4,0 мин. Период колебания поверхности воды и скорость движения ее частиц зависят во многом от конфигурации берегов и глубины бассейна.

Порт сообщается с открытым водоемом (морем) сравнительно узким проходом, где колебание воды, вызванное внешними силами, вызывает колебания воды в бассейне у причалов. Внешними силами могут быть внутренние волны, образующиеся под действием штормов в открытом море или озере, которые, приближаясь к мелководью, выходят на поверхность и проникают на акваторию порта. Внешними силами также могут быть послештормовая зыбь, барические волны, возникающие при быстром и значительном изменении атмосферного давления.

Если период внешней волны близок к периоду собственных колебаний воды портовой акватории, то эти колебания быстро нарастают и достигают большого значения. После прекращения действия внешних сил колебания затухают.

В зависимости от того, в какой точке тягуна находится судно, каковы его размеры и места крепления швартовов, оно испытывает иногда очень сильные горизонтальные или вертикальные резонансные перемещения. Причем рядом может находиться судно, которое практически не испытывает действие тягуна, так как оно отличается от первого размерами, массой, периодами качки и собственных колебаний.

Во время тягунов пассажирские суда вынуждены отходить на рейд (так как стоянка у причалов становится невозможной), а грузовые — прекращать работы. Даже при очень маленьких ускорениях в движении судна возникают ударные силы, способные повредить его корпус. Тягуны воздействуют на суда неодинаково, поэтому судоводители должны знать их особенности в данном порту, период колебаний воды в акватории, а также особенности поведения своего судна при тягуне.

Колебания уровней в озерах. При изменении объема воды (прихода и расхода), а также при движении водной массы в озерах происходят колебания уровней воды. Амплитуда колебаний уровня воды может быть от 2—3 см до нескольких метров. Значение колебаний уровня во многом зависит от площади и характера берегов озера. В течение года в отдельных климатических зонах периоды колебаний уровня бывают различны. В северных широтах наибольшие колебания бывают в начале лета. На северо-западе европейской части СССР в течение года максимальные уровни бывают весной и осенью и минимальные — зимой и летом. В озерах средней части Сибири (например, на Байкале) наибольший уровень наступает летом, а наименьший — осенью, зимой и весной. В засушливых местностях Северного Казахстана и Прикаспийской низменности наибольшие уровни наблюдаются весной от снеготаяния и наименьшие — летом.

Кроме годовых колебаний, у озер различают вековые колебания уровней. Они вызываются изменениями условий питания озер. В связи с колебаниями количества атмосферных осадков, летних температур воздуха, испарения и т. д. иногда несколько лет подряд наблюдаются многоводные или маловодные годы. При тектонических процессах может происходить поднятие или опускание озерной котловины, что также сказывается на уровне озера. Многолетняя амплитуда колебаний уровней различна и составляет несколько метров.

Колебания уровней на озерах вызываются сейшами и сгона-ми-нагонами воды (причины появления их те же, что и на водохранилищах). Амплитуда колебаний уровней воды при сейшах составляет несколько сантиметров (например, на Байкале 5—14 см). Сгоны и нагоны воды повышают или понижают уровень от нескольких сантиметров до нескольких метров (например, на Аральском море 2—3 м, на Байкале до 40 см). Приливы на озерах имеют небольшое значение, повышение уровня составляет несколько сантиметров (например, на Байкале 1,5—4 см, на Аральском море 2—3 см).

§ 21. НАВИГАЦИОННЫЕ ОПАСНОСТИ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ И ОЗЕРАХ

Берега водохранилищ. В водоеме различают береговую и глубинную области.

Разрушение берегов под воздействием волнения происходит постоянно и начинается сразу после создания водохранилища. Продукты размыва крупных размеров, откладываясь вблизи, образуют береговую отмель, а мелкие частицы переносятся в глубь водоема, постепенно оседая на дне. Берег водохранилища в течение одного лета может обрушиваться в глубину на несколько десятков метров, а по длине — на несколько километров. Рост береговой отмели и разрушение берега продолжают до тех пор, пока не создастся защитная отмель (пляж).

Размыв берегов зависит от многих факторов: характера волнения, рода грунта, крутизны склонов, растительности. Скалистые берега менее подвержены разрушению. Однако и они обрушиваются из-за образования пльвуна, возникшего вследствие разжижения мелкозернистых грунтов. В результате происходит мощная просадка грунта и сползание его в водохранилище. В водохранилищах, расположенных в зонах вечной мерзлоты, происходит протаивание мерзлого грунта, которое постепенно распространяется в глубину и охватывает подводные склоны. Поэтому наблюдается просадка грунтов, в берегах образуются заполненные водой ниши с нависающими над ними незатопленными участками берега, обреченными на обрушение, например Вилуйское водохранилище.

Заиление водохранилищ происходит в основном от твердого стока впадающих рек и продуктов разрушения берегов. Заилению способствует сдувание наносов с поверхности бассейна и отмирание растительности и организмов. Продолжительность заиления водохранилища зависит от его емкости и величины годового стока наносов. Очень быстро заносятся горные водохранилища. Водохранилища равнинных рек, наоборот, заносятся очень медленно. Например, для заполнения наносами и илом самой нижней части чаши Рыбинского водохранилища необходимо около 700 лет, а для заиления Иваньковского водохранилища — не менее 1000 лет.

Навигационные опасности. На водохранилищах к навигационным препятствиям относят нижеследующие.

Береговые отмели — создаются при разрушении берегов и иногда далеко вдаются в сторону водохранилища, уменьшая глубины. У некоторых водохранилищ подводные откосы стали

пологими. При плавании, особенно в первые годы после образования водохранилища, не следует близко приближаться к берегам.

Разрушающиеся берега — высокие отвесные берега, состоящие из известняков и гипсовых пород, легко размываемых водой с образованием больших пустот и ниш. Большие массивы берега, подмытые снизу, иногда рушатся в воду.

Затопленный лес может встретиться на судовом ходу. Ложа водохранилищ, расположенных в лесных районах, до затопления были покрыты лесом. Как правило, перед затоплением лес вырубает, но в ряде отдельных районов вне судового хода это может быть не сделано. Дрейфующим льдом такой лес выкорчевывается и переносится на судовой ход, засоряя его. При обвале берегов, поросших лесом, участок водохранилища будет засорен древесными стволами и корнями.

Всплывший торф — опасность, встречающаяся на некоторых водохранилищах. Особенно это наблюдается в первые 2—3 года после образования водохранилища. Массивы торфа достигают площади 100 га и толщины 1—6 м. Бывали случаи, когда суда, вставшие на якорь над торфяным массивом, ускоряли его всплытие.

Заросли растительности (тростника и камыша) иногда образуются в прибрежных районах и препятствуют судоходству.

К навигационным опасностям на водохранилищах относятся также: *остатки старых сооружений* вблизи судоходной трассы; *наносы и косы* в устьях впадающих рек; *малая глубина* на поймах и *извилистый судовой ход*, идущий по старому руслу; *колебания уровней воды* при сработке и быстрое *понижение уровня* при сгонных ветрах.

Определенные затруднения для плавания судов возникают в *зонах выклинивания подпора водохранилищ*. Длина подпорного участка, зависящая от колебаний уровня воды в водохранилище, распространяется на несколько десятков километров. У перекатов, расположенных в зонах выклинивания подпора, происходит наращивание гребней. При высоких уровнях река несет много наносов и намывает гребни. При низких уровнях будет происходить размыв переката, но этот процесс идет медленнее. Часть отложенных наносов может остаться несмытой вплоть до начала следующего паводка.

В зоне выклинивания подпора высота гребней перекатов возрастает на 30—35 см по сравнению с их высотой до создания подпора. Это уменьшает глубины, достигнутые общим подъемом уровня. Глубины в зоне подпора часто меняются, плавание судов затруднительно.

Условия судоходства на озерах можно сравнить с условиями плавания в прибрежных морских районах. Основными навигационными опасностями на озерах являются *мелководья, обширные береговые отмели и косы, подводные обособленные отмели (банки), камни, заросли растительности* в прибрежных участках и др.

Порты-убежища. На водохранилищах рейды, предназначенные для укрытия судов на период штормовой погоды, называют портами-убежищами. Убежища сооружают путем проведения дноуглубительных работ и строительства молов и волноломов, их размещают в долинах затопленных рек и оврагов. *Мол* — это оградительное сооружение, примыкающее одним концом к берегу, а *волнолом* — оградительное сооружение, обе оконечности которого не соединяются с берегом. Порты-убежища оборудуют причальными приспособлениями.

Русловой режим в устье естественных убежищ бывает иногда весьма сложным. У многих заливов вход со стороны водохранилища быстро перекрывают наносы. При понижении уровня воды наносы обсыхают и выступают на несколько метров над уровнем, отделяя залив от водохранилища. Для поддержания убежищ в нормальных эксплуатационных условиях на их акваториях и на подходах к ним регулярно проводят траление и дноуглубительные работы.

Порты-убежища размещены на водохранилищах таким образом, чтобы при заблаговременном (6-часовом) предупреждении о шторме суда и плоты могли укрыться в них.

§ 22. МОРСКИЕ УСТЬЯ РЕК

Виды морских устьев рек. Устья крупных рек, впадающих в моря, находятся на стыке речных и морских путей. В устьях расположены многие крупнейшие морские и речные порты (Ленинград — в устье р. Невы, Астрахань — в устье р. Волги, Архангельск — в устье р. Северной Двины и т. д.).

Различают морские устья рек четырех видов.

Дельта реки (рис. 57) — устьевой участок реки, в пределах которого происходит ее деление на водотоки.

Дельты создаются путем заполнения наносами котловин морских заливов (р. Дунай) или затопленных в результате геологических процессов (долины рек Хатанга, Анабар, Оленек и др.). Дельты рек занимают большие площади (Лены — 28 000 км², Дуная — 3600, Волги — 15 000, Индигирки — 5000 км² и т. д.). Обычно дельты низменны и болотисты, покрыты бога-



Рис. 57. Дельта



Рис. 58. Губа

той растительностью. Образуюсь в течение многих столетий, они постепенно продвигаются вперед и наступают на море. При каждом половодье дельты растут, меняют свою форму, расширяются и удлиняются. Например, р. Дунай ежегодно увеличивает длину дельты на 4—6 м, Терек — на 100 м. Нева ежегодно увеличивает площадь дельты на 50 тыс. м².

Судоходство в дельтах из-за малых глубин, узости и переменчивости фарватера затруднительно. К примеру, дельта Северной Двины имеет много рукавов, но подход к Архангельску осуществляется только по одному узкому рукаву Маймаксе, который мелководен и интенсивно заносится.

Губа (рис. 58) — это устье в виде широкого и длинного залива моря. Такие устья имеют наши северные реки (Обская губа, Мезенская, Онежская). Губы имеют очертания продолговатой формы, являющиеся как бы продолжением речных берегов. Большое влияние на такие устья оказывают впадающие реки, вода в губе опресненная и по цвету отличается от морской. На стыке реки и начала губы образуется дельтовидный участок. Обладая в большинстве случаев большими глубинами, губы удобны для судоходства.

Устьевой лиман (рис. 59) — часть устьевоего взморья в виде залива, отделенная косой и превратившаяся в проточный водоем, сформированный при отсутствии приливных явлений. Лиман представляет собой затопленную морем долину устьевой части реки или затопленную прибрежную низменность, заполненную речными наносами. У рек Балтийского моря такие устья называются *гафами*.

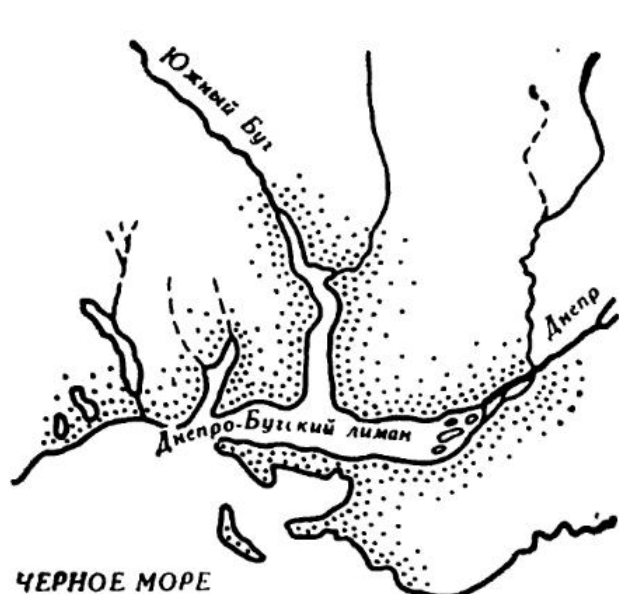


Рис. 59. Устьевой лиман



Рис. 60. Эстуарий

Лиманы бывают открытые — соединенные с морем и закрытые — отделенные от моря косой (к закрытым лиманам относятся, например, Узунларский на Керченском полуострове, Молочный на Азовском море, к открытым — Днепро-Бугский на Черном море и Ейский на Азовском).

Эстуарий (рис. 60) — часть устьевого взморья в виде глубоко вдающегося в сушу залива, сформированного при воздействии приливных явлений. Во время прилива вода с моря входит в устье реки, а при отливах, уходя обратно, уносит наносы. Обычно эстуарии имеют большие глубины и доступны для больших морских судов. Подобие эстуария представляют устья наших северных рек (Таймыра, Анабара и др.).

Река выносит в море большое количество наносов, при встрече с относительно спокойной морской водой они отлагаются на широком пространстве. Во время волнений наносы перемещаются обратно к устью реки, образуя песчаный подводный вал — бар.

Устьевой бар — это подводные отмели, созданные в результате осаждения наносов реки и моря на устьевом взморье. Различают два типа устьевых баров: речной — в месте втекания речных вод в море и морской — в месте стыка стокового и морского течений.

Бар лежит на небольшой глубине и отгораживает устье от моря. Морские волны дополнительно пополняют бар наносами, перемещающимися в продольном направлении со смежных участков морских берегов. Большое влияние на бар оказывают ветры и приливы, которые, нагоняя воду, наращивают гребень бара в высоту. Проходя через бар, река разделяется на веерообраз-

ные протоки, одни из которых развиваются, а другие отмирают. При дальнейшем росте бара он делится на отдельные острова. Каждая из крупных протоков дельты, выходящая непосредственно в море, имеет мелководный бар.

Глубины на баре очень малы. Например, на барах Лены, Печоры, Оби глубины составляют 2—2,5 м, Енисея — около 6,5 м. В то же время на примыкающем участке реки глубина обычно равна 15—40 м и более.

Морские и устьевые побережья. Волны, разрушая берега, перераспределяют продукты размыва и наращивают в некоторых местах сушу. Часто обломочный материал, переносимый волнами и течением, отлагается в виде отмелей и кос. Даже слабое волнение вызывает перемещение гальки вдоль берега приблизительно на 20 м в сутки. Растительность также способствует нарастанию суши, так как среди нее непрерывно накапливаются наносы. Это характерно для дельт крупных рек.

Берега, сложенные из твердых кристаллических пород, тоже подвергаются хотя и медленному, но непрерывному разрушению.

Можно выделить нижеследующие основные береговые образования.

Морское побережье — полоса суши, примыкающая к морю, рельеф которой носит следы взаимодействия с морем. Морское побережье как непосредственно в самих устьях, так и вблизи них непрерывно меняется. Это происходит по причинам геологического характера или под влиянием гидрометеорологических явлений (волн, течений, льдов, ветра, осадков, резких изменений температур воздуха и воды).

Берег моря — часть морского побережья, взаимодействующая с морем в настоящее время.

Лагуна — акватория, отделенная от моря косой постоянно или временно. Она представляет собой небольшой и неглубокий залив, отделенный от моря сплошной наносной полосой (пересыпью, баром) или сообщающийся с ним узким протоком — гирлом. Лагуны встречаются на Черном море, на восточном берегу Каспийского моря, на Сахалине, Камчатке и Чукотском полуострове.

Гирла — это рукава или протоки в дельтах крупных рек, впадающих в Черное и Азовское моря (Килийское, Сулинское, Георгиевское гирла в дельте Дуная, донские гирла в Таганрогском заливе Азовского моря и др.). Гирлами также называют проливы, соединяющие лиманы и лагуны с морем (например, на Азовском море).

Бухта — небольшой залив, защищенный от волнения береговыми мысами, выступающими в море.

Пересыпь (кошка) представляет собой скопление наносов в устье лиманов, в узких бухтах или лагунах. Пересыпи образуются в результате уменьшения силы волн моря на границе их встречи с более спокойной водой лимана или бухты. Пересыпи могут полностью перекрывать вход в лагуну, лиман или бухту (например, пересыпь лимана р. Молочной в Азовском море, пересыпь Керченского полуострова и др.). В других случаях в пересыпи остается узкая протока, соединяющая лиман или залив с морем.

Стрелка — скопление наносов (аналогичное пересыпи), вытянутое вдоль берега на очень большое расстояние (иногда на сотни километров). Стрелка может отделять лагуны от моря (например, Арабатская стрелка в Азовском море). В некоторых случаях пересыпь и стрелку называют береговым баром.

Коса — выступающая в море низменная намывная полоса суши, сложенная из песка, гальки, мелкого ракушечника и т. д. (например, Бердянская и Обиточная косы в Азовском море). В тех случаях, когда коса имеет длину, в несколько раз превышающую ее основание, она иногда называется стрелкой (например, коса Долгая в Азовском море).

Лайда — низменный берег с большой песчаной прибрежной отмелью в северных морях и в устьях рек. Лайда тянется иногда на расстоянии 20—30 км и имеет ширину от 300 м до 2—3 км; она заливается водой и обнажается только при самых низких уровнях воды осенью.

Шхеры — прибрежный водный район с большим количеством небольших островов, скал и камней.

Навигационные опасности. Морские устья рек имеют разные виды навигационных опасностей. Назовем основные из них.

Бар — это, как уже говорилось, вал из наносов. Из-за малых глубин и меняющегося фарватера он очень труден для прохождения судов.

Мелководье — обширное неглубокое пространство.

Мель — участок дна с малой глубиной (малыми считаются глубины в 10 м и менее).

Отмель — мель, примыкающая к берегу.

Банка — отдельно лежащая мель. В большинстве случаев банки расположены вблизи берега и создают опасность для судоходства. Иногда банками называют обширные водные участки с меньшими, чем в окружающем их районе, глубинами.

Риф — подводная или осыхающая отмель или банка с твердым грунтом (камень, гравий и т. д.).

Камни — могут быть подводными, надводными и выступающими в малую воду над водой.

Скала — отдельное и небольшое по размерам повышение каменистого дна.

Ямы — незначительные по протяженности неровности дна, отличающиеся резким увеличением глубин.

На наших северных реках существуют различные местные термины, объяснение которых приведено в соответствующих лощиях. Например, *голец* — песчаное отмелое место на фарватере, *лещадь* — отмель, усеянная камнями, *корга* — каменистая коса или остров и др.

§ 23. УРОВНИ ВОДЫ И ТЕЧЕНИЯ В МОРСКИХ УСТЬЯХ РЕК

Колебания уровней воды. В морских устьях рек бывают *периодические* и *непериодические* колебания уровней воды. К периодическим относятся подъемы и спады уровня под влиянием приливообразующих сил. Непериодические зависят от неравномерности стока рек, сейсмических явлений, осадков, водообмена с другими водоемами, а также нагонов и сгонов воды под воздействием ветра (последняя причина наиболее существенна).

Повышение уровня в устье рек (нагоны) возникают из-за подпора речных вод волной нагона с моря. Наибольшие нагоны создаются в вершинах устьев, поперечное сечение которых постепенно уменьшается. Нагоны у берега прямоугольного очертания невелики, так как благодаря возникающему течению, параллельному берегу, вода растекается в стороны (например, на Белом море — 0,3 м, на Каспийском — 0,5—0,7 м).

Сгоны наблюдаются только на мелководных участках, где ветер сравнительно быстро сгоняет небольшую массу воды, а из-за мелководья компенсационный приток донной воды незначителен. На приглубых взморьях сгоны малы и не имеют практического значения, так как понижение уровня ослабляется поступлением компенсационной донной морской воды. Устьевые участки, глубоко врезанные в материк, имеют сильные сгоны воды, когда направление устья совпадает с направлением ветра.

Уровень воды при нагоне и сгоне изменяется со скоростью 0,1—0,3 м/ч и поднимается на 1—3 м. Нагон в устьях рек распространяется вверх по реке на сотни километров. Например, в низовьях Дона подъем уровня достигает 2 м, нагон распространяется на 10 км; в устье Волги нагон доходит до Астрахани, где уровень иногда повышается на 2 м.

Сгоны и нагоны оказывают значительное влияние на судоходство, особенно на барах. При сгонах воды уровни воды на

баре понижаются настолько, что он становится непреодолимым для судов. Суда стоят на барах иногда несколько суток, ожидая хотя бы малейшего подъема уровня воды.

Особенно велики сгоны и нагоны в устье р. Невы в Ленинграде. По проекту защиты Ленинграда от наводнений (рис. 61) 11 каменно-земляных насыпных дамб пересекут Финский залив от ст. Горская через о. Котлин к г. Ломоносову. Общая их длина составит 25,4 км. Между дамбами разместятся два пролета для прохода судов и шесть водопропускных сооружений.

Непериодические колебания уровней воды в устьях вызываются также изменением атмосферного давления, заторами льда, неравномерностью стока реки и т. д.

Заторы льда, образующиеся в рукавах дельты, вызывают резкий подъем уровня, например в Архангельске на 5—6 м.

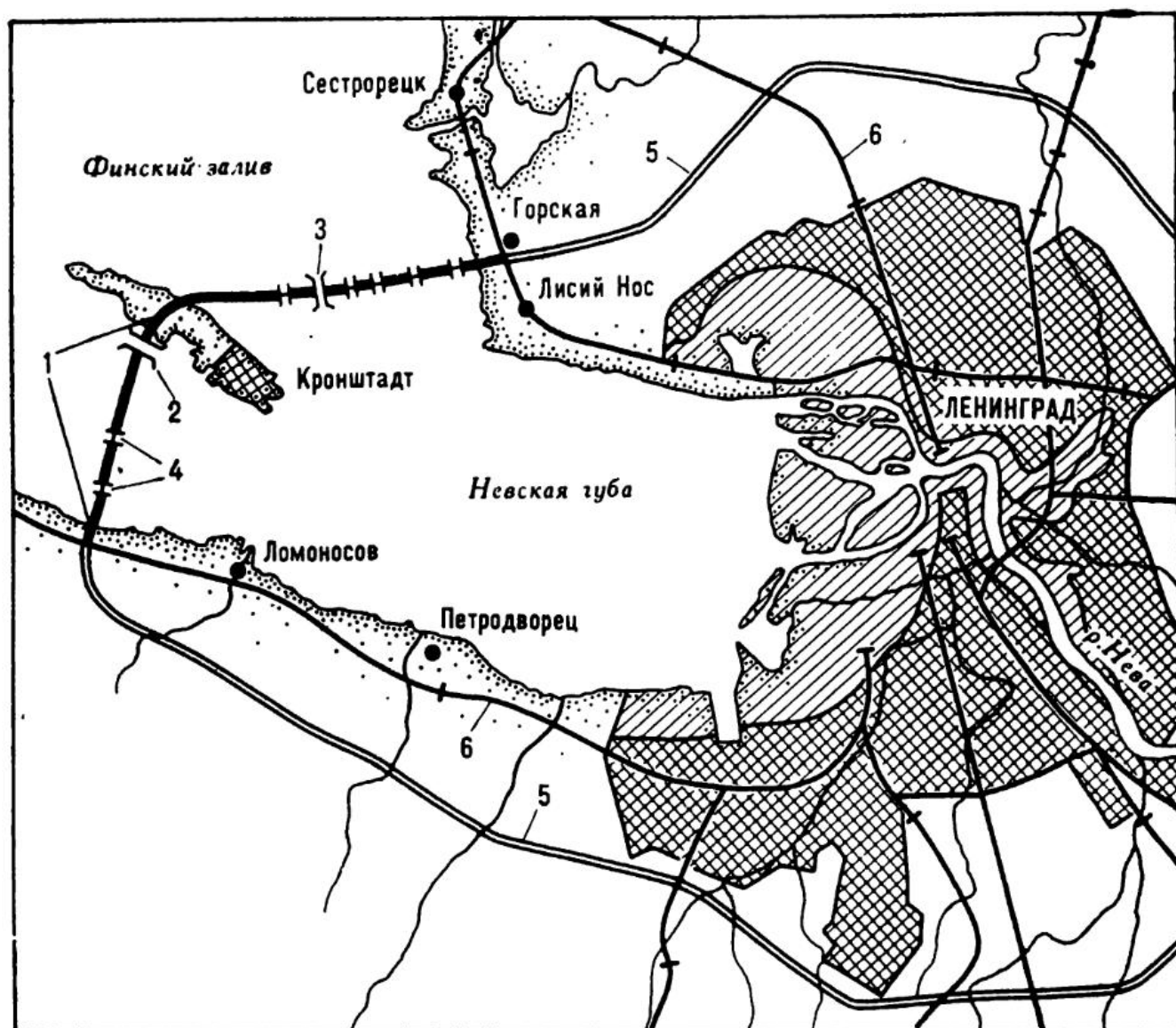


Рис. 61. Схема гидротехнических сооружений для защиты г. Ленинграда от наводнений:

1 — защитные дамбы; 2, 3 — судопропускные сооружения; 4 — водопропускные сооружения; 5 — кольцевая автодорога; 6 — железная дорога

В Обской губе подъему способствует ледяной покров в средней и северной частях губы, препятствующий распространению воды.

Понятие о приливных явлениях. При вращении Земли вокруг оси O (рис. 62) на каждую ее точку действуют силы притяжения Луны L и центробежные силы C , которые возникают от движения Земли и Луны вокруг оси, проходящей через центр тяжести O_1 системы Земля — Луна. Таким образом, в каждой точке земной поверхности 1, 2, 3 и т. д. образуются две силы L и C , равнодействующую которых P можно определить. Эта равнодействующая называется *приливообразующей силой*.

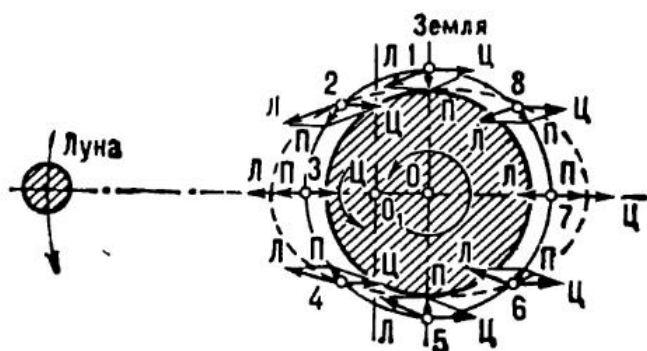


Рис. 62. Схема расположения приливообразующих сил на поверхности Земли

Приливообразующая сила в точках 1, 3, 5, 7 (см. рис. 62) вертикальна к поверхности воды и поэтому вызывает лишь изменение ее веса. В точках 2, 4, 6, 8 эта сила направлена по касательной к поверхности воды и поэтому вызывает с обеих сторон смещение воды по направлению к точкам 3 и 7, где наступит прилив. В то же время в точках 1 и 5 наступит отлив, и поверхность океана примет форму вытянутого эллипсоида. Очевидно, что наибольшие значения приливообразующие силы будут иметь в точках зенита 3 и надира 7, а наименьшие — в точках 1 и 5 (см. рис. 62). В центре Земли приливообразующая сила равна нулю.

Кроме Луны, на Землю оказывает воздействие и Солнце. Схема образования приливообразующей силы Солнца такая же, как и для Луны. Приливообразующая сила Солнца (несмотря на его большую массу) в 2,17 раза меньше, чем Луны, так как Солнце удалено от Земли в 390 раз дальше, чем Луна. Обе системы приливообразующих сил существуют независимо друг от друга, но они оказывают взаимное воздействие на образование приливов, поэтому на Земле наблюдается лунно-солнечный прилив. На экваторе приливы и отливы будут наибольшими, а при удалении от него к северу и югу они уменьшаются. На обоих полюсах колебаний уровня нет и он постоянно понижен.

Таким образом, если бы Луна и Солнце вращались постоянно в плоскости экватора с одинаковой угловой скоростью и находились всегда бы на одном и том же расстоянии от Земли, то

приливы отличались бы правильностью как по высоте, так и по времени. В этом случае два раза в сутки через равные промежутки времени наступал бы прилив и столько же раз отлив, причем высоты смежных полных и малых вод были бы одинаковы. В действительности причина приливов намного сложнее.

В природе происходит постоянное изменение наклона Луны и Солнца. Изменяется не только расстояние от Земли до Луны и Солнца, но и их взаимное расположение. Эти причины, влияя на правильный ход приливов, вызывают появление так называемых *неравенств приливов*.

Приливы по своей природе можно отнести к волнам. Длина приливной волны достигает 2000 км, а скорость распространения — 160 км/ч. Благодаря большой длине волна прилива в открытом море остается незаметной для наблюдателя. В приливных волнах частицы воды движутся по очень вытянутым в горизонтальном направлении замкнутым орбитам, причем вертикальная составляющая движения создает приливные колебания уровня, а горизонтальная — приливные течения. Приливные колебания уровня воды могут быть от нескольких сантиметров до десятка и более метров в течение суток. В открытой части океанов колебание составляет около 1 м, у побережий материков достигает 3—4 м, в вершинах узких заливов иногда доходит до 10 м.

При плавании вблизи берегов необходимо знать значение прилива на каждый час в данном месте. Сведения о приливах опубликованы в специальных навигационных пособиях. На судах предвычисление приливов делается по ежегодным таблицам приливов. Судоводители обязаны хорошо представлять природу явления и знать терминологию приливов, чтобы, пользуясь пособиями, безошибочно использовать даваемые ими сведения для решения навигационных задач.

Приливные течения в устьях рек. На некоторых реках, впадающих в моря, наблюдаются значительные приливы. По рекам приливные волны распространяются вверх по течению. Распространяющаяся волна сильно видоизменяется благодаря малым глубинам, течению и изменению в очертаниях русла реки.

Приходящая с приливной волной морская вода как более тяжелая распространяется вначале по дну, под речной водой. Подъем уровня воды в устье реки при приливе создает приливное течение, которое останавливает собственное течение реки и обращает его даже в противоположную сторону. Если приливная волна заходит в реку на большое расстояние, то подъем уровня воды в реке продолжается еще и тогда, когда в устье уже наступил отлив. При отливе направление отливного течения

совпадает с направлением течения реки. В период половодий приливные явления в устьях рек уменьшаются, а иногда исчезают совершенно.

В период, когда наступает отлив, из-за уклона водного зеркала и совместного стока морской и речной воды скорость течения намного увеличивается. В устьях северных рек СССР эти скорости доходят до 2 м/с и более.

При распространении приливной волны вверх по реке ее форма иногда очень резко меняется из-за того, что скорость распространения гребня больше, чем подошвы. Передний склон волны при этом достигает высоты более 1—2 м и становится очень крутым, почти отвесным. Волна быстро, иногда со скоростью до 15—20 км/ч, распространяется вверх по реке, разбивается на мелких местах с сильным шумом. Нередко за первой волной проходит вторая и третья, но меньшей высоты и с меньшей скоростью. При движении вверх волны постепенно уменьшаются. Это явление распространения приливной волны называется в Англии — *бор*, а во Франции — *маскарэ*.

В устье Северной Двины наблюдается несколько другое явление — *маниха*. При манихе после малой воды подъем уровня приостанавливается и около двух часов остается почти неизменным. После этого уровень вновь поднимается, пока не наступит полная вода. В течение суток происходит четыре подъема и четыре понижения уровня. Явления, подобные манихе, наблюдаются и на некоторых других реках.

Судоводители при плавании в морских устьях рек обязаны учитывать изменение уровней воды и своеобразие течений на этих участках.

Приливные течения у морских побережий. Приливные течения в узкостях имеют значительно бóльшую скорость по сравнению с открытым океаном. Вблизи берегов Советского Союза в узкостях и проливах скорость приливных течений достигает больших значений (5—13 км/ч). Например, в Карском море у о. Белого скорость приливного течения достигает 6,5 км/ч, у о. Бегичева в районе моря Лаптевых — 4,5 км/ч, в горле Белого моря — 4,5 км/ч, а в проливе Лаперуза — 9 км/ч.

Сулои — это крутые волны со взбросами и водовороты, возникающие в некоторых районах с сильными приливными течениями. При выходе из проливов или из-за мысов сильные приливо-отливные течения, расходясь веерообразно, создают своеобразные водовороты, встречные течения и толчею воды с пенными полосами. Сулои наблюдаются почти во всех проливах. Небольшие сулои создаются в Черном море (в Керченском проливе), более сильные — в узкостях у Тихоокеанских берегов.

Наибольших размеров сулои достигают в мелководных районах с сильными реверсивными течениями, например в Курильских проливах. Особенно сильные сулои создаются течениями рек, впадающими в моря, например в Карском море вблизи Обской губы и Енисейского залива.

Образование сулоев обычно связывают с взаимодействием двух встречных потоков воды (рис. 63, а). Во фронтальной зоне образуются вихри, выходящие на поверхность в виде беспорядочных волн, энергия которых тем больше, чем больше скорость потоков. Сулои создаются также в результате выхода потока на мелководье (рис. 63, б), когда возникают большие скорости, вихри и волны на поверхности воды. Наибольшие сулои этого вида создаются на приливных течениях, когда поток охватывает всю толщу воды от поверхности до дна и несет в себе большую энергию. Сулои, создаваемые при встрече двух водных потоков, наблюдаются вблизи бухт северного побережья Кольского полуострова. Здесь приливный поток, заходя в заливы, создает уклон поверхности воды. Вызванное этим уклоном течение встречается с приливным, и в горле этих бухт и заливов создаются сулои.

Сулои опасны для плавания. Даже крупные суда испытывают на них беспорядочную качку и рыскливость. Пересечение района сулоя мелкими судами может вызвать гибель последних.

В некоторых случаях в прибрежной полосе моря со сложным рельефом дна, извилистыми очертаниями берегов и определенным сочетанием направлений приливных течений создаются *водовороты*. Так же как и сулои, сильные водовороты в узкостях и среди островов представляют опасность для плавания (особенно для мелких судов). Водовороты наблюдаются в Белом море, в проливе Маточкин Шар, в Енисейском заливе, в Обской губе, в Хатангском заливе и других местах.

«Мертвая вода». Вблизи берега слой скачка плотности воды возникает чаще всего в районах впадения рек, а также во время

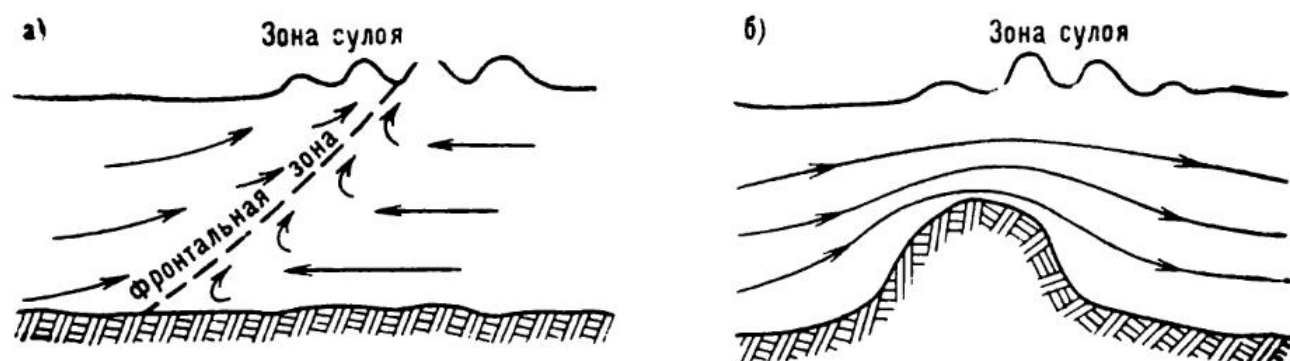


Рис. 63. Схемы образования сулоев

таяния льда, когда относительно тонкий слой почти пресной воды располагается на высокосоленой и плотной морской воде.

В таких местах может возникать явление, носящее название «мертвая вода». Она возникает на границе раздела между верхним и нижним слоями, резко отличающимися по плотности, если толщина верхнего слоя приблизительно равна погруженной части судна. Явление «мертвой воды» встречается повсеместно вблизи устьев крупных рек: Лены, Енисея и др. Особенно часто оно наблюдается в арктических морях в штилевую весеннюю погоду при ледотаянии.

Судно, скорость которого примерно совпадает со скоростью свободного движения волны, будет создавать не только судовые волны на поверхности, но и внутренние волны на границе раздела двух слоев воды — «легкого» верхнего и «тяжелого» нижнего. Волновое сопротивление судна сильно возрастает, так как вода в верхнем слое толщиной, равной осадке, движется в обратном направлении и вызывает потерю скорости судна.

Суда, идущие с небольшой скоростью, попав в «мертвую воду», внезапно теряют ход, и наоборот, при выходе из нее сразу набирают скорость. Буксируемые суда на «мертвой воде» рыскают и плохо слушаются руля. Поверхность воды при движении по «мертвой воде» приобретает в штиль своеобразный вид. За кормой увеличиваются поперечные волны, впереди появляется большая волна, которую судно толкает.

Контрольные вопросы

1. Какие причины вызывают образование течений и колебания уровней на водохранилищах?
2. Перечислите навигационные опасности на водохранилищах.
3. Назовите виды морских устьев рек.
4. Что входит в состав морских береговых образований и навигационных опасностей?
5. Почему возникают приливы?
6. Как создаются приливные течения и какие виды их бывают в природе?

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ И ЛЕДОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ

§ 24. ВЕТЕР

Элементы ветра. Ветер характеризуется двумя элементами: направлением и скоростью.

Направление ветра определяют по компасу той частью горизонта, откуда он дует. Говорят: «Ветер дует в компас», Следовательно, направление ветра может быть: северное, северо-западное, юго-восточное, западное и т. д.

На реках направление ветра часто определяют относительно течения реки: ветер может быть *верховой* (дует по направлению течения) и *низовой* (дует против течения).

В зависимости от того, с какой стороны дует ветер, у судна различают *наветренный борт* (борт, обращенный к ветру) и *подветренный борт* (противоположный наветренному).

Относительно направления движения судна ветер может быть *встречным* и *попутным*.

Ветер, дующий в сторону берега под прямым или небольшим углом к нему, принято называть *навальным*, а ветер, дующий от берега в сторону реки или озера, — *отвальным*. Таким образом, для одного берега ветер будет отвальным, для другого — навальным. То же и для судна — в зависимости от того, у какого берега оно находится.

Если на неподвижном судне определять направление ветра, то оно называется *истинным* $u_{\text{и}}$ (рис. 64). При движении судна возникает поток воздуха, который называется *курсовым ветром* $u_{\text{с}}$. Курсовой ветер имеет скорость судна и направлен в

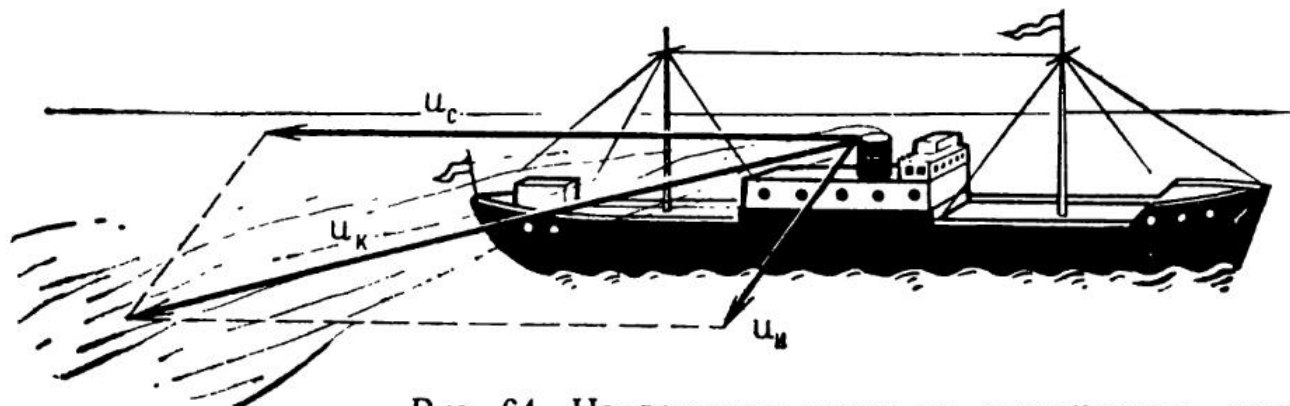


Рис. 64. Направление ветра на движущемся судне

сторону, обратную его движению. На движущемся судне будет измеряться *кажущийся (вымпельный)* ветер u_k . Он направлен по равнодействующей истинного и курсового ветра.

Скорость ветра обычно измеряется в метрах в секунду или километрах в час. Сила ветра измеряется баллами (от 0 до 12). Градации скорости ветра даны в таблице.

Словесная характеристика	Скорость ветра, м/с	Сила ветра, баллы	Словесная характеристика	Скорость ветра, м/с	Сила ветра, баллы
Штиль	0	0	Крепкий	14—17	7
Тихий	0—2	1	Очень крепкий	17—21	8
Легкий	2—3	2	Шторм	21—24	9
Слабый	3—5	3	Сильный шторм	24—28	10
Умеренный	6—8	4	Жесткий шторм	28—33	11
Свежий	8—11	5	Ураган	33 и более	12
Сильный	11—14	6			

В практической работе часто необходимо перейти от скорости ветра к баллам или от баллов к скорости ветра в метрах в секунду. Этот пересчет можно сделать в уме. Для грубой оценки при переходе к баллам скорость в метрах в секунду делится пополам (балл = скорость, м/с : 2), а при переходе к скорости баллы удваиваются (скорость, м/с = 2 × балл).

На береговых станциях направление и силу ветра определяют по флюгеру и анемометру. На судне скорость кажущегося ветра измеряют по анемометру, а направление — по дыму, флагу, вымпелу. У судов, буксирующих состав или плот со скоростью 3—4 км/ч, истинный и кажущийся ветер практически одинаковы.

У анемометра (рис. 65) имеются четыре полушария 1, которые вращаются под действием ветра. По циферблату со счетчиками 2 определяют число оборотов. Затем по переводному множителю, приведенному в аттестате анемометра, и числу оборотов получают скорость ветра.

Иногда для определения направления ветра на судах устанавливают на открытых местах небольшие матерчатые конусы, называемые «колдунчиками».

Располагая материалами наблюдений за ветром, можно определить повторяемость каждого направления и различных скоростей ветра.

Роза ветров служит для наглядного графического изображения повторяемости ветров (рис. 66). Ее строят следующим образом. Вначале проводят линии по восьми румбам (С, СВ, В,

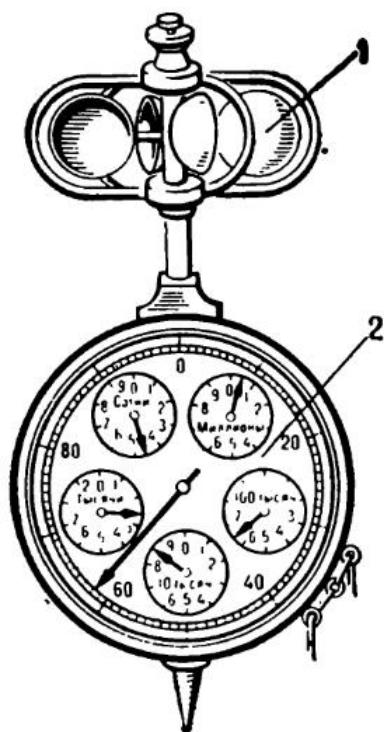


Рис. 65. Анемометр

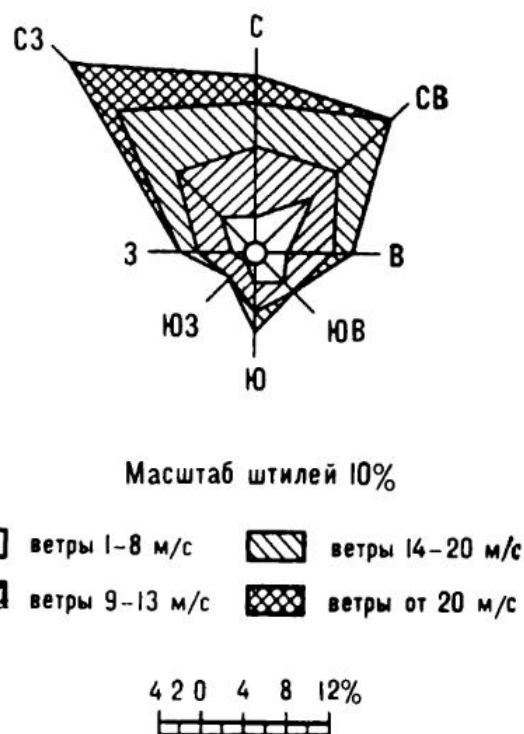


Рис. 66. Роза ветров

ЮВ и т. д.). На линиях румбов в масштабе откладывают отрезки, пропорциональные повторяемости направления или скорости ветра, выраженные в процентах. Повторяемость откладывается от окружности штилей, радиус которой равен числу процентов штилей в принятом масштабе. Соединив концы отрезков, получают фигуру — розу ветров, которая дает представление о распределении ветров в данном пункте по направлениям и скорости. Розы ветров строятся для месяца или года.

Виды местных ветров. Ветры, возникающие по местным причинам и охватывающие небольшие территории, называют *местными*. Основными видами таких ветров являются следующие.

Бриз — ветер, имеющий направление днем с водоема на сушу (морской бриз), а ночью — с суши на водоем (береговой бриз). Обычно бризы распространяются на расстояние до 50 км в глубь над сушей и несколько большее в глубь над водоемом. Основной причиной возникновения бриза является неравномерность прогрева и остывания суши и водоема в течение суток, вследствие чего возникает циркуляция воздуха.

Бора — «падающий» холодный и сильный ветер, направленный с прибрежной возвышенности на море. В Советском Союзе такой ветер наблюдается в районе Новороссийска и Новой Земли, где сила ветра достигает 50—60 м/с.

Сарма — «падающий» северо-западный ветер, дующий на западном берегу озера Байкал со скоростью до 40 м/с.

Бакинский норд — обычно сильный, сухой и холодный северный ветер, достигающий скорости 20—40 м/с.

Ветры бора, сарма, бакинский норд называют также *падающими*. Продолжительность их бывает несколько суток. Падающие ветры образуются из-за значительной разности атмосферного давления над сушей и над водоемом, где оно меньше.

Воздушные массы, перемещаясь со стороны суши к водоему в сторону меньшего давления, накапливаются за хребтами гор и начинают подниматься вверх (рис. 67).

На вершине гребня, где воздух перенасыщен водяным паром, возникает облачный вал, покрывающий весь горный хребет. С высоты хребта воздух устремляется к водоему. Холодный воздух, переваливая через горный хребет, приобретает большую скорость из-за разности давлений на суше и водоеме, а также из-за действия силы тяжести воздуха.

Бора распространяется на несколько километров от берега.

Мощное падение холодного воздуха создает сильное волнение в прибрежной зоне и вызывает обледенение судов и портовых сооружений.

На водохранилищах после их создания в ветровом режиме данной местности происходят большие изменения и создаются местные ветры. Это объясняется тем, что вместо шероховатой поверхности земли появляется обширное водное пространство. Обычно в таких случаях сила ветра увеличивается, уменьшается повторяемость штилей и изменяется направление господствующих ветров.

Ветер, соприкасаясь с поверхностью земли или воды, благодаря трению несколько затихает, поэтому скорость ветра с высотой увеличивается. Считается, что при переходе с суши на воду скорость ветра увеличивается в среднем на 30%. Однако увеличение скорости ветра связано и с местными особенностями рельефа берегов водохранилища. При низких и открытых берегах средние скорости ветра возрастают почти в 1,5 раза, а под лесистыми и высокими берегами скорость ветра, наоборот, уменьшается.

Изменение элементов ветров у препятствий. Влияние препятствий на воздушный поток разнообразно. Оно зависит от размеров и форм препятствий, от расположения их по отношению

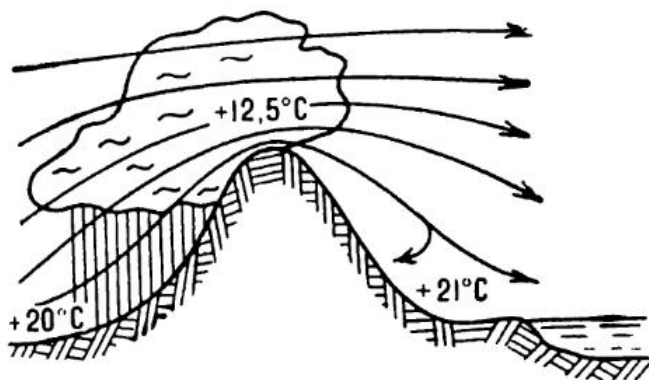


Рис. 67. Схема образования местного ветра -- боры

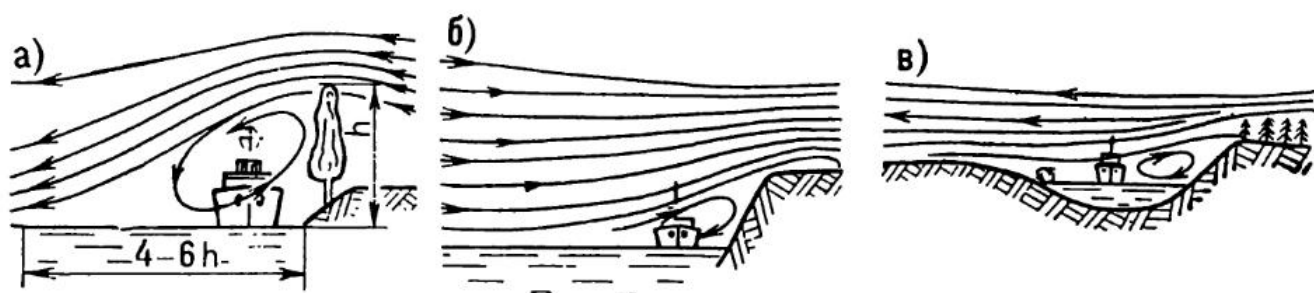


Рис. 68. Влияние берегов на направление ветра:

а — ветер дует с высокого берега; *б* — ветер дует с реки к берегу; *в* — ветер пересекает неширокое русло реки

к ветру, от скорости ветра и состояния атмосферы. Например, ветер, дующий с горы, сохраняет свое направление лишь у противоположного берега. Непосредственно под горой ветер приобретает обратное направление. Следовательно, ветер, наблюдаемый на подходе к горе как отвальный, фактически вблизи нее будет навальным. Опасными для судов являются разрывы высоких берегов долинами притоков, оврагами. Через эти разрывы ветер с большой силой «сваливается» на реку или водохранилище.

Разберем некоторые типичные случаи (рис. 68). При ветре, дующем из-за берегового отдельно стоящего препятствия, вблизи последнего создается ветровая тень, а на некотором расстоянии — вихрь с горизонтальной осью и ветром обратного направления. При ветре, дующем с реки к берегу, дебаркадеру и т. п., около них возникает ветер почти обратного направления. Действие обратного ветра сказывается на расстоянии, равном приблизительно высоте препятствия. Ветер, пересекающий реку со стороны высокого берега, изменяет направление почти на обратное. Изменение направления происходит по часовой стрелке и сказывается на расстоянии, равном одной-двум высотам берега. Высокие и изрезанные берега изменяют скорость ветра, дующего со стороны берега, придавая ветру в прибрежной полосе неустойчивое направление и порывистость.

Сила и направление ветра не остаются длительное время постоянными. При установившейся погоде ветер может усиливаться, проходить порывами, затем ослабевать.

§ 25. ВЕТРОВОЕ ВОЛНЕНИЕ

Образование ветровых волн. При движении потока воздуха вдоль поверхности воды по законам вязкого трения он передает ей часть энергии и увлекает поверхностный слой воды под ве-

тер. Уже при слабом ветре и достижении им скорости 0,25—1,0 м/с на поверхности воды появляются волны очень малых размеров, называемые *рябью*. При усилении ветра водная поверхность выходит из равновесия. К равновесию она возвращается под воздействием гравитационной силы, т. е. силы тяжести.

После возникновения волнения ветер создает давление воздуха с наветренной стороны и его разрежение с подветренной стороны гребня. Форма гребня волны станет несимметричной (рис. 69, а). Равнодействующую сил давления воздуха и вязкого трения Q можно разложить на вертикальную F и горизонтальную составляющую F_H . Последняя создает горизонтальное смещение масс воды под ветер. В охваченном волнением слое вода будет циркулировать (рис. 69, б).

При ветре со скоростью примерно 5 м/с силы давления на гребень значительно превышают силы разрежения под гребнем, поэтому по поверхности перемещаются короткие волны, их гребни начинают опрокидываться.

В крепкий ветер (14 м/с) с гребней волн срываются вспененные воздушными вихрями массы воды (рис. 69, в). При скорости, большей 12 м/с, воздушные потоки у гребней волн становятся очень неустойчивыми, гряды волн разрываются, образуя отдельные водяные холмы. При еще более сильном ветре (шторме) правильные мощные гряды волн покрываются мелкими холмиками. Следовательно, ветровое волнение представляет собой сложную систему волн, зависящую от различных факторов.

Ветер, создавая волны, передает им определенную энергию. Энергия волны прямо пропорциональна квадрату ее высоты, длине и расстоянию по гребню. В связи с тем что высота волны убывает с глубиной наибольшей энергией обладают волны верхних слоев воды. Когда волна встречает препятствие, энергия, за-

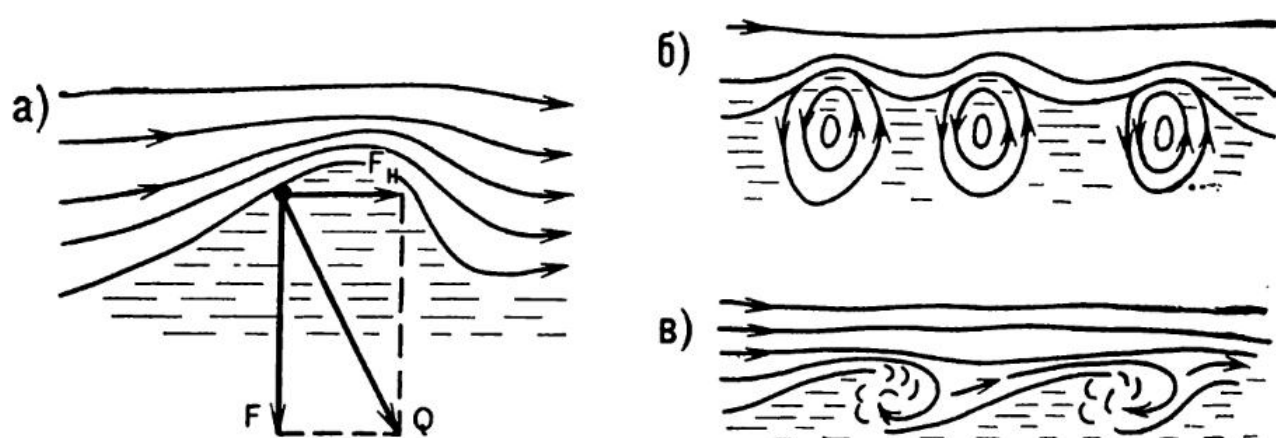


Рис. 69. Ветровая волна:

а — воздействие ветра на волну; б — схема циркуляции частиц воды в волне; в — профиль волны в сильный штормовой ветер

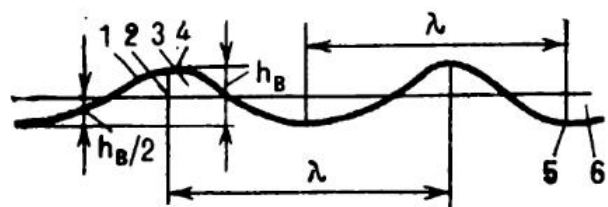


Рис. 70. Элементы волнения

ключенная в ней, переходит в энергию удара. Этим объясняется причина того, что волны вызывают большие разрушения.

Элементы волнения. Различают следующие элементы волнения.

Волновой профиль 1 (рис. 70) — кривая, получаемая в результате сечения взволнованной поверхности моря вертикальной плоскостью в заданном направлении.

Средний волновой уровень волнового профиля 2 — линия, пересекающая волновой профиль так, что суммарные площади выше и ниже этой линии одинаковы.

Гребень волны $З$ — часть волны, расположенная выше среднего волнового уровня.

Вершина волны 4 — наивысшая точка гребня волны.

Ложбина волны б — часть волны, расположенная ниже среднего волнового уровня.

Подошва волны 5 — наинизшая точка ложбины волны.

Высота волны h_v — превышение вершины волны над соседней подошвой на волновом профиле, проведенном в генеральном направлении распространения волн.

Длина волны λ — горизонтальное расстояние между вершинами двух смежных гребней на волновом профиле, проведенном в генеральном направлении распространения волн.

Период волны τ — интервал времени между прохождением двух смежных вершин волн через фиксированную вертикаль.

Скорость волны v — скорость перемещения гребня волны в направлении распространения волны, определяемая за короткий интервал времени порядка периода волны.

Наветренный склон волны — часть волны от подошвы до вершины, обращенная к ветру.

Подветренный склон волны — часть волны от вершины до подошвы, закрытая от ветра.

В морях нашей страны наибольшие волны достигают высоты 9 м и длины 150 м. Направление ветра и направление ветровых волн в открытом море, как правило, совпадают или разнятся на 30—40°.

Виды и формы волнения. Из-за неравномерного воздействия ветра волны имеют разнообразные виды и формы. Ветровые волны, на распространение которых оказывает действие глубина

водоема, называются *волнами мелководья*. Эти волны возникают там, где глубины водоема менее половины длины волны.

Зыбь — вызванные ветром волны, распространяющиеся в области волнообразования после ослабления ветра и изменения его направления, или вызванные ветром волны, пришедшие из области волнообразования в другую область, где дует ветер с другой скоростью и другого направления.

Мертвая зыбь — вызванные ранее ветром волны, распространяющиеся при отсутствии ветра.

Толчея — беспорядочное волнение, возникающее вследствие взаимодействия волн, бегущих в разных направлениях. При толчее увеличивается высота и крутизна волны и возрастает сила ее удара. Попав в толчею, судно может потерять управляемость.

Бурун — пенистые массы воды, образующиеся на гребне волны при ее разрушении. Бурун возникает на мелях без непосредственного удара волны о берег, когда из-за трения о дно гребень обгоняет ложбину волны и обрушивается вперед.

Обрушивающийся вал — волна, гребень которой вследствие уменьшения глубины деформируется и обрушивается.

Накат — вызванный обрушением волн возвратно-поступательный поток, набегающий на отмельный берег.

Взбросы — столбы воды, образующиеся при набегании на крутые берега.

Прибой — волны, обрушивающиеся в прибрежной зоне. Волна, выходя на мелководье, достигает критической глубины, которая имеет значение, равное $(2 \div 3) h$. В этом случае волна обрушивается, разбивается и образуются буруны. В прибойной волне частицы воды имеют как орбитальное, так и поступательное движение, поэтому плавающие предметы толчками приближаются к берегу и затем выбрасываются на него. В то же время по дну создается обратное движение в сторону моря. Разбитая волна сильно воздействует на сооружения и опасна для них.

Интерференция ветровых волн возникает при наложении их друг на друга, в результате чего исходные волны могут либо увеличиваться, либо уменьшаться. Интерференция наблюдается при изменении направления ветра или при отражении волн от отвесных берегов. При интерференции может возникнуть стоячая волна, профиль которой не перемещается и узловые точки остаются на месте. Стоячие волны опасны для плотов, так как разрушают их.

Рефракция ветровых волн — трансформация ветровых волн при косом подходе гребней волн к изобатам (рис. 71, а). При подходе к берегу, благодаря трению частиц воды о дно, ско-

рость перемещения волны уменьшается. При косом подходе волны к побережью часть волны, ближайшая к берегу, располагается на меньших глубинах, поэтому скорость ее продвижения вперед уменьшается, а части волны, расположенные на больших глубинах, продолжают двигаться с прежней скоростью. В результате волна как бы разворачивается, стремясь стать параллельной берегу. Поэтому, независимо от направления волны в открытой части водоема, к берегу она подходит всегда под небольшим углом.

Дифракция ветровых волн — это изменение структуры ветровых волн при огибании ими препятствий (рис. 71, б). Дифракция наблюдается у островов и оградительных сооружений, за поворотами приглубых берегов, на участках расширений водоемов.

Особенности волнения на водохранилищах и реках. Волнение на водохранилищах имеет много общего с волнением на море. Здесь волны, как правило, имеют меньшую высоту, чем морские, но они круче их. Преобладающее отношение длины волны к высоте у морских волн находится в пределах 15—40, а у волн водохранилищ 10—20. Высоты волн на водохранилищах и озерах бывают различны: на Камском водохранилище — до 1,8 м, Горьковском — до 1,7 м, Рыбинском — до 2,5, Куйбышевском — до 3,2, Цимлянском — до 3,0, на Онежском озере — до 3,0, на озере Байкал — до 3,5 м. Чем меньше водоем, тем ниже и круче на нем волны. На малых озерах высота волн не превышает 0,5 м. Волнение на водохранилище в различных его районах неодинаково. Оно зависит от разгона волны, рельефа берега и дна, растительности и т. д.

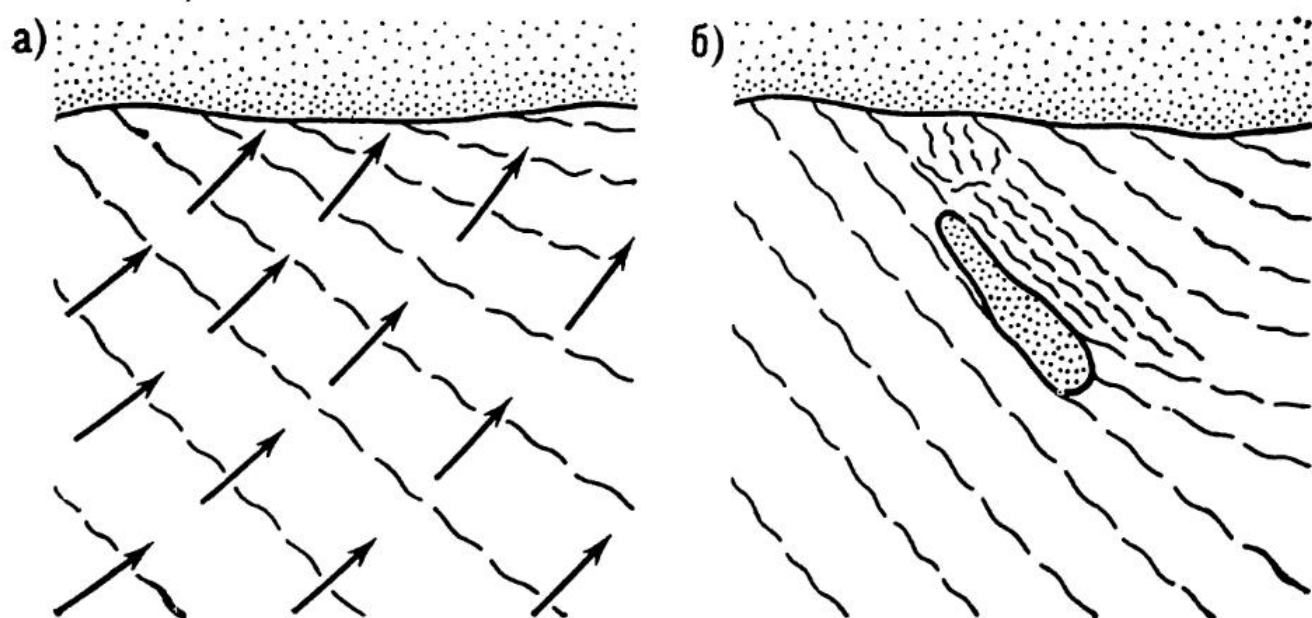


Рис. 71. Рефракция (а) и дифракция (б) ветровых волн

Кустарник, затопленный на большой глубине в нижней зоне, не мешает развитию волнения; в средней зоне, находясь на глубине 2—3 м, он оказывает тормозящее действие на волны. Лес, затопленный на дне водохранилища, уменьшает при небольших глубинах размеры волн, создает рефракцию волнения, а иногда толчею. На мелких озерах и в водохранилищах из-за небольших глубин при волнении также создается толчея. Она часто возникает при отражении волн от берега. Когда стихает ветер, волны на водохранилищах быстро исчезают, зыби обычно не наблюдается.

Волновой режим аванпорта верхнего бьефа зависит от ориентировки и размеров входа в аванпорт, величин волн, приходящих из водохранилища и создающихся на акватории аванпорта, типа стенок и т. д. Обычно волна в аванпорту не превышает 0,5—1,0 м. Волны на акватории аванпорта создаются в результате интерференции местных волн и волн, поступающих с водохранилища. Волны, проникающие в аванпорт, превращаются в длинные и пологие волны типа зыби, причем в удаленных точках аванпорта волны становятся незначительными. Местные волны аванпорта являются, как правило, крутыми и короткими, высота их 0,5—1 м.

В низовьях рек, особенно при ветрах, дующих против течения, развивается крутая волна высотой 1,5—2 м. Морские устья рек имеют волнение, свойственное прибрежным морским участкам. В устьях рек Амура, Енисея, Оби наблюдаются волны высотой до 3 м и более.

Определение элементов ветрового волнения на судне. Существуют различные сложные методы теоретического определения элементов ветровых волн.

Для весьма приближенного подсчета ожидаемой высоты, см, волн на водохранилище можно использовать следующую зависимость:

$$h_{\text{в}} = 2 \times (\text{балл ветра}) \times 10. \quad (5)$$

Наблюдение за волнением с судна обычно заключается в глазомерном определении высоты волны и состояния поверхности водоема или определении элементов волны с помощью подручных средств.

Состояние поверхности воды оценивается в баллах по специальной шкале волнений. При этом гладкая поверхность характеризуется баллом 0, а предельное волнение — баллом 9.

Направление движения волн определяется по компасу стороной горизонта, откуда движутся волны.

Высота волны определяется по лоту или наметке в средней части судна, где меньше сказывается качка. Высоту волны можно замерить по борту судна. Для этого замечается последовательное положение подошвы и гребня двух или трех волн.

Длина волны измеряется следующим образом. Если она меньше длины судна, то два наблюдателя становятся около борта так, чтобы в один и тот же момент они находились против смежных гребней волн. Расстояние между наблюдателями затем измеряется. Если длина волны больше длины судна, то с кормы на тросике сбрасывают легкий буюк. Тросик потравливают настолько, чтобы наблюдатель на корме и буюк находились на двух смежных гребнях волн. Длина тросика затем измеряется.

При косом набегании волны ее истинная длина находится по формуле

$$\lambda_{\text{в}} = r \cos \alpha, \quad (6)$$

где r — расстояние при измерении;

α — курсовой угол движения волн.

Скорость волны определяется по времени прохождения одного и того же гребня мимо линий визирования наблюдателей. Период волны определяется по времени последовательного прохождения нескольких гребней.

§ 26. ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ НА РЕКАХ

Замерзание рек. Перед ледоставом на поверхности реки появляется *сало* — поверхностные первичные ледяные образования, состоящие из иглообразных пластинчатых кристаллов в виде пятен или тонкого сплошного слоя. С наступлением холодов, примерно за 12—20 дней до полного ледостава появляются *забереги* — полосы льда, смерзшиеся с берегами водных объектов при незамерзшей основной части водного пространства. Забереги увеличиваются до определенной ширины, после чего их края из-за постоянного воздействия плывущих льдин резко обозначаются сплошным валом битого измельченного льда. Такие забереги (по которым можно судить о направлении судового хода) на Волге получили название *утор*.

В этот же период на реке появляется так называемая *снежура* — скопление снега, плавающего в воде. Снежура при таянии поглощает часть тепла, вызывая охлаждение воды и ускоряя процесс образования льда.

На реках ледоставу предшествует образование *внутриводного льда* — скопления первичных ледяных кристаллов, образующихся в толще воды и на дне водного объекта.

Донный лед — внутриводный лед, образовавшийся на дне водного объекта. Наиболее распространена гипотеза образования донного льда в связи с турбулентным движением воды. По этой гипотезе переохлажденные на несколько градусов частицы воды и кристаллы льда увлекаются на дно, где, кристаллизуясь, образуют массы рыхлого льда. Будучи легче воды, донный лед отрывается от дна и всплывает на поверхность, образуя льдины. Большие массы этого льда, всплывая на поверхность, иногда увлекают за собой крупные камни, якоря, металлический лом, кабели.

Шуга — всплывший на поверхность или занесенный в глубь потока внутриводный лед в виде комьев, ковров, венков и подледных скоплений. Иногда за шугу принимают плывущую снежуру.

Шугоход — движение шуги на поверхности и внутри водного потока.

Термину «шуга» часто придают более широкий смысл, включая сюда непосредственно шугу, снежуру и ледовую кашу — массы мелкобитого льда, принесенного течением. Шуга сильно затрудняет судоходство и опасна, так как, прилипая к корпусу судна, образует под днищем большой слой льда. Густота ее увеличивается с понижением температуры воздуха. Стоящие суда могут примерзнуть к грунту, так как шуга может забить свободное пространство под днищем.

По мере снижения температуры и увеличения количества шуги из нее образуются *осенние льдины*, дающие начало осеннему ледоходу. Осенние льдины небольшие, но крепкие и имеют острые края. Они опасны для судов и сооружений, особенно деревянных, так как легко могут их прорезать. С увеличением количества льдин и шуги продвижение их затрудняется. Встретив препятствие, масса льда останавливается и смерзается. Наступает *ледостав* — фаза ледового режима, характеризующаяся наличием ледяного покрова. При ледоставе ледяные поля под воздействием течения напирают друг на друга, образуя *торосы* — ледяные бугры, идущие поперек реки.

Зимний режим реки. Поверхностный лед, создавая дополнительные сопротивления движению речного потока, изменяет характер уровней и скоростей течения. После ледостава нижняя поверхность льда усиливает сопротивление движению воды, в результате чего пропускная способность живого сечения снижается. В связи с этим происходит *подъем уровней*. Вода через

трещины выступает на лед. Эту воду называют «черной водой», так как на белом первом снегу она выглядит черной. Подъем уровней достигает на некоторых реках 2 м. Наибольший подъем бывает в начале ледостава из-за большой шероховатости ледяного покрова. Затем шероховатость сглаживается и ледяной покров оказывает потоку меньшее сопротивление.

При прибыли воды после ледостава, когда лед еще непрочен смерзается с заберегами, может произойти *подвижка льда* — небольшие перемещения ледяного покрова на отдельных участках реки или водоема. При этом все ледяное поле смещается вниз по течению, причем наблюдается большое нагромождение льда. Подвижка продолжается до тех пор, пока лед окончательно не остановился. Осенние подвижки очень опасны для судов, так как вместе со льдом могут быть унесены целые караваны судов. Чаще всего они наблюдаются на Ангаре и Енисее.

Сильный подъем уровней вызывают *зажоры* — скопление шуги с включением мелкобитого льда в русле реки, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды. Зажоры появляются чаще всего на реках или участках рек с быстрым течением: Ангаре, Неве, Амударье, Свири, Волхове и т. д. Высота зажорных подъемов уровня обычно не превышает 3—4 м (но известны случаи, когда уровень повышался на 6—7 м), причем такие уровни стоят 1,5—2 мес. Зимние наводнения при зажорах имеют очень тяжелые последствия.

На реках с быстрым течением возникают столбы из донного льда — *пятры*, иначе — скопления донного льда, выросшие до поверхности воды. Расширенная шапка их выходит на поверхность реки. Пятры прочно скрепляются с дном, выдерживая скорость воды более 3—4 м/с. Располагаясь рядом и смерзаясь шапками, пятры могут образовать ледяные плотины и вызвать подъем уровней воды.

На некоторых наших южных и европейских реках иногда бывают *зимние паводки*. При таких паводках уровень воды поднимается на 6—8 м. Лед, не выдерживая напора воды, ломается и вода устремляется на пойму. Зимние паводки возникают лишь тогда, когда зимой при достаточно высоком снежном покрове наступает сильное потепление и выпадают обильные дожди, которые насыщают снег влагой и ускоряют его таяние. В мерзлую почву вода почти не просачивается и мощным потоком устремляется в реки, вызывая быстрый подъем уровня.

В зимний период запас грунтовых вод истощается, поэтому уровни воды снижаются, а ледяной покров прогибается и обламывается у берегов — происходит *оседание льда*.

В период ледостава образуются *наледы* — наросты льда, возникающие при замерзании подземных вод, изливающихся на поверхность земли, или речных вод, выходящих на поверхность ледяного покрова. Вода также может выступить на лед вследствие оседания его под тяжестью снега, из родников и незамерзающих источников. Большие наледы значительной толщины образуются в устьевых участках притоков, которые промерзают до дна. Наледи распространены на северо-восточных реках. Толщина их может превышать 5 м. При выборе места зимовки следует избегать участков, где могут быть наледы, так как они опасны для судов.

В начальный период ледостава между остановившимися ледяными полями возникают *полыньи* — пространство открытой воды в ледяном покрове, образующееся под влиянием динамических и термических факторов. С наступлением морозов они покрываются ровным чистым льдом. Незамерзающие полыньи встречаются в местах с очень быстрым течением, обычно на порогах. Более устойчивы полыньи, образующиеся в истоках рек, вытекающих из озер, на перекатах за длинными глубокими плесами. В данном случае вода, выходя из озер и плесов, из-за турбулентного перемешивания имеет температуру выше 0°C . Полыньи наблюдаются в истоках Невы, Ангары, Свири, Волхова и других рек. В полыньях, находящихся перед затонами, накапливается шуга, заполняющая все свободное пространство между корпусами судов, дном и берегами.

После ледостава дальнейший *рост толщины ледяного покрова* происходит под влиянием низких температур воздуха. Чем больше период низких температур, тем больше толщина льда. Снежный покров, обладая малой теплопроводностью, снижает нарастание ледяного покрова. Чем выше снежный покров, тем медленнее нарастает лед. Толща льда на одном и том же участке в местах с малым количеством снега может быть на 0,2—0,5 м больше по сравнению с местами, где больше высота слоя снега. Кроме того, толщина льда зависит от скорости течения и притока грунтовых вод. При больших скоростях течения толщина льда меньше. В тихих протоках лед почти в два раза толще, чем в главном русле.

На плесах лед толще, а на перекатах тоньше. Объясняется это тем, что на перекатах степень турбулентности потока больше, чем на плесах. Общая температура потока на перекате становится несколько выше 0°C . Положительная температура воды замедляет процесс намерзания льда и даже является иногда причиной образования полыней.

Наибольшая толщина льда создается к концу марта — началу апреля: на реках севера европейской части и средней полосы страны — 0,9—1,2 м, на юге — 0,5—0,7 м; в устьевых участках сибирских рек — 1,3—1,6 м. Высота снежного покрова на льду находится в пределах 0,2—0,6 м.

Вскрытие рек. Весной, с наступлением положительных температур, начинается таяние снежного покрова и льда сверху и у берегов. На льду появляются темные пятна талой воды, которые постепенно распространяются на всю поверхность льда. Ледяной покров при этом выглядит потемневшим. Талые воды с берегов стекают в реку, вызывая увеличение расходов воды и скоростей течения. Уровни воды повышаются. Температура воды в реке увеличивается, а это вызывает таяние льда снизу. В связи с поступлением в реку талых вод лед наиболее быстро начинает таять у берегов, при этом создаются *закраины* — полосы открытой воды вдоль берегов, образующиеся перед вскрытием в результате таяния льда и весеннего повышения уровня воды.

При дальнейшем подъеме уровней ледяной покров отрывается от берегов. Под влиянием течения воды возникают подвижки льда.

Наблюдения показывают, что подвижки, как правило, начинаются в том случае, если превышение уровня паводковой воды над уровнем ледостава достигает 1,0—1,2 м. Подвижек может быть несколько. Они опасны для судов и сооружений в русле, так как могут повредить и даже разрушить их. Для предотвращения этого лед около них заранее окалывают.

В результате подвижек льда появляются *разводья* — пространства открытой воды в ледяном покрове.

Основная причина *вскрытия рек* — сильный подъем уровней воды, при котором ледяной покров ломается на отдельные льдины, приходящие под воздействием течения в движение. Так начинается *весенний ледоход*. При ледоходе льдины разбиваются на более мелкие, выносятся в море, озеро или реку, выталкиваются на берега и там тают. На реках, вытекающих из озер (Свирь, Нева и т. д.), наблюдаются обычно два весенних ледохода: при первом река очищается от своего льда, при втором несет лед из озера.

Вскрытие рек, текущих с севера на юг, происходит относительно спокойно. Ледоход проходит в низовье, и лед идет уже по вскрывшейся реке.

Ледяной покров разрушается при наступлении теплой погоды и соответствующем подъеме уровня воды. Такой вид ледохода бывает на Днепре, Волге и др.

На реках, текущих с юга на север, вскрытие проходит при прочном льде под воздействием паводка, идущего сверху. Ледоход бурный, сопровождается большим нагромождением льда на берегах и частыми заторами. Иногда паводок не может взломать ледяной покров и вода идет поверх льда. Такое вскрытие характерно для северных рек европейской части СССР и рек Сибири.

*Заторы — скопление льдин в русле реки во время ледохода, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды. Лед при заторе часто забивает все живое сечение реки до дна. Особенно часто наблюдаются и достигают больших размеров заторы весной. Заторы вызывают большой (до 10 м в сутки) подъем уровней воды. Подъем уровней происходит до тех пор, пока давлением воды затор не будет прорван. Ниже затора уровни резко снижаются. Иногда река уходит в сторону от затора, разрабатывая себе новый ход, называемый *прорвой*. Заторы опасны для отстаивающегося флота, гидросооружений и населенных пунктов. Подъем уровней выше затора приводит к образованию обратных течений. Устремившийся вместе с течением лед входит в затоны, повреждая суда. Наиболее опасны моменты прорыва затора, когда вода и лед с большой скоростью устремляются вниз, сметая все на своем пути.*

Суда, находящиеся выше затора над затопленной поймой, могут обсохнуть на ней при прорыве затора из-за быстрого спада воды. На некоторых сибирских реках (Енисее, Ангаре, Лене) заторы носят подчас катастрофический характер. Заторы ликвидируют при помощи взрывных работ, бомбардировки и ледоколов.

Ледовый режим в нижних бьефах. Осенний ледоход в нижних бьефах наступает на несколько дней позже по сравнению с тем, как это было до создания водохранилища. Ледостав часто сопровождается заторами и подъемом уровней воды. За счет поступления из водохранилища воды с положительной температурой ниже ГЭС образуются полыньи (например, ниже Ивановского водохранилища полынья обычно имеет длину до 25 км, ниже Рыбинского — от 3 до 20 км). При понижении температуры воздуха полынья может быть причиной образования большого количества донного льда и зажоров на нижележащих участках. Если ниже плотины попусками воды создаются скорости, равные или большие 1—1,5 м/с в южных районах, 2 м/с — в средней полосе и 3 м/с — в северной полосе, то ледяной покров не образуется.

Начало весеннего ледохода наступает несколько позднее по сравнению со сроками вскрытия реки, находящейся в естественном состоянии.

§ 27. ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ НА ОЗЕРАХ И ВОДОХРАНИЛИЩАХ

Замерзание водохранилищ и озер. С наступлением морозной погоды на озерах и водохранилищах на поверхности воды появляется сало. В дальнейшем появляется прозрачная корка льда толщиной до 5 см, называемая «склянка», или лед-резец. При дальнейшем охлаждении и тихой погоде образуются небольшие льдины, которые, сталкиваясь друг с другом, отбивая края, принимают округлую форму, т. е. создается *блинчатый лед* толщиной порядка 10 см и примерно 0,5 м в диаметре.

В этот же период в озерах может наблюдаться появление внутриводного льда (шуги), для образования которого необходимы переохлаждение и перемещение воды, а также наличие ядер кристаллизации (мелких кристалликов льда и снега, попадающих в поверхностный слой). При смерзании блинчатого льда и шуги возникают отдельные льдины и ледяные поля.

При быстром остывании берегов около них появляются забереги, состоящие большей частью из смерзшегося сала. При сильных ветрах забереги взламываются и, нагромождаясь на берега, приобретают торосистый вид. Постепенно забереги увеличиваются и образуют *припай*. Отдельно стоящие на мели торосистые образования льда носят название *стамухи*.

В период образования льда на берегах во время прибоя образуются *наплески* — обледеневшая вода на охлажденных берегах и скалах. В это же время на отмелях берегах или заберегах образуются *ледяные валы*, высотой 1—3 м, которые на Ладожском озере называются *рупеси*, на Байкале — *сокуи*, а также *ледяные шары* (на озере Байкал — *колобовники*), образующиеся при окатывании волнами гальки или шуги.

При дальнейшем охлаждении озера забереги растут, к ним примерзают сало и льдины, наконец озеро покрывается льдом.

На небольших озерах в тихую погоду лед быстро может распространиться от берегов к середине и озеро даже за одну ночь покрывается гладким льдом. Средние и большие мелководные озера замерзают за 3—20 сут. Центральные части крупных глубоких озер длительное время остаются свободными, а в некоторые годы не замерзают совсем (Ладожское и Онежское озера).

При ветре, длительное время имеющем одно направление, льдины становятся торчком, образуя торосы высотой до 3 м. Отдельную льдину, стоящую вертикально или наклонно среди ровного льда, называют *ропак*.

Зимний режим водохранилищ и озер. После ледостава происходит нарастание ледяного покрова, зависящее от температуры воздуха и снегового покрова. Интенсивно этот процесс идет в первые дни 2—3 декады после ледостава, а затем замедляется из-за малой теплопроводности льда. Снег замедляет образование льда. При большом количестве снега лед погружается в воду, дает трещины, по которым вода выступает на поверхность и замерзает вместе со снегом, образуя *наслуд*. Толщина льда на водохранилищах европейской части СССР 0,5—1,1 м, на водохранилищах Сибири — 1,0—1,5 м.

Резкие колебания температуры вызывают в ледяном покрове температурные напряжения, приводящие к разрыву льда и появлению *трещин* шириной до 1 м и более. При похолодании на верхний слой льда действует сила сжатия, и ледяной покров стремится изогнуться вниз. При потеплении происходит обратное, и ледяной покров изгибается вверх, причем лед выпучивает до высоты 2 м на протяжении десятков километров.

Трещины возникают при колебаниях уровня. При понижении уровня происходят оседание льда на берегах и разрывы ледяного покрова. Ветер на крупных озерах нередко разрывает ледяное поле, и льдины затем дрейфуют по свободной части озера. Ветер способствует сжатию и разрежению льда, а также изменению направления и скорости их дрейфа, затрудняет или облегчает условия плавания.

Под действием ветра наряду с торосами нередко образуются полыньи и разводья. Как правило, разводья образуются у берегов, от которых дует ветер, отжимающий льды в озеро. Ветер, дующий в сторону берега, наоборот, пригоняет массы льда к берегу, что представляет опасность для судов, находящихся вблизи берега или кромки льда.

Ветер и волнение оказывают существенное влияние на толщину льда. Под их действием образуются *подсоны* льда, увеличивающие толщину ледяного покрова на отдельных участках. Такой набивной лед очень компактен. По внешнему виду он кажется легким, тогда как, наоборот, может оказаться труднопроходимым для судов.

Сгонно-нагонные и приливо-отливные колебания уровня воды, также как и ветер, существенно влияют на условия плавания во льдах. Подъемы воды способствуют разрушению льдов и сохранению ледовых фарватеров. Спады воды вызывают силь-

ные подвижки, при которых увеличивается густота плавучих льдов и быстро исчезают пробитые фарватеры.

Степень заснеженности льда (т. е. толщина снега и распределение по поверхности льда снежного покрова) влияет на толщину льда и проходимость его судами. Снег на льду повышает ледовое сопротивление и увеличивает вероятность заклинивания судов. Свежий снежный покров обычно рыхлый и равномерно распределен по ледяному покрову. Старый снежный покров достаточно уплотнен и неравномерно залегает в виде заструг и надувов.

Вскрытие водохранилищ и озер. Весной с повышением температуры воздуха начинается таяние снега и ледяного покрова. Когда снег сойдет, тепло скапливается в верхних слоях воды и происходит сильное таяние льда снизу. У берегов лед тает быстрее. Этому способствует приток талых вод и подъем уровня озера. Лед отрывается от берегов, возникают закраины, достигающие ширины 1—2 км. Под действием ветра лед взламывается и льдины плавают по озеру, постепенно разрушаясь и тая. Большие массы льда выталкиваются на берега, образуя завалы высотой в несколько метров, а на водохранилищах часть льда сбрасывается через плотину.

Вскрытие и очищение ото льда происходит раньше всего у устьев и истоков рек. Вскрытие водохранилищ начинается сверху в зоне выклинивания подпора и носит здесь речной характер. Между вскрытием и очищением ото льда проходит значительный промежуток времени (например, на Ладожском озере в среднем 20 дней).

§ 28. ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ НА СУДОХОДНЫХ КАНАЛАХ

Замерзание каналов. Образование ледяного покрова на каналах зависит от климатических факторов, расхода воды, колебания уровня, режима работы гидротехнических сооружений и др. В период замерзания обычно значительно снижается число проходящих судов. Однако в продолжение нескольких суток из-за шлюзований судов происходит периодическое разрушение ледяной поверхности, сопровождающееся небольшими подвижками льда по каналу. У откосов канала ледяная поверхность не разрушается, причем толщина ее постоянно увеличивается. Как только толщина ледяной корки достигает 10—12 см, разрушение льда обычно прекращается и на всем протяжении канала образуется ледяной покров.

Некоторые каналы имеют особенности процесса замерзания. Например, на канале им. Москвы подача воды по каналу осуществляется в течение всего года, поэтому льдообразование зависит от режима работы насосных станций. В связи с увеличением подачи воды для обводнения рек Москвы, Яузы и Клязьмы ледостав на канале начинается только в конце декабря, а в теплые зимы часть канала бывает вообще свободна от льда.

Зимний режим и вскрытие каналов. В течение зимы толщина ледяного покрова на каналах увеличивается сравнительно равномерно, наибольшая толщина льда наблюдается в конце зимы. В средней части канала, где скорости течения большие, толщина льда наименьшая. Толщина ледяного покрова при приближении к берегам увеличивается и достигает наибольшего значения у уреза воды.

У откосов канала, укрепленных бетонными плитами, лед толще, чем у откосов с каменной мостовой. Это объясняется большей теплопроводностью бетонных плит и меньшей — каменной мостовой. Если крепление откосов сделано из камня, то при резких изменениях уровня воды возможны отрыв отдельных камней и перемещение их вниз по откосу вместе с ледяным покровом, который опускается при понижении уровня воды. Очень прочно ледяной покров примерзает к откосу, покрытому каменной наброской, особенно если камни новые и не покрыты пленкой мазута или водорослями.

На каналах с периодическими ежесуточными изменениями уровня воды в пределах 10—20 см в ледяном покрове, смерзшемся с откосами, на расстоянии 0,5—1,5 м от уреза воды появляются продольные сквозные трещины. Из-за работы ГЭС и насосных станций, вызывающей колебания уровней, на расстоянии 8—12 м от откосов на всем протяжении канала также появляются продольные трещины.

На участках канала, где камень откосов покрыт органической пленкой, береговая трещина в ледяном покрове создается по линии контакта льда с откосом. Поэтому органическая пленка положительно влияет на устойчивость откосов. Береговая трещина выполняет роль температурно-осадочного шва, в результате чего изгибающий момент от льда не передается на крепление откосов. Трещина предохраняет откосы канала от вредного воздействия ледяного покрова. Колебания уровней воды не дают трещинам смерзаться, поэтому в течение зимы периодически понижают и затем повышают уровень (на 20—30 см), чтобы ледяной покров постоянно имел береговую трещину.

Таяние льда весной на каналах начинается у откосов. В результате подтаивания лед отстает от крепления откосов. Таяние льда происходит также и в средней части канала, причем оно протекает быстрее, если есть течение воды. Вскрытие каналов длительное. Для более раннего наступления ледохода в канал подают увеличенные выпуски воды. Непосредственно перед весенним подъемом уровня воды его обычно предварительно понижают на 30—40 см, чтобы создать во льду вдоль берега трещину, а затем осуществляют подъем воды.

Контрольные вопросы

1. Как измеряются элементы ветра?
2. Почему возникают местные ветры?
3. Какие виды и формы волнения различают?
4. Как определить элементы волн на судне?
5. Как замерзают реки?
6. Как вскрываются от льда водохранилища?

УЛУЧШЕНИЕ СУДОХОДНОГО СОСТОЯНИЯ ПУТИ. РЕЙДЫ И ЗАТОНЫ

§ 29. ПУТЕВЫЕ РАБОТЫ

Назначение путевых работ. Реки в естественном состоянии имеют многочисленные препятствия, затрудняющие движение судов. Для улучшения судоходных условий на них ежегодно проводят путевые работы, заключающиеся в *руслоочищении, дноуглублении и выправлении рек, в обозначении направления и границ судового хода*, а также отдельных препятствий, глубины, ширины затруднительных участков и т. д. с помощью береговых и плавучих знаков.

Путевые работы проводят как в навигационный, так и в межнавигационный (зимний) период. Они выполняются по проектам, составляемым на основании *изысканий* (исследований) речного русла.

Для производства изысканий в технических участках организуют изыскательские русловые партии, которые обычно закрепляют за определенным участком реки. Изыскательская партия имеет необходимый геодезический инструмент, эхолот и вспомогательный флот. Для выполнения путевых работ технические участки имеют дноуглубительные и дноочистительные снаряды, вспомогательные суда; участкам придаются изыскательские партии и бригады путевых работ.

Руслоочищение. Для выявления подводных препятствий, угрожающих плаванию судов и плотов, проводят траление судового хода, выполняемое с помощью *тралов*, которые бывают мягкими и жесткими.

Мягкий (гибкий) трал представляет собой трос, буксируемый двумя катерами. Чтобы трос не сносило течением, к нему через 15—20 м прикрепляют грузы. Ширина траления до 160 м.

Жесткий трал (промерочная рама) состоит из тралящей поперечины 1 и вертикальных штанг 2, буксируемых двумя катерами 3 (рис. 72). Ширина тральной полосы до 24 м. Штанги опускают в воду на требуемую глубину траления.

Легкие препятствия со дна реки удаляют при помощи подручных средств, а тяжелые — при помощи *дноочистительных снарядов* (подъемных кранов). Для захвата препятствия служат различные приспособления. В зимнее время над препятст-

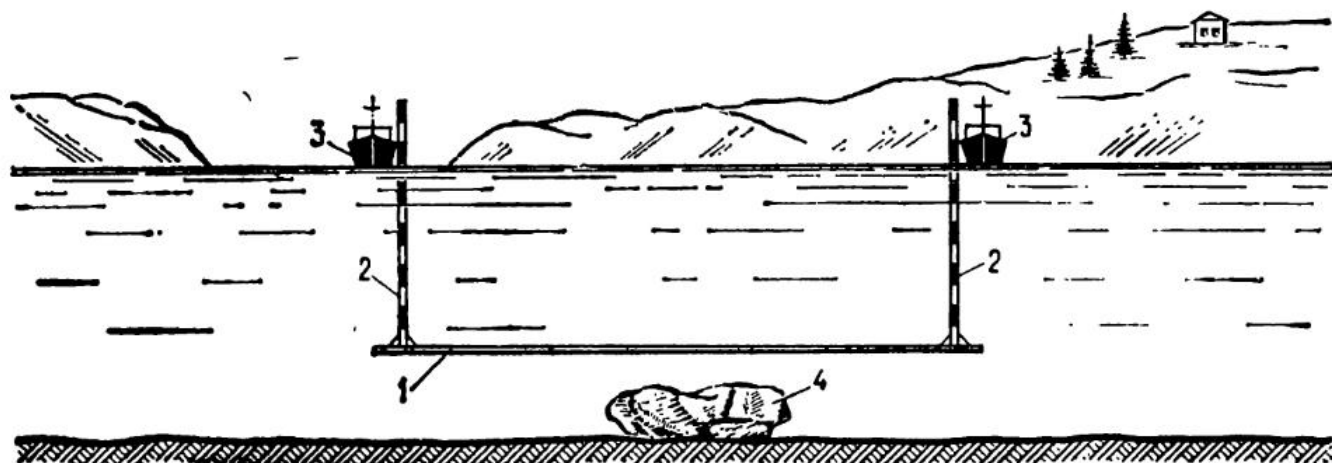


Рис. 72. Жесткий трал:

1 — тралящая поперечина; 2 — штанга; 3 — катера; 4 — подводное препятствие

вием во льду прорубают отверстие (майну), затем устанавливают подъемное средство. При дноочистительных работах используется труд водолазов, которые исследуют препятствия, укрепляют захватные приспособления, проводят подготовительные работы для взрывания крупных камней.

Дноуглубление. Наибольшее затруднение судоходство на внутренних водных путях испытывает из-за недостаточных глубин. Для увеличения глубин проводят землечерпание, скалоуборочные и взрывные работы.

На реках землечерпательные работы в большинстве случаев выполняют на перекатах, прорывая на них подводные каналы — *прорези*. На многих перекатах прорези под воздействием речного потока заносятся, поэтому их ежегодно восстанавливают. С помощью землечерпания на перекатах можно поддерживать глубины, в два раза превышающие естественные. Ширину прорези устанавливают в зависимости от густоты движения, размеров составов судов и плотов и назначают одинаковой для всего плеса. На наших реках ширина прорезей бывает от 25 до 120 м и более.

Основные типы земснарядов. На внутренних водных путях используют следующие типы земснарядов: одночерпаковый, грейферный, одночерпаковый штанговый, многочерпаковый, землесосный.

Показателем работы земснарядов является их производительность, т. е. объем грунта в кубических метрах, извлекаемый снарядом за час работы. Производительность существующих снарядов от 20 до 2500 м³/ч и более. Каждый снаряд имеет свою силовую установку. Речные снаряды в большинстве случаев несамоходные, поэтому их перемещают с одного участка работы на другой буксирными судами. Во время работы снаряды передвигаются при помощи лебедок, тросов и якорей.

Одночерпаковый грейферный снаряд (рис. 73) представляет собой кран, установленный на плавучем понтоне 2. Для захвата и извлечения грунта снаряд снабжен двустворчатым ковшом-грейфером 1. Снаряды могут работать в узких местах, на различных грунтах и черпать с любой глубины. Но дно прорези при этом получается неровным, поэтому на транзитных работах они применяются редко.

Одночерпаковый штанговый снаряд (рис. 74) — это мощный одночерпаковый экскаватор, установленный на плавучем понтоне 1. Глубина черпания до 8 м. Снаряд применяется в основном на внетранзитных работах, при разработке скальных грунтов, выдергивании свай, подъеме крупных камней и т. д.

Многочерпаковые снаряды (рис. 75) извлекают грунт при помощи черпаков 1, соединенных бесконечной цепью 6. Черпаковая цепь приводится в движение двигателем 2 через передачу 4 и верхний четырехгранный барабан 5, являющийся ведущим. Нижний барабан 8 обычно пятигранный — направляющий. Оба барабана укреплены по концам черпаковой рамы 13. Черпаковая цепь движется по роликам черпаковой рамы. Огибая верхний барабан, черпаки опрокидываются, и грунт вываливается в грунтовой колодец 3, из которого подается через лотки 14 в шаланду 15. Корпус снаряда имеет длинный прямоугольный рамный колодец 12, необходимый для увеличения угла наклона рамы и достижения наибольшей глубины черпания. Для изменения наклона рамы служат рамная лебедка и трос 7, соединенный с нижней частью рамы. Для работы снаряд устанавливают рамой вперед. При черпании грунта черпаковая цепь непрерывно движется, а снаряд перемещается влево или вправо при помощи якорных тросов 11 и лебедок 10. Вдоль прорези снаряд передвигают тросами 9, идущими к станковым якорям.

Производительность снарядов достигает 1300 м³/ч, а глубина извлечения грунта — 15 м. Количество черпаков от 20 до 60. Снаряды могут использоваться на сыпучих, глинистых и каменистых грунтах.

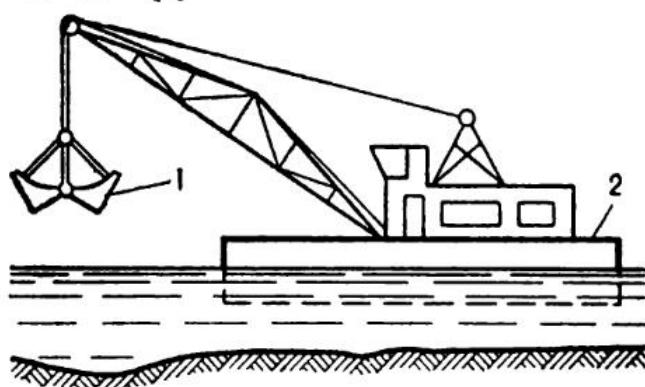


Рис. 73. Грейферный дноуглубительный снаряд

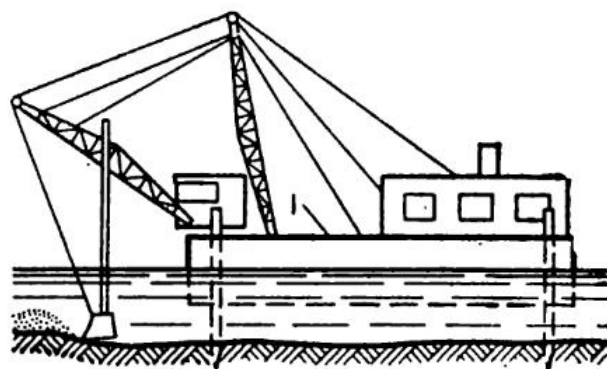


Рис. 74. Штанговый дноуглубительный снаряд

Землесосные снаряды (рис. 76) углубляют дно путем всасывания грунта в смеси с водой при помощи насоса. Смесь воды и грунта называют *пульпой*. Практически в пульпе содержится 10—30% грунта. Она через наконечник грунтоприемника 8 под воздействием рабочего колеса помпы (центробежного насоса) 10 всасывается по грунтопроводу 9 непосредственно в помпу, затем нагнетается этой же помпой в грунтопровод 2 и перемещается по плавучим грунтопроводам 1 к месту свалки. Рабочее колесо помпы приводится в движение от двигателя 11. Грунтоприемник 8 может быть атакующего или волочащегося типа. Он с грунтопроводом 9 соединен шаровым воздухонепроницаемым шарниром 3, который позволяет грунтоприемнику свободно изменять угол наклона. Для изменения угла наклона грунтоприемника служат подъемная лебедка и тросы 5. Располагается грунтоприемник в прямоугольном вырезе корпуса снаряда. На плотных грунтах снаряд работает с рыхлителем 7, укрепленным на валу 6 и приводимым во вращение электромотором 4. Во время работы снаряд передвигают при помощи станowych и боковых якорей, тросов и лебедок. Глубина извлечения грунта землесосами до 11 м. Производительность речных землесосов

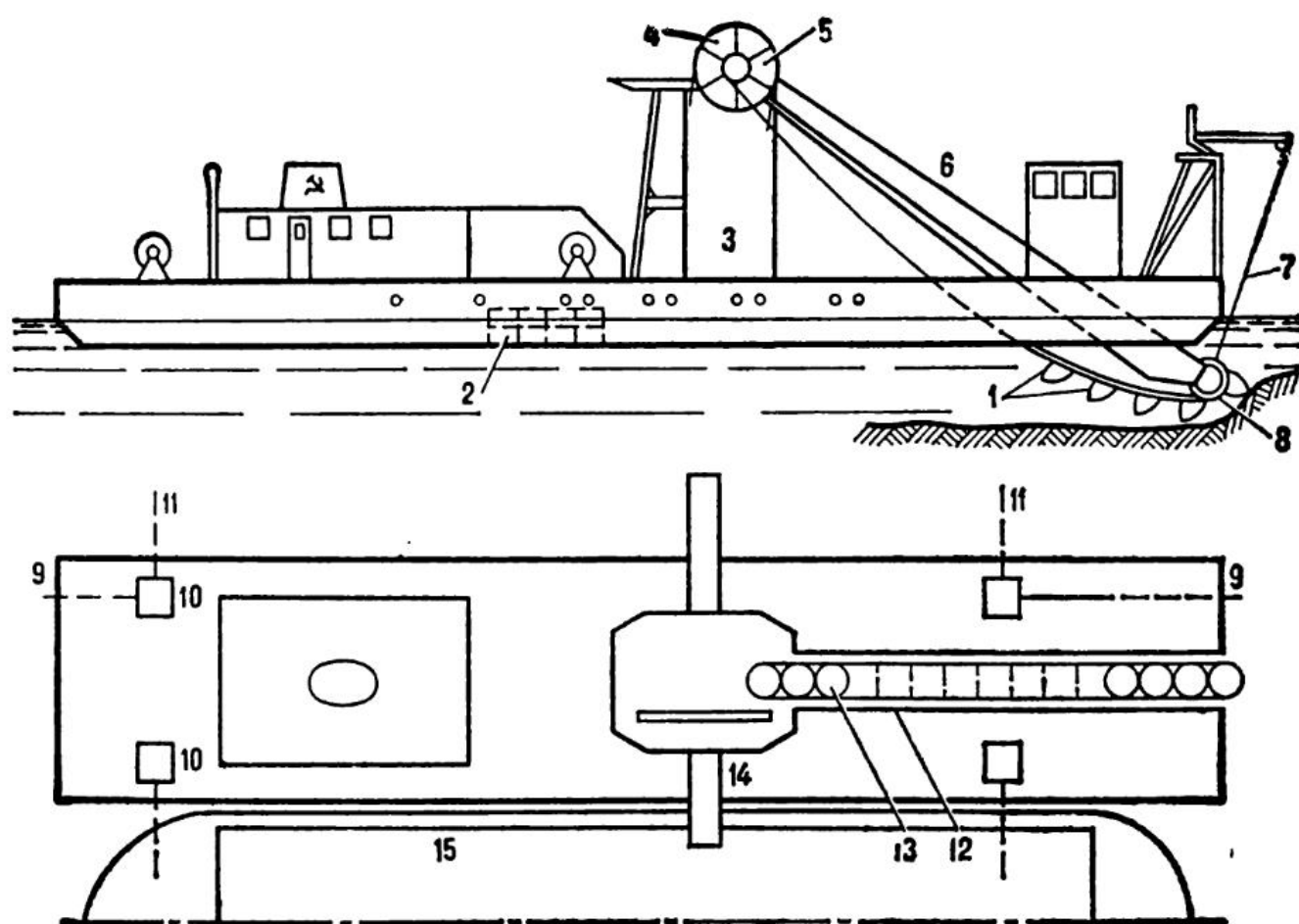


Рис. 75. Многочерпаковый снаряд

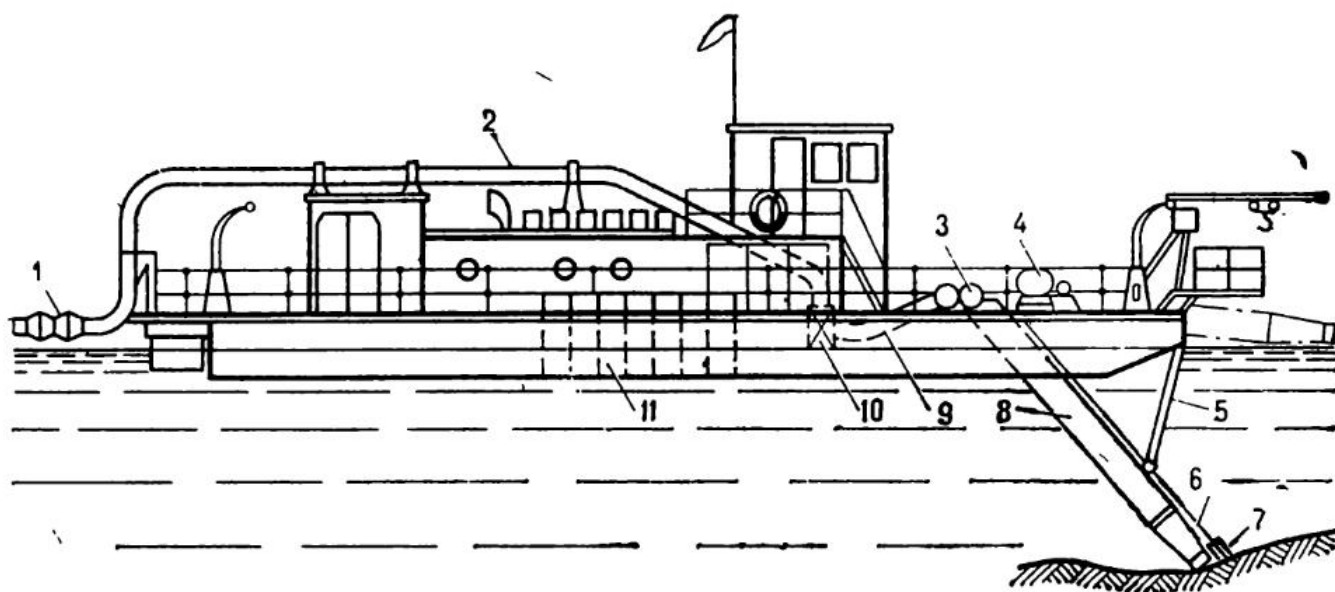


Рис. 76. Землесосный снаряд

более 2500 м³/ч. Она во многом зависит от рода грунта, толщины удаляемого слоя и других факторов. В настоящее время большую часть речного замлечерпательного флота составляют землесосы.

Способы установки и работы земснарядов на прорези. Разработку прорези можно начинать как снизу, так и сверху по течению. Для перемещения по прорези 1 (рис. 77, а, б) снаряд 3 устанавливают на якорях. Передний становой якорь 7 заводят вперед как можно дальше. Кроме станowego, за кромки прорези закладывают папильонажные (боковые) якоря 2. При работе снаряда по течению или при сильном ветре, направленном против течения, закладывают становой задний якорь 5.

Извлекая грунт, снаряд непрерывно перемещают по одной кромке прорези к другой при помощи папильонажных тросов и лебедок, при этом одни тросы набивают, а противоположные потравливают. У кромки прорези снаряд на становой якорь подается вперед и начинает движение к противоположной кромке, черпая грунт. Такой вид работы снарядов называется *папильонажным* (см. рис. 77, а). При извлечении грунта снаряд может также двигаться вдоль прорези. Такой способ работы называется *траншейным* (см. рис. 77, б).

Границы прорези на местности обозначаются створами из вех 4 на берегу, а на воде — створами из бакенов 6 (см. рис. 77, а).

В последнее время на речных земснарядах внедряются средства автоматизации. Земснаряды оборудуются системами автоматического регулирования грунтазобора и движения по створам прорези. Якоря на земснарядах применяют однорогие, чтобы

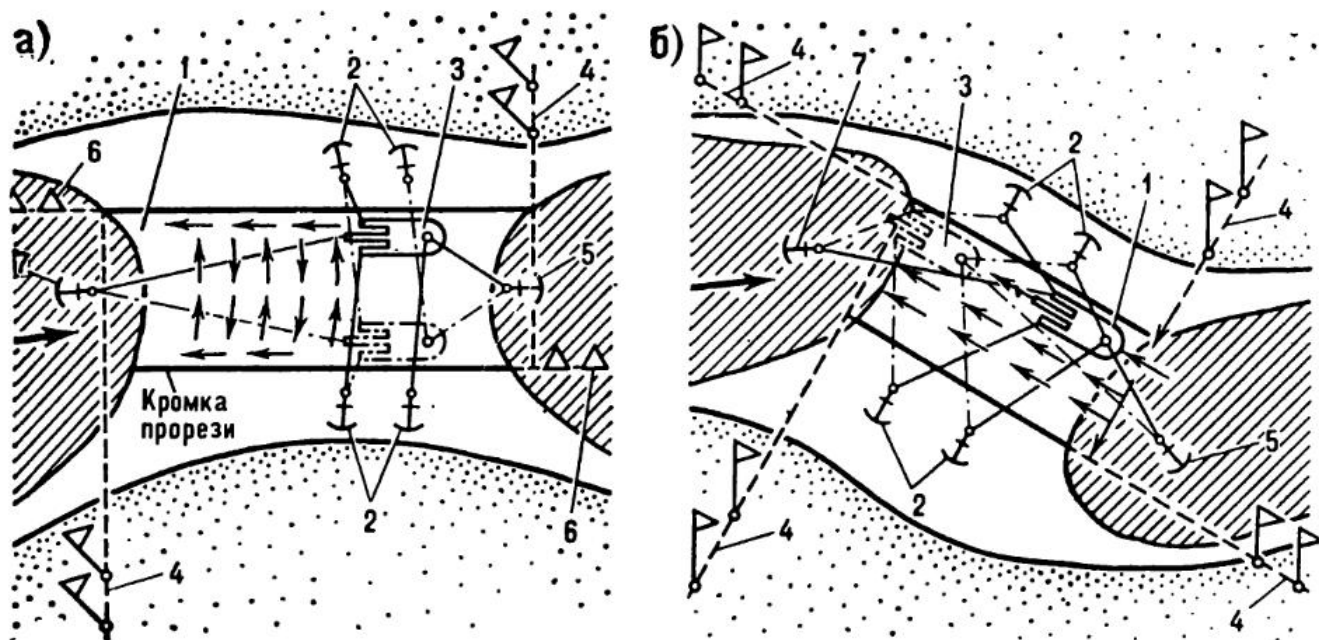


Рис. 77. Установка земснаряда на прорези

они не могли проломить корпус проходящих судов. Суда можно проводить мимо работающего земснаряда, только получив с него разрешение. Чтобы пропустить судно, снаряд отводят к какой-либо кромке прорези, потравливая противоположные боковые тросы, так чтобы они легли на дно.

Удаление извлеченного грунта. Наиболее распространенные способы — шаландовый и грунтопроводный и менее распространенный — кулуарный. При удалении грунта *шаландами* их поочередно подают к снаряду под загрузку (рис. 78). Для свала грунта 1 днище шаланды делают откидным 2. Вместимость шаланды 20—400 м³. Толкает шаланды пароход или *теплоход-шаландер*.

При *грунтопроводном* способе масса грунта с водой перемещается по напорному плавучему грунтопроводу, состоящему из отдельных труб 1 длиной до 9 м, опирающихся на площадки между спаренными понтонами цилиндрической формы 2 (рис. 79). Трубы грунтопровода сопряжены одна с другой при помощи гибких соединений, позволяющих им поворачиваться

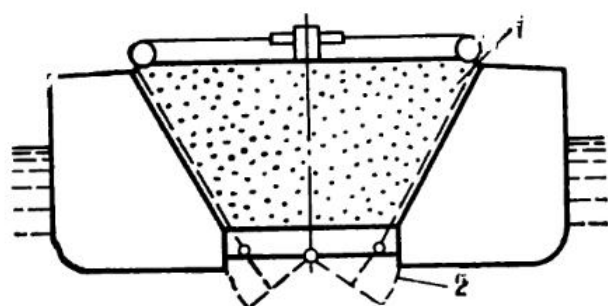


Рис. 78. Грунтоотвозная шаланда

относительно друг друга на угол до 20,5°. Понтоны тоже гибко соединены друг с другом при помощи цепей и специальных устройств. Длина грунтопровода 200—500 м. На месте свалки концевую часть грунтопровода удерживают укорями. Если грунт сваливают на бе-

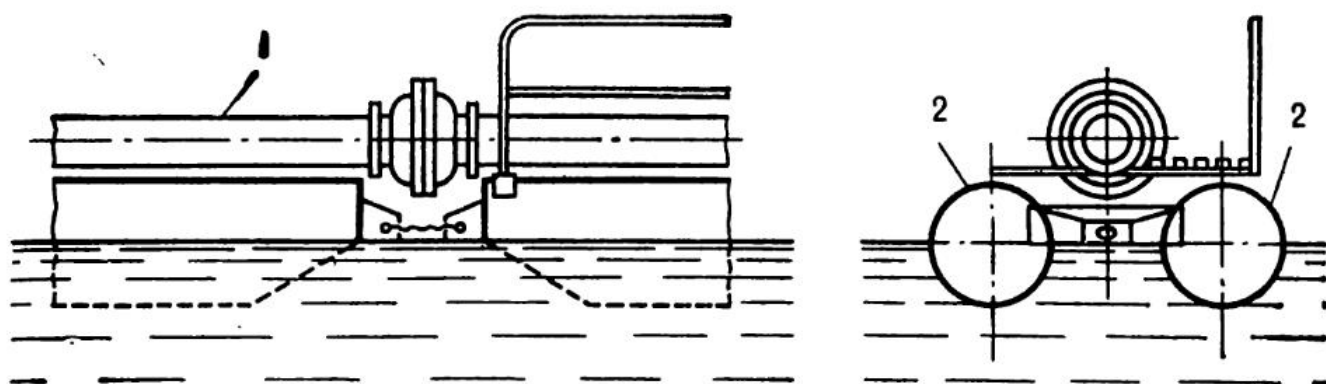


Рис. 79. Плавающие грунтопроводы

рег, то концевую часть грунтопровода устанавливают на козлы.

При *лотковом* способе к стреле земснаряда 1 на тросах подвешивают длинный лоток 2, по которому самотеком движется грунт вместе с водой (рис. 80). Длина лотка достигает 40 м. Лотковые снаряды применяют на малых реках и каналах.

Свалку грунта обычно располагают в местах, где она не будет мешать судоходству и грунт из нее не будет попадать снова в прорезь или на судовую ход.

При шаландовом способе грунт сваливают на глубоком месте, в воложку и т. д., при грунтопроводном — обычно используют для устройства выправительного сооружения или сваливают на берег.

В каждом случае место свалки назначают в зависимости от особенностей участка реки, расположения прорези и вида дноуглубительных средств.

Выправление рек. Для улучшения судоходных условий можно использовать с помощью различных сооружений энергию

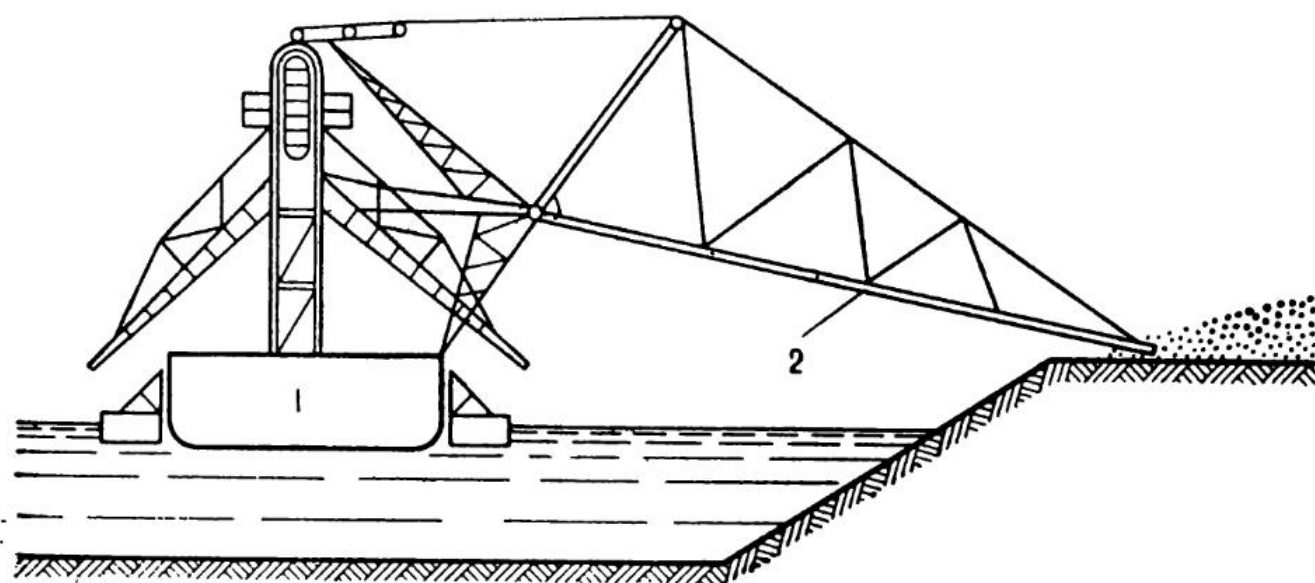


Рис. 80. Лотковый способ удаления грунта

речного потока. Этот способ улучшения судоходных условий называется выправлением рек. Выправление рек имеет разнообразное назначение, например: углубление судового хода путем увеличения скорости и изменения направления течения; перемещение наносов за пределы судового хода; отложение наносов в несудоходных протоках и вредных емкостях перекатов; защита берегов и свалок грунтов от размыва; предупреждение неблагоприятных русловых переформирований, устранение неправильных течений и т. п.

Выправление применяют как самостоятельный вид работ, а также совместно с землечерпанием. Эффективность выправительных работ на малых реках выше. На больших реках выправительные работы менее экономичны, так как требуют строительства сооружений с тяжелыми конструкциями, поэтому на них в основном применяется землечерпание. Выправление рек разделяют на сплошное и выборочное. При сплошном выправлении судоходные условия улучшаются на всех затруднительных участках, а при выборочном — только на отдельных, наиболее затруднительных перекатах. При выправительных работах возможно применение водостеснительного и водонаправляющего методов.

Водостеснительный метод заключается в том, что в русле возводят продольные 1 или поперечные дамбы 2 (рис. 81, а, б), стесняющие живое сечение реки и увеличивающие этим скорости течения и глубины русла. Этот метод очень дорог, так как требует сплошного выправления реки, иначе продукты размыва откладываясь на нижерасположенных участках, ухудшают их судоходное состояние.

Водонаправляющий метод заключается в такой расстановке выправительных сооружений, чтобы, содействуя речному потоку, использовать его энергию для размыва судового хода и отложения наносов за его пределами (рис. 81, в). В этом случае сохраняется естественное извилистое русло хорошей формы, где

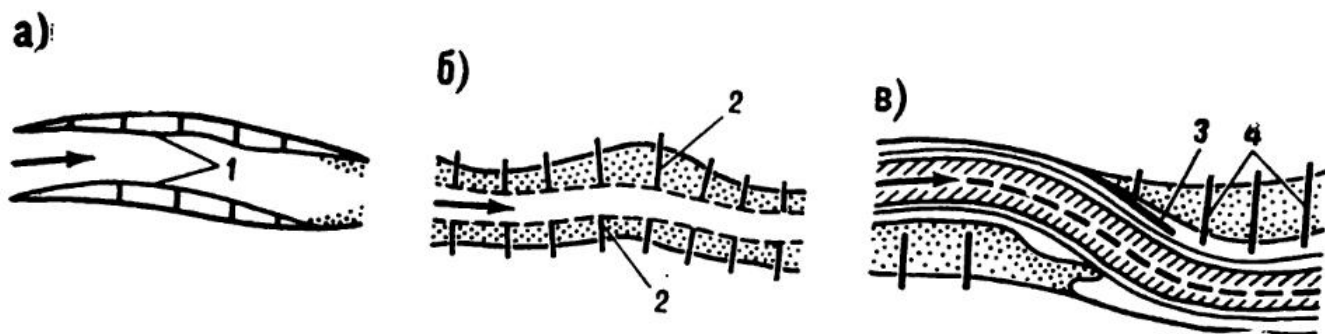


Рис. 81. Схемы выправления участка реки

глубокие участки чередуются с мелкими, глубина которых достаточна для вождения судов.

Выправительные сооружения бывают нескольких основных видов.

Стесняющие поток сооружения — это выдвинутые с русла полузапруды 4 (см. рис. 81, в) или запруды, полностью перекрывающие рукава. Изменяя направление течения или сосредоточивая поток в одном рукаве, эти сооружения способствуют размыву дна в пределах судоходной трассы и отложению наносов за ее пределами.

Струенаправляющие сооружения — это дамбы 3 (см. рис. 81, в), которые ставят параллельно потоку или под небольшим углом к нему для направления речного потока по судоходной трассе.

Берегоукрепительные сооружения возводят для защиты от размыва берегов, откосов каналов, причалов. Наиболее распространенный тип берегоукрепления в подводной части — хворостяной тюфяк и каменная наброска, а выше низкого уровня воды — мощение откоса. Для исправительных работ используются грунт, камни, хворост, колья, дерево, проволока и другие материалы.

Скалоуборочные работы (разработка каменистых и скальных гряд) проводят черпаковыми снарядами с усиленными ковшами. Перед работой снаряда взрыхляют породу. Для взрыхления используют скалодробильные снаряды или взрывчатые вещества.

§ 30. РЕЙДЫ ПОРТОВ

Виды портов. При перевозках грузы передаются с судов на сухопутные виды транспорта. Передача грузов осуществляется в портах. Порт оснащен гидротехническими и специальными сооружениями, устройствами для загрузки и разгрузки судов, их швартовки, а также оборудованием для обслуживания флота и пассажиров.

Речные порты бывают *русловые*, когда вся территория порта расположена на берегу русла реки, и *внерусловые*, когда порт располагается в естественном затоне или в искусственно открытом ковше. На озерах и водохранилищах порты устраивают по возможности в заливах. При расположении порта в открытой части водоема его защищают от волн искусственными сооружениями. В морских устьях рек обычно рядом сооружаются два порта — речной и морской.

Элементы портов. В порту имеются *причалы*, представляющие собой участки берега, оборудованные сооружениями и приспособлениями для швартовки судов. Водная площадь портов называется *акваторией*. Акватория включает судовые ходы, подходы к причалам и рейды.

Водные площади, на которых осуществляют формирование или расформирование составов, передачу грузов с судна на судно, заправку топливом, снабжение судов, стоянку в ожидании подачи к причалу и накопление судов для формирования состава, называются *рейдами*. В порту может быть несколько рейдов: для формирования составов, идущих вверх, и отдельно — для идущих вниз; для сухогрузных, лесных и нефтеналивных судов; для перегрузочных операций и т. д. Рейды для судов с нефтегрузами размещаются отдельно от рейдов сухогрузных судов и ниже по течению. При малых акваториях в порту создают только рейды прибытия и отправления. Рейды самоходных судов, как правило, располагают у берега.

На рис. 82 показан примерный план речного порта, где обозначено: 1 — внерусловые причалы; 2 — диспетчерская; 3 — рейд сухогрузных судов; 4 — железнодорожная ветка; 5 — рейд нефтеналивных судов; 6 — топливный причал; 7 — лесной причал; 8 — причал за косой.

На рис. 83 приведены схемы портов на водохранилище: а — Тольятти, б — Ульяновск, в — Набережные Челны (г. Брежнев). Здесь обозначено: 1 — волнолом, 2 — берегоукрепление территории порта; 3 — территория порта, 4 — оградительная дамба, 5 — мол.

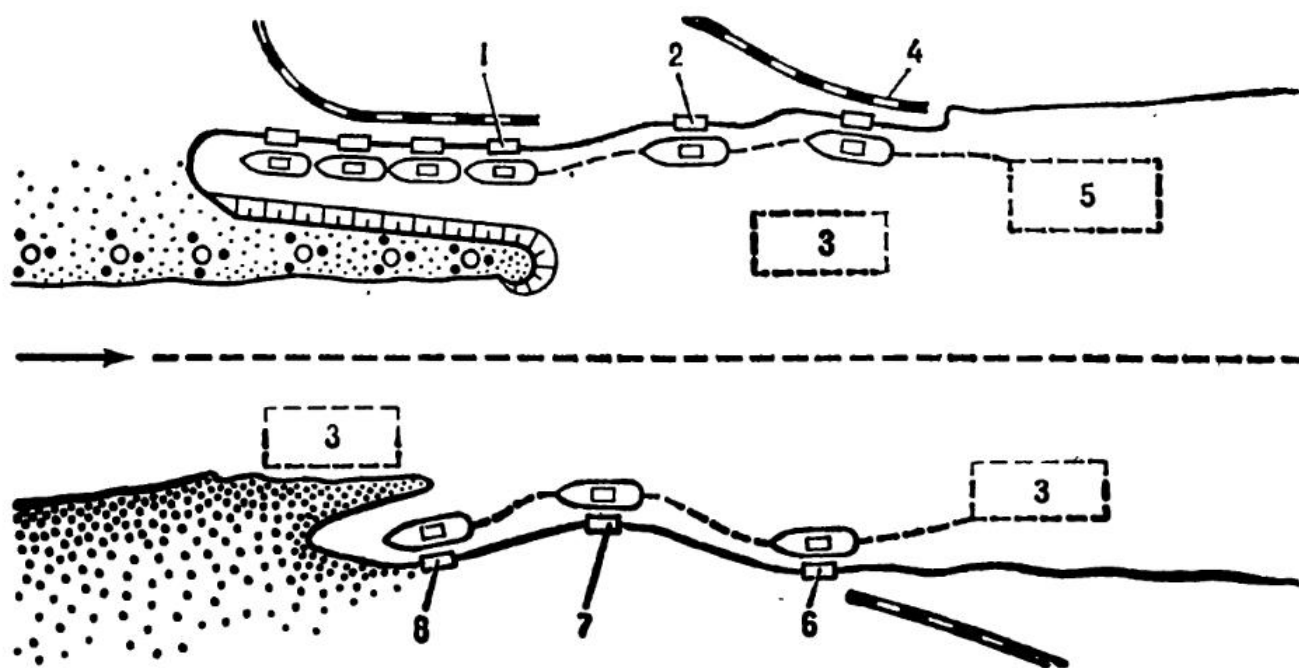


Рис. 82. План порта

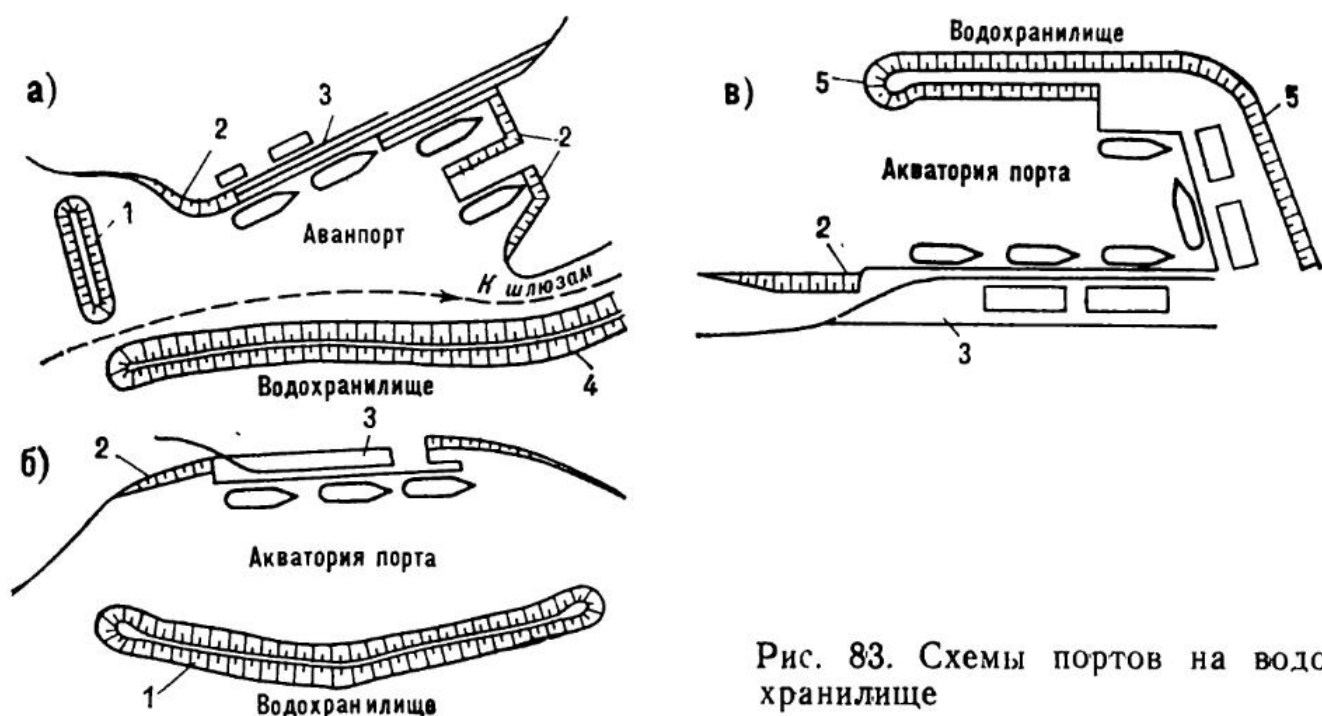


Рис. 83. Схемы портов на водохранилище

В верхней части рейда создается *аванрейд*, акватория которого предназначена для непосредственного формирования составов. Иногда аванрейд делают и в нижней части рейда.

Обычно для рейдов выбирают удобные и достаточные водные площади с глубиной, которая даже при низких уровнях превышает на 30 см глубину на транзитном судовом ходу или примыкающем участке. На водохранилищах глубина рейда обеспечивается с учетом волнения, при котором суда имеют вертикальные перемещения, а также с учетом сгонов воды под воздействием ветра и понижения уровня при сработке запасов воды. Рейды располагаются вне границ транзитного судового хода и водных площадей причалов.

Оборудование портов. Для обеспечения безопасной стоянки судов акватории портов и рейдов на водохранилищах защищают внешними оградительными сооружениями — *молами* или *волноломами*, представляющими собой земляные дамбы с укрепленными откосами. Мол — это дамба, возведенная от берега, а *волнолом* — на расстоянии от берега.

Оградительные сооружения аванпортов на водохранилищах имеют протяженность несколько километров и воспринимают удары волн высотой до 3,5 м, они достигают высоты (от дна) 20 м и более. Как правило, откосы земляных молов и волноломов крепят железобетонными плитами, укладываемыми на слой щебня.

Речные рейды в устьевых морских участках обычно не требуют ограждений от волн. В некоторых случаях отдельные участки таких рейдов защищают от ледохода *ледорезами* и *дамбами*.

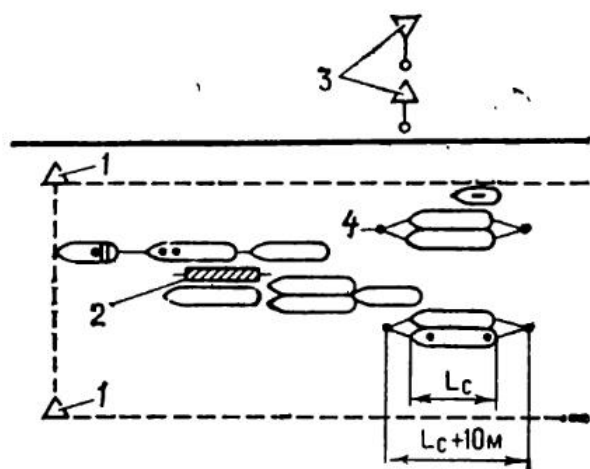


Рис. 84. Оборудование речного рейда

На крупных рейдах для швартовки судов устанавливаются швартовные бочки. Устанавливаются они на «мертвых» якорях, которыми могут служить железобетонные массивы, винтовые сваи и др. Для швартовки несамоходных судов, работающих без постоянных баржевых команд, на мертвые якоря ставят специальные суда — понтоны или обычные баржи.

Для обозначения границ рейдов применяют береговые и плавучие знаки. Суда на рейдах ставят в определенном порядке.

На рис. 84 показано типовое размещение оборудования речного рейда: 1 — плавучие знаки (буи), обозначающие границы рейдов; 2 — швартовный понтон; 3 — береговые знаки, показывающие границы рейдов; 4 — швартовная бочка.

§ 31. ЗАТОНЫ И ЗИМОВКИ

Основные виды затонов. Для зимней стоянки судов служат защищенные от ледоходов затоны, для которых используются естественные глубокие заливы, протоки, старицы и т. д. Затоны, не вполне удовлетворяющие требованиям безопасного отстоя флота, улучшают искусственно (углубляют, строят льдозащитные дамбы, устанавливают ледорезы и т. д.). В затонах устраивают судоремонтные мастерские и заводы.

Затон в старом русле у коренного берега. Затон имеет весной достаточные глубины, так как течение, идущее через пойму, очищает его от наносов, накопленных во время межени. В весенний ледоход в затон может через остатки старого русла в пойме войти крупный лед. Для защиты затона 1 строят ледорезы 2 и дамбы 3 (рис. 85, а).

Затон в старом русле в пойме (рис. 85, б). Затон подвержен заносам, что требует систематического углубления устья и его акватории. Если выше затона старое русло полностью занесено и пойма покрыта лесом, то лед не попадает в затон. Если же в верхней части затона находится старое русло, лед может пойти в затон, и для его защиты строятся льдозащитные сооружения.

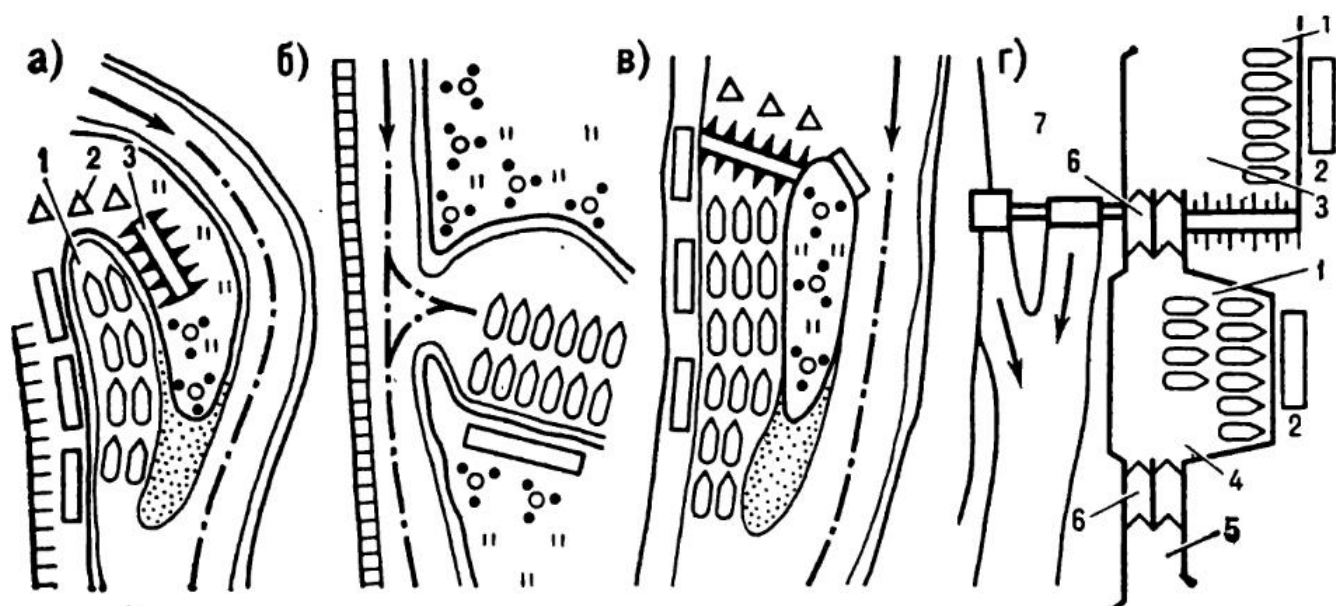


Рис. 85. Виды затонов

Затон за островом и дамбой (рис. 85, а). Для создания зато-на протоку около приверха или середины острова перегоражи-вают дамбой, соединяющей остров с коренным берегом. Обычно требуется систематическая очистка водной площади такого за-тона от наносов, особенно в ухвостье острова. В большинстве случаев затон имеет малую акваторию. Он будет безопасен для стоянки судов во время ледохода.

Затон в межшлюзовом бьефе (рис. 85, б). Он представляет собой углубленный участок, который при осушении позволяет обеспечить судам безопасность отстоя. Колебаний уровня воды и ледохода такие затоны не имеют. На рис. 85, б обозначено: 1 — затон; 2 — судоремонтные предприятия; 3 — аванпорт; 4 — межшлюзовой бьеф; 5 — нижний подходной канал; 6 — шлюз; 7 — водохранилище.

Затон на водохранилище. Такой затон устраивают в аван-порту на рейде порта и в убежище — береговом заливе. Затон в аванпорту благоустроен и безопасен для зимнего отстоя судов. Входы в заливы на водохранилищах обычно мелководны, поэто-му при сработке они обсыхают и создают естественную защиту акватории. Затоны на водохранилищах в нужных случаях ограждают дамбами и другими сооружениями. Акватории зато-нов заносятся наносами, поэтому требуют периодической расчи-стки. Отстой флота осложняется колебаниями уровней воды.

Затон в нижнем бьефе ГЭС. Затон имеет неблагоприятные условия отстоя судов из-за систематических колебаний уровней воды. Если ниже гидроузла находятся крупные затоны, для ГЭС устанавливают минимальные попуски воды, при которых сохра-няются достаточные уровни, необходимые для обеспечения без-опасного отстоя флота.

Основные виды зимовок. В некоторых случаях при внезапно наступивших ледоходах или в связи с запозданием захода судна в затон, а также при невозможности разместить все суда в затоне для зимнего отстоя флота используют случайные или неприспособленные отстойные пункты, называемые *зимовками*. Под зимовку стараются выбрать безопасные для отстоя флота места, расположенные по возможности ближе к населенному пункту.

Зимовка в устье притока (рис. 86, а). При недостатке в удобных отстойных пунктах зимовки иногда устраивают в устье притока. Такие зимовки маловместительны, имеют недостаточные глубины и небезопасны во время ледоходов, тем более что на притоках ледоход проходит раньше, чем на главной реке. Более безопасны зимовки этого вида, когда выше находятся мосты или ледорезы.

Зимовка в русле за дамбой (рис. 86, б). При отсутствии хороших природных затонов или недостаточной вместимости основного затона часть судов зимует за дамбой, устроенной в русле. Эта зимовка вместительна, имеет достаточные глубины, но очень опасна при весеннем ледоходе. Высота дамбы должна быть не менее, чем высота уровня, при котором проходит ледоход. Дамба может быть постоянной, но чаще делается ежегодно из снега и льда или заменяется ледорезами. В некоторых случаях с помощью длинных дамб из нарефулированного грунта в русле выгораживают затоны с большой площадью.

Зимовка под береговой дамбой (рис. 86, в). Организуется в случае крайней необходимости, когда суда не успели уйти в затон или из-за недостатка площади не могут там разместиться. Суда устанавливают в открытом русле и строят на берегу дамбу, под защиту которой весной с прибылью воды и образовани-

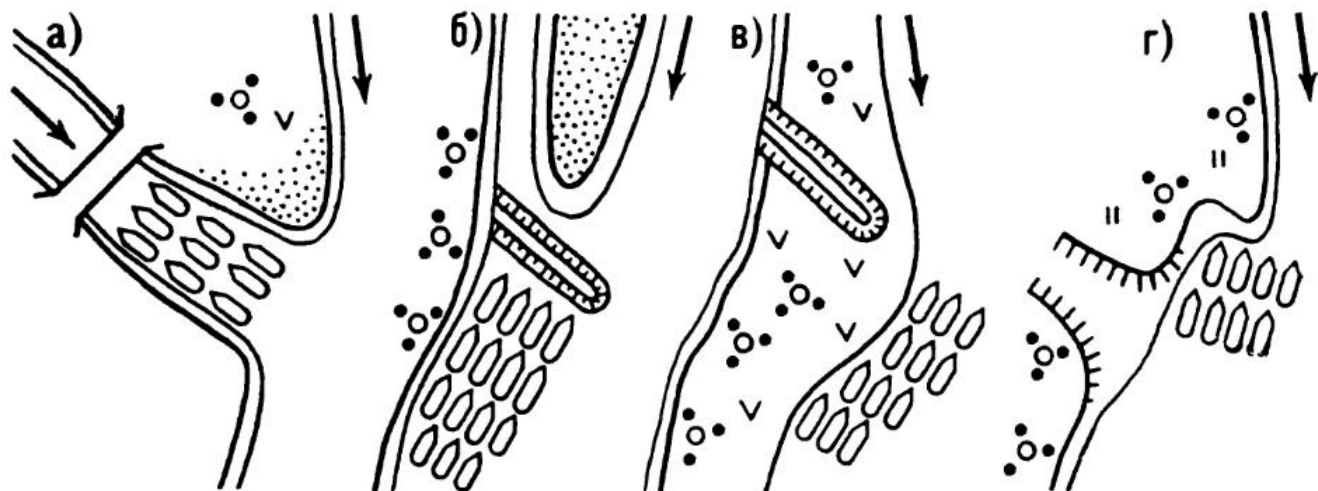


Рис. 86. Виды зимовок

ем достаточных глубин постепенно подтягивают суда. По мере окончания ледохода и снижения уровней воды суда отводят в русло.

Зимовка около устья или оврага (рис. 86, г). Эта зимовкам обычно вынужденная. Суда для защиты от осеннего ледохода размещают около устьев рек или оврагов под косами. Весенний ледоход на притоке проходит раньше, поэтому суда при прибыли воды заводят в речку. Зимовки, как правило, имеют недостаточные глубины и очень опасны во время ледохода.

Зимовка на отлогом берегу. Мелкие суда вытаскивают на берег трактором и после ледохода спускают на воду. В других случаях суда поджимают к берегу. При убыли воды они обсыхают. Если берег вязкий и илистый, под днище судна подводят ровные бревна.

Влияние ледяного покрова на зимующие суда. Судно, прочно вмерзшее в ледяной покров, воспринимает все возникающие во льду напряжения.

При понижении уровней воды ледяной покров, примерзший к берегам, проседает, изгибается и испытывает большие напряжения, передающиеся на корпуса судов. В связи с этим ледяная плита затона отделяется от берега сухой бороздой.

При резком изменении температуры воздуха ледяной покров сжимается или расширяется и в нем возникают температурные напряжения, также передающиеся корпусам судов.

У судна, стоящего на зимовке, во льду под корпусом образуется ледяная чаша 1 (рис. 87). Чаша намерзает в связи с отдачей тепла через подводную обшивку судна. Чаша, обладающая плавучестью, создает дополнительную подъемную силу. Окружающий судно лед сопротивляется его подъему, в результате чего в корпусе могут также возникнуть дополнительные

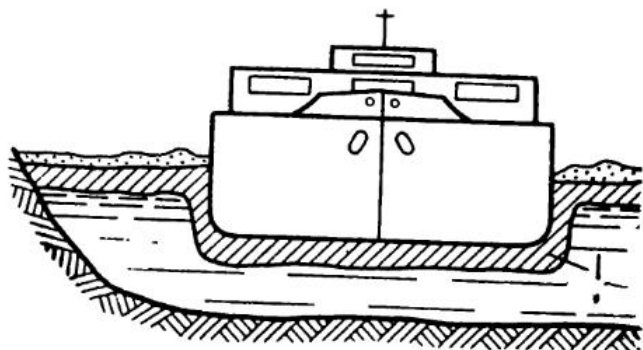


Рис. 87. Ледяная чаша зимующего судна

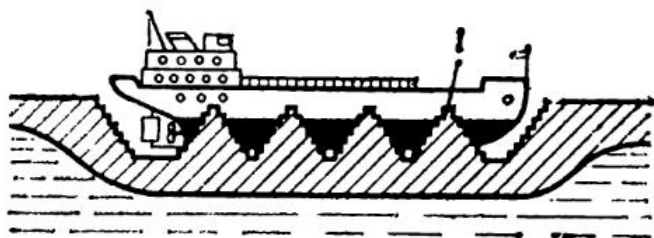


Рис. 88. Выморозка судна

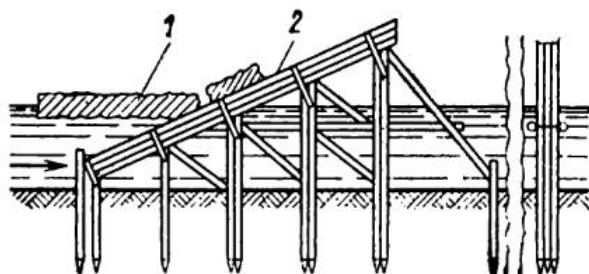


Рис. 89. Ледорез

напряжения. Для предохранения судна лед вокруг него окалывают, а рули винты или судно полностью «вымораживают», т. е. оно в результате оказывается на ледяных балках 1 (рис. 88).

Защита зимующих судов от ледохода. Простейший вид защиты судов от ледохода при зимовке в русле — отделение площадки, занимаемой судами, от общего ледяного покрова сплошной бороздой. Лед, проходя мимо, скользит по кромке борозды, не затрагивая зимующих судов.

Весной река освобождается ото льда раньше, чем затон. Подвижки льда могут захватить ледяной покров затона и вынести его вместе с судами. Поэтому к моменту подвижек ледяная плита затона должна быть отделена бороздой от общего ледяного покрова реки. Для защиты судов иногда устраивают ледяные или снеговые дамбы.

При ледоходе опасны для судов удары крупных льдин. Для уменьшения их размеров применяют ледорезы 2 (рис. 89). Крупная льдина 1, встречая ледорез и налезая на него, разламывается. Ледорезы обычно ставят группами, на расстоянии 5—6 м один от другого. Размеры ледорезов зависят от уровней весеннего ледохода. Кроме ледорезов, применяют также свайные кусты и запани.

Контрольные вопросы

1. Какие земснаряды применяют для путевых работ?
2. Как удаляют извлеченный земснарядами грунт?
3. В чем состоит сущность выправления рек?
4. Какие элементы входят в состав портов?
5. Перечислите виды затонов и зимовок.

НАВИГАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

§ 32. ХАРАКТЕРИСТИКА НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Назначение и виды. Навигационные знаки и огни представляют собой систему знаков, предназначенную для обеспечения на внутренних водных путях условий для безопасного и бесперебойного плавания судов, судовых и плотовых составов.

Навигационные знаки и огни по использованию и установке в конкретных условиях эксплуатации подразделяют на береговые и плавучие (ГОСТ 26600—85). В зависимости от силуэта сигнальных щитов (фигур) знаки подразделяют на следующие типы: прямоугольный, треугольный, круглый, трапецеидальный, комбинированный, линейный.

Навигационные знаки в зависимости от назначения подразделяют:

береговые навигационные знаки обозначения положения судового хода — на створные, перевальные, ходовые, ориентиры, весенные, а также указатели оси судового хода, высоты подмостового габарита и кромок судового хода в судоходных пролетах мостов;

береговые информационные знаки — на следующие группы: запрещающие, предупреждающие и предписывающие, указательные;

плавучие навигационные знаки — на кромочные, поворотные, свальные, разделительные, осевые, поворотно-осевые и знаки опасности.

Навигационные знаки в зависимости от требований эксплуатации внутренних водных путей подразделяют на: знаки, оборудованные навигационными огнями; знаки без навигационных огней.

Характер навигационных огней знаков и их условные обозначения приведены в прил. 1, где черный цвет соответствует паузе (затемнению), белый цвет — вспышке (проблеску) света.

Навигационные знаки для освещения оборудуют светосигнальными установками (навигационными огнями). Они должны обеспечивать круглосуточное движение судов. Освещение судоходной обстановки — электрическое с применением маломощных

электроламп или газосветных трубок, а также ацетиленовое. Источниками электропитания служат щелочные аккумуляторы или сухие гальванические элементы.

Для усиления силы света и сосредоточения светового потока в нужном направлении маломощные светосигнальные фонари с электрическими лампочками накаливания снабжают оптически линзами и отражателями (рефлекторами). Для электрифицированных сигнальных огней применяют автоматы, включающие огни с наступлением сумерек и выключающие их на рассвете, и проблескаторы, поддерживающие проблесковое горение фонарей.

Светоотражающие навигационные знаки обеспечивают возможность плавания судам в ночное время с включенными прожекторами.

Форма, размеры, окраска и конструкции знаков, характеристики навигационных огней, а также технические требования на их изготовление определяются Государственным общесоюзным стандартом (ГОСТ 26600—85), ведомственными нормами и типовыми проектами. Знаки судоходной обстановки в большинстве случаев изготавливают из дерева и металла.

Системы расстановки навигационных знаков. Судовой ход ограждают плавучими знаками обстановки по одной из следующих систем.

Латеральная — система расстановки плавучих навигационных знаков, при которой обозначают стороны или ось судового хода. Систему применяют на реках, водохранилищах, каналах, небольших озерах и на подходах к морским портам.

Кардинальная — это система расстановки плавучих навигационных знаков, при которой ограждают навигационные опасности, относительно сторон света по компасу. Применяется на морях, в морских устьях и на крупных озерах.

Правый берег — это берег внутреннего водного пути, расположенный справа от наблюдателя, обращенного лицом по течению воды. В свою очередь *левый берег* располагается слева от наблюдателя, обращенного лицом по течению воды.

На каналах, озерах и водохранилищах направление течения принимают условно и устанавливают в навигационных документах.

На транзитных судовых ходах водохранилищ наименование сторон обычно принимают по направлению от зоны выклинивания к плотине, на озерах — с учетом впадающих и вытекающих из них рек и каналов (указывают на лоцманских картах). На подходах к портам, пристаням и убежищам, а также на судовых ходах рек, впадающих в водохранилище, наименование

правой и левой кромок судового хода принимают по направлению к транзитному судовому ходу.

Ось судового хода — это условная линия, проходящая в средней части судового хода или обозначенная навигационными знаками. Навигационные знаки должны обеспечивать непрерывную цепь сигналов для указания направления судового хода на всем его протяжении. Исключение составляют участки, где нет затруднительных перекатов и где ширина судового хода значительно превышает гарантированную. На таких участках знаки ставят для обозначения только отдельных препятствий.

Направление судового хода указывается преимущественно береговыми знаками, являющимися основными в составе навигационного ограждения внутренних водных путей. В качестве дополняющих береговые знаки на некоторых участках для указания кромки судового хода устанавливают плавучие знаки.

§ 33. НАВИГАЦИОННЫЕ ЗНАКИ И ОГНИ

Береговые навигационные знаки указания положения судового хода и огни на них (приведены в прил. 2).

Створ осевой служит для обозначения оси судового хода. Знаки окрашиваются на темном фоне в белый цвет с черной створной полосой по середине щита, на светлом фоне — в красный цвет с черной или белой створной полосой посередине (черная полоса применяется только на больших знаках). Огни — передний белый (зеленый) постоянный, задний белый (или зеленый) проблесковый. При движении по осевой полосе оси симметрии (створные полосы) переднего и заднего знаков должны быть совмещены, а огни — находиться на одной вертикали. При уклонении в сторону от осевой полосы происходит видимое смещение знаков относительно друг друга или наклон условной линии, соединяющей огни. В этом случае необходимо вернуться на осевую полосу, добиваясь видимого совмещения знаков или вертикального расположения огней.

Створ щелевой предназначен для обозначения положения судового хода и его кромок. Знаки окрашиваются на темном фоне в белый цвет с черной створной полосой посередине щита, на светлом фоне — в красный или черный цвет с черной или белой створной полосой посередине. Огни передние — белые постоянные, задний — белый проблесковый. Кроме того, на левом берегу могут быть передние зеленые постоянные, задний зеленый проблесковый, на правом берегу — передние красные постоянные, задний красный проблесковый.

При движении по судовому ходу (створной зоне) задний знак или огонь на нем должен находиться между передними знаками или огнями. Нельзя допускать выхода судна за пределы створной зоны, когда просвет между задним знаком и одним из передних исчезает, знаки накладываются друг на друга, а огни на этих знаках сольются или окажутся на одной вертикали.

Кромочный створ предназначен для обозначения положения судового хода и его кромок. Знаки окрашиваются на темном фоне в белый цвет, на светлом фоне — в красный цвет. Огни на левой кромке — зеленые, передний постоянный, задний двухпроблесковый; на правой кромке — красный, передний постоянный, задний двухпроблесковый. При движении по судовому ходу (створной зоне) между вертикальными гранями щитов переднего и заднего знаков должен быть виден просвет, а условная линия, соединяющая огни этих знаков, должна быть наклонена в сторону судового хода. Нельзя допускать выхода судна за пределы створной зоны, когда просвет между гранями щитов исчезает, а огни находятся на одной вертикали.

Перевальный знак служит для обозначения направления судового хода. Окрашивается на темном фоне в белый цвет, на светлом фоне — в красный. Огонь — зеленый постоянный или белый проблесковый на левом берегу, красный постоянный или белый проблесковый на правом берегу. Необходимо двигаться в направлении знака.

Ходовой знак предназначен для обозначения судового хода, проходящего у берега. Окрашивается на левом берегу в белый цвет, на правом берегу — в красный. Огонь — зеленый проблесковый на левом берегу, красный проблесковый на правом берегу. Судно должно двигаться вдоль берега, на котором устанавливается знак. При этом надо следить за тем, чтобы исключить влияние «присоса», а также не допустить навала на берег.

Весенний знак предназначен для обозначения затопляемых берегов. Окрашивается на левом берегу в белый цвет, на правом — в красный. Огонь на левом берегу — зеленый постоянный, на правом берегу — красный постоянный. В период половодья необходимо строго придерживаться судового хода, обозначенного весенними знаками.

Знак «Ориентир» служит для обозначения характерных мест судоходного пути. Окрашивается тремя черными и двумя белыми полосами на левом берегу, на правом берегу — тремя красными и двумя белыми полосами. Огонь — на левом берегу зеленый или белый двухпроблесковый, на правом — красный или белый двухпроблесковый.

Путевой огонь на каналах устанавливается на бермах откосов через определенные интервалы и обозначает в ночное время берега судоходного канала. Огонь на левом берегу — зеленый постоянный, на правом берегу — красный постоянный. При прохождении судоходных каналов необходимо ориентироваться путевыми огнями.

Информационные знаки и огни на них. Информационные знаки подразделяются на три группы (прил. 3).

Запрещающие знаки имеют круглый силуэт сигнального щита. Поле щита белое, окантовка и диагональная полоса — красные, символ — черный. Огонь — желтый частопроблесковый. Знаки запрещают определенные маневры судов и действия судоводителей.

Предупреждающие и предписывающие знаки имеют прямоугольный силуэт сигнального щита. Поле щита белое, окантовка — красная, символ (цифры) — черный. Огонь — желтый однопроблесковый. Знаки предупреждают о состоянии (особенностях) участка судоходного пути и предписывают определенные маневры и действия судоводителям.

Указательные знаки имеют треугольный ромбовидный или прямоугольный силуэт сигнального щита. Поле щита белое, символ (цифры или буквы) — черные. Знак предназначен для передачи определенной навигационной информации.

К группе запрещающих знаков относятся нижеследующие.

Якоря не бросать! Знак применяется для обозначения зоны подводного перехода, где запрещено отдавать якоря, опускать цепи, волокуши, лоты.

Расхождение и обгон составов запрещены! Знак предназначен для обозначения участка судового хода, где запрещены обгон и расхождение составов и крупногабаритных судов длиной более 120 м. При подходе к знаку нужно выйти на радиосвязь и ожидать прохода крупногабаритного судна или состава по ограждаемому участку.

Расхождение и обгон запрещены! Знак предназначен для обозначения участка судового хода, где обгон и расхождение судов запрещены. При подходе к знаку следует выйти на радиосвязь и выяснить возможность захода на участок.

Не создавать волнения! Знак применяется для обозначения участков водного пути, где запрещено создавать волнение (у пассажирских дебаркадеров, купален, заправочных и лодочных станций и др.). Водоизмещающие суда должны снизить скорость. При подходе к знаку нельзя поднимать волнение и, если необходимо, нужно уменьшить ход судна.

Движение мелких плавсредств запрещено! Знак применяется для обозначения участка, где на судовом ходу запрещено движение маломерных судов (на рейдах, в подходных каналах, у причалов и др.). В зоне действия знака категорически запрещается движение мелких плавсредств.

Семафор. Знак применяется для обозначения участков с односторонним (поочередным) движением судов, а также на наплавных мостах для регулирования движения через их разведенные части. Знак состоит из двух сигнальных фигур — треугольной и прямоугольной силуэтов, вывешивается на ноке реи семафорной мачты. Фигуры окрашиваются так: прямоугольная — в черный, треугольная — в красный цвет. Огни постоянные (см. прил. 3).

К группе предупреждающих и предписывающих знаков относятся следующие.

Внимание! Знак применяется для обозначения участков судоходного пути, где необходимо соблюдать особую осторожность. При подходе к знаку, если это предусмотрено местными правилами плавания, следует подать звуковой сигнал или выйти на радиосвязь. В зоне действия знака нужно соблюдать особую осторожность, при необходимости сбавить ход.

Пересечение судового хода. Знак применяется для обозначения мест пересечения судового хода судами и паромными переправами. В зоне действия знака необходимо повысить внимание, при необходимости сбавить ход.

Скорость ограничена! Знак применяется для обозначения участков судоходного пути, где скорость движения водоизмещающих судов ограничена (на каналах, в аванпортах, акваториях рейдов и др.). Цифры показывают максимально допустимую скорость хода в километрах в час. При прохождении знака водоизмещающим судам необходимо снизить скорость до указанного значения.

Соблюдать надводный габарит! Знак применяется для обозначения надводных и мостовых переходов. Цифра показывает минимальную проходную высоту надводного перехода, высоту подмостового судоходного габарита судоходного пролета моста от расчетного высокого судоходного уровня воды или максимального судоходного уровня воды в метрах.

Значение проходной высоты надводного перехода указывают с учетом установленных запасов и максимального провисания проводов.

Подмостовой судоходный габарит — прямоугольное очертание пространства в судоходном пролете моста в пределах судо-

вого хода (в сечении, перпендикулярном оси судового хода), свободного от выступающих элементов конструкции моста и расположенных на нем устройств, включая навигационные знаки.

На мосту знаки устанавливают на опоре или на пролетном строении, при этом допускается применять знаки без огней.

При подходе к переходу, мосту, обозначенному знаком, необходимо проверить высоту судна, положить, если нужно, мачты, стрелы. Осуществлять проводку нужно осторожно.

К группе указательных знаков относятся нижеследующие.

Указатель рейда (рейдовый знак). Знак применяется для обозначения границ рейда. Цифра показывает количество линий судов (пыжей), допускаемых к установке по ширине акватории. При наличии нескольких рейдов проводится их нумерация. Порядковый номер рейда ставится на заднем знаке. Допускается установка дополнительных щитов, где стрелка указывает направление рейда, а цифра — длину рейда (в метрах). Огни постоянные: на левом берегу — зеленые, на правом берегу — красные.

При постановке на рейд следует руководствоваться информацией, указываемой рейдовыми знаками. При прохождении рейдов необходимо уменьшить ход, принять меры предосторожности.

Место оборота судов. Знак применяется для обозначения участка рейдов, где наиболее безопасно осуществляются обороты судна.

Пост судоходной инспекции. Знак применяется для обозначения мест базирования подразделений судоходных инспекций.

Указатель расстояний (километража). Знак применяется для обозначения расстояния (километража). Число показывает расстояние (в километрах) по отсчету, принятому на речной карте.

Указатель местности. Знак применяется для обозначения мест впадения притоков, населенных пунктов, границ бассейновых управлений пути и судоходных каналов и их подразделений.

Сигнальные мачты. Знаки применяются для указания глубины на перекатах или плесе, а также для указания ширины судового хода на перекате (см. прил. 4).

Сигнальные фигуры для указания глубины вывешивают на верхнем по течению реки ноке рей, сигнальные фигуры для обозначения ширины судового хода — на нижнем по течению ноке рей.

Окраска сигнальных мачт: для указания глубины судового хода на плесе — мачта с черными и белыми чередующимися по-

лосами, рея белая; для указания глубины и ширины судового хода на перекате — мачта с красными и белыми чередующимися полосами, рея — то же.

Стоповый знак. Предназначен для обозначения полезной длины камер шлюзов и границы зоны швартовки (остановки) судов в подходных каналах к шлюзам. Знак выполняется в виде вертикальной полосы красного цвета шириной 0,2—0,4 м и длиной не менее 1,5 м, наносимой на парапетах и(или) стенах камер и причальных сооружений шлюзов. Допускается применение сигнальных щитов с надписью «Стоп». Надпись «Стоп» может быть нанесена на стенах рядом с красной полосой. Огонь знака — красный постоянный.

Плавучие навигационные знаки и огни на них (прил. 5). *Кромочный знак* применяется для обозначения кромок судового хода. Кромочный у левого берега обозначает левую кромку судового хода. Окрашивается в белый или черный цвет. Огонь — белый постоянный или проблесковый, зеленый постоянный или проблесковый. При движении судна вниз по течению знак оставляют слева, при движении вверх — справа. Кромочный у правого берега обозначает правую кромку судового хода. Окрашивается в красный цвет, топовая фигура на вехе черная. Огонь — красный постоянный или проблесковый. При движении судна вниз знак оставляют справа, при движении вверх — слева.

Поворотный знак применяется для обозначения поворотов прямолинейных участков судового хода, имеющих значительную протяженность, а также поворотов судового хода на участках с ограниченным обзором или скальным дном.

Поворотный у левого берега окрашен в белый цвет с черной горизонтальной полосой или в черный цвет с белой горизонтальной полосой. Полоса равна 0,25—0,30 высоты фигуры. Огонь — белый или зеленый частопроблесковый.

Поворотный у правого берега окрашен в красный цвет с белой или черной горизонтальной полосой. Огонь — красный частопроблесковый. Необходимо подготовиться к повороту судового хода в сторону поворотного знака.

Знак опасности предназначается для обозначения особо опасных мест у кромок судового хода (затопленные сооружения, оголовки дамб и др.) в качестве дублирующего кромочный знак. У левого берега знак опасности белый с горизонтальной и тремя-четырьмя вертикальными черными полосами. Ширина полос 0,05—0,1 высоты фигуры. Огонь — зеленый двухпроблесковый. К знаку приближаться нельзя, он стоит непосредственно на опасности. У правого берега знак опасности красный с го-

горизонтальной и тремя-четырьмя вертикальными полосами черного (или белого) цвета. Огонь — красный двухпроблесковый.

Свальный знак используется для обозначения свального течения, не совпадающего с направлением судового хода. Свальный знак левого берега ставится у левой кромки судового хода. Верхняя часть знака окрашивается в белый цвет, нижняя — в черный. Огонь — зеленый, группочаstopроблесковый. При приближении к знаку необходимо учитывать свальное течение, направленное в сторону к правой кромке судового хода. Свальный знак правого берега ставится у правой кромки судового хода. Верхняя часть знака окрашивается в красный цвет, нижняя — в белый или черный. Огонь — красный, группопроблесковый. При приближении к знаку необходимо учитывать свальное течение, направленное в сторону левой кромки судового хода.

Разделительный знак обозначает разделение судового хода. Окрашивается чередующимися вертикальными полосами — тремя черного и тремя красного цвета. Огни — парные, белые и красные проблесковые или зеленые и красные проблесковые, расположенные вертикально. Допускается в месте разделения судового хода устанавливать два рядом расположенных знака — правый кромочный и левый кромочный и парные огни на них, расположенные горизонтально: белые и красные проблесковые или зеленые и красные проблесковые.

При разделении судового хода нужно выбирать тот ход, который указан в карте или лоции и который соответствует направлению движения.

Осевой знак обозначает ось судового хода. Окрашивается горизонтальными чередующимися полосами белого и черного цвета (две черные и три белые полосы, равные по ширине). Огонь — белый двухпроблесковый. Топовая фигура круглого силуэта — черная. Осевой знак всегда оставляется слева независимо от направления движения.

Поворотно-осевой знак обозначает поворот оси судового хода. Окрашивается горизонтальными чередующимися полосами красного и черного цвета. Две белые (или черные) и три красные полосы. Огонь — белый прерывистый частопроблесковый. Топовая фигура круглого силуэта черная. Необходимо своевременно подготовиться к повороту.

Указатель оси судоходных пролетов мостов — знаки и огни устанавливают на фермах неразводного моста по оси судового хода и обозначают судоходный пролет: для судов и составов, следующих снизу, знак представляет собой квадратный щит; для судов и составов, следующих сверху, — щит в форме ромба;

для плотовых составов — круглый щит; для маломерных судов — треугольный щит. Знак окрашивается на темном фоне в белый цвет, на светлом — в красный. Огни для судов и составов — два красных постоянных в виде створа, для плотовых составов — два зеленых постоянных в виде створа. Необходимо следовать в ходовой пролет моста, обозначенный соответствующим знаком.

Указатель подмостового габарита и кромки судового хода в судоходных пролетах мостов обозначает кромки судового хода и высоту судоходного пролета. Знаки и огни устанавливаются на опорах мостов. Знаки — квадратные щиты, для светлого фона — зеленые, для темного фона — белые, огни зеленые постоянные. Высота подмостового габарита обозначается от расчетного судоходного уровня (РСУ).

Огни указатели разводного пролета наплавного моста предназначаются для обозначения судоходного пролета при разводной части, отведенной в сторону левого или правого берега. Цветные огни на наплавном мосту указывают границы разводной части моста при открытом пролете. На наведенном мосту по всей его длине устанавливают белые огни через каждые 50 м, но не менее трех. Цветные огни — указатели на наведенном мосту должны быть выключены. Регулирование пропуска судов через наплавные мосты осуществляется с помощью семафорной сигнализации.

Дополнительное навигационное оборудование. Для обеспечения безопасности плавания на некоторых водных путях¹ используются навигационные знаки, не предусмотренные ГОСТом.

Маяки-ориентиры на водохранилищах устанавливают при большой площади водного зеркала в местах, где судовой ход проходит по старому руслу реки, а пойма затоплена. Знаки служат ориентиром для судоводителей, особенно при плохой видимости и отсутствии плавучих знаков обстановки.

Маяк устанавливается на каменной наброске (рис. 90) или на металлической трубе (или нескольких) и каменной наброске (рис. 91). В качестве сигнальной фигуры используется знак — ориентир. Над электрическим фонарем иногда монтируется пассивный радиолокационный отражатель.

Ледовые буи (буи-сигары) на водохранилищах устанавливают для плавания в ледовых условиях. Ледовые буи хорошо просматриваются в дневное время, а ночью могут быть обнаружены с помощью судовых РЛС. Однако эти буи обмерзают, часто повреждаются льдом и не всплывают на поверхность после ледохода. Наблюдаются случаи смещения буюв-сигар со штатных мест льдом и судовыми составами.

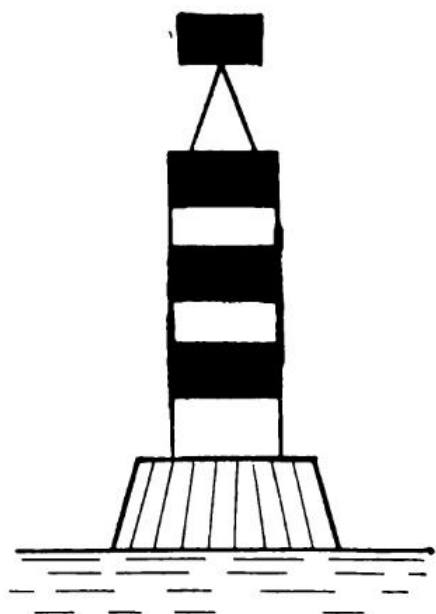


Рис. 90. Маяк-ориентир на каменной наброске

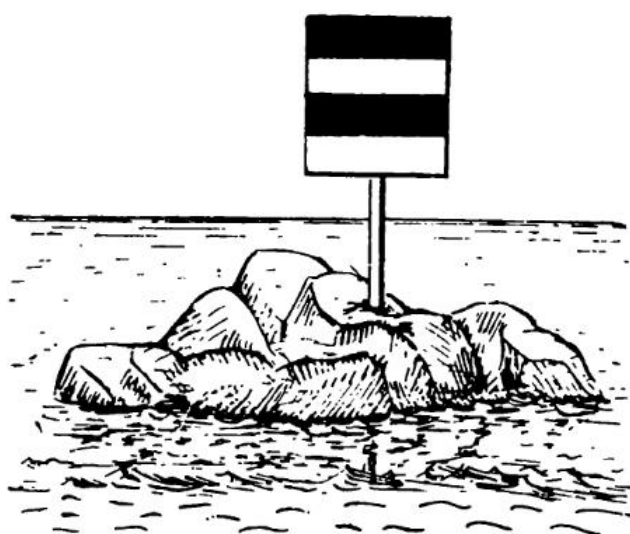


Рис. 91. Маяк-ориентир на водохранилище

Лазерные створы используют как экспериментальные. В качестве источников света применяются оптические квантовые генераторы (лазеры). Дальность действия лазерных приборов 25 км.

Лазерная установка — обычно переносный прибор, снабженный тремя лазерами, что позволяет обозначить в пространстве створную зону тремя лазерными пучками. Центральная лазерная трубка работает в постоянном режиме, а боковые — в проблесковом. В результате получается трехсекторный лазерный створ.

Судоводитель визуально воспринимает комбинацию лучей в виде трехлучевой картины, определяющей положение судна относительно оси судоходной трассы (принцип щелевого створа). При смещении судна вправо или влево от оси судового хода лучи располагаются несимметрично (рис. 92, *а, в*). Если судно находится на оси судового хода, то судоводитель следующим

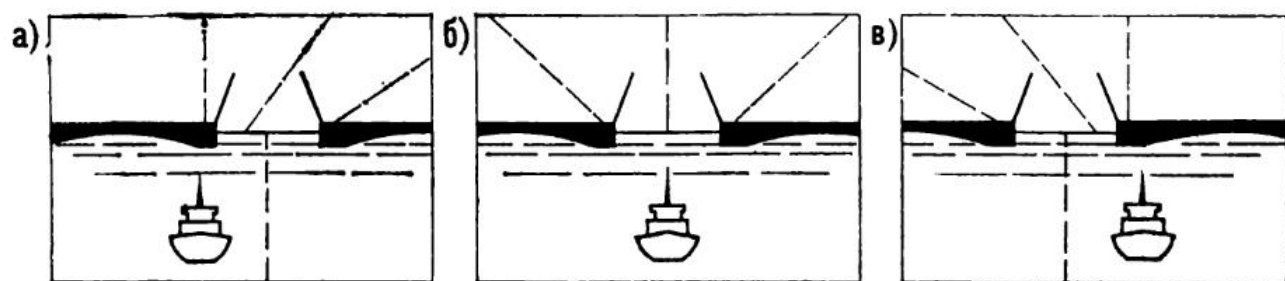


Рис. 92. Схема движения судна под мост по лазерным створам:

а — судно отклонилось влево от оси створов; *б* — судно идет по оси створов; *в* — судно отклонилось вправо от оси створов

образом воспринимает в пространстве расположение лучей (рис. 92, б): осевого — вертикально, а двух боковых — строго симметрично относительно осевого. Лазерные створы могут найти лишь ограниченное применение на речном транспорте.

§ 34. НАВИГАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОЗЕР И МОРСКИХ УСТЬЕВ РЕК

Виды навигационных знаков. Чтобы при плавании в пределах видимости берегов судоводитель мог определять место судна, на некоторых крупных озерах (Ладожском, Онежском) и в морских устьях рек устанавливают средства навигационного оборудования, используемые на морях.

Средства навигационного оборудования морей (СНО) — специальные сооружения, конструкции или устройства, предназначенные для ориентировки или определения координат судна в море, а также для ограждения каналов, фарватеров и навигационных опасностей. СНО могут быть нескольких видов, основные из них следующие.

Навигационный морской ориентир (навигационный ориентир) — объект, координаты которого известны, используемый для определения координат судна или для его ориентирования.

Морской маяк (маяк) — средство навигационного оборудования морей, представляющее собой специальное капитальное сооружение, имеющее светотехнический аппарат с дальностью видимости белого или приведенных к нему цветных огней не менее 10 миль.

Светящийся морской навигационный знак — средство навигационного оборудования морей, представляющее собой капитальное сооружение, имеющее светотехнический аппарат с дальностью видимости белого или приведенных к нему цветных огней не менее 10 миль.

Морской навигационный огонь (навигационный огонь) — средство навигационного оборудования морей, представляющее собой световой прибор, устанавливаемый на естественных объектах или сооружениях неспециальной постройки.

Морской навигационный створ — створ, образованный средствами навигационного оборудования морей, предназначенный для обеспечения судовождения в пределах створной зоны.

Морские плавучие предостерегательные знаки — плавучие средства навигационного оборудования морей в виде буйев или вех, устанавливаемые на якорь для ограждения морских навигационных опасностей, обозначения положения морских каналов

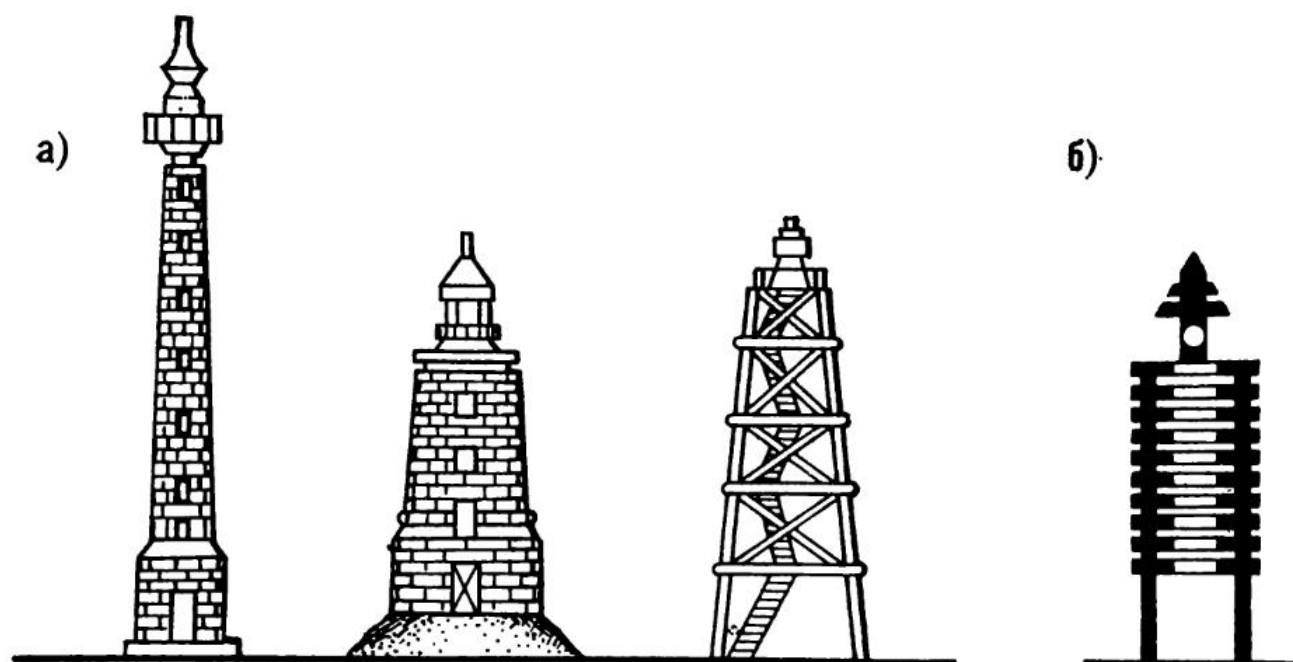


Рис. 93. Средства навигационного ограждения озер и морских побережий

и фарватеров, подводных кабелей, рыболовных снастей, мест якорных стоянок.

Маяки. Из средств навигационного оборудования наибольшее распространение имеют маяки и светящиеся навигационные знаки. Маяк располагают на берегу или на острове так, чтобы он или его огонь был виден на достаточно большом расстоянии. Сейчас строят маяки не выше 100 м, так как при большой высоте слой атмосферы уменьшает их видимость. Маяки отличаются один от другого архитектурой (рис. 93, а), цветом и характером огня (благодаря этому их легче различить). Их строят из дерева, камня, сборных чугунных тюбингов. В настоящее время наиболее распространены железобетонные постройки различной формы: пирамидальные, конусные, четырех- и восьмиугольные высотой до 50 м. Применяются также сооружения из решетчатых металлических конструкций.

Основными типами маячных источников света являются: светооптические ацетиленовые аппараты с оптической дальностью при нормальном состоянии атмосферы 4 и 11 миль; светооптические электрические аппараты с дальностью действия белого огня — 20 миль, красного — 19 и зеленого — 15 миль; светооптический электрический вращающийся аппарат с дальностью видимости 20 и 26 миль.

Когда судно подходит с моря, вначале с него будут видны маяки первой линии, которые оборудованы наиболее мощной светотехникой. Они дают возможность определить место судна после плавания вне видимости берегов по точным наземным ори-

ентирам и исключить грубые ошибки при дальнейшем расчете курса судна. Эта цепь маяков редка и с судна чаще всего виден только один маяк. В дальнейшем судно входит в зону действия маяков второй линии, которая позволяет точно определить место по двум или даже трем видимым маякам, так как они отстоят друг от друга обычно на 25—30 миль. Третья линия маяков, которые имеют интервал 15—20 миль, позволяет ориентироваться в непосредственной близости от берега.

Каждый маяк имеет свою световую характеристику. Отличительной особенностью маячного огня является его характер и цвет, число проблесков и затмений, период проблесков, сила света и дальность видимости и т. п.

Огонь маяков бывает постоянным, проблесковым, группопроблесковым, затмевающимся, группозатмевающимся, постоянным с проблесками. ¹

Кроме световой сигнализации, некоторые маяки оборудованы средствами для подачи звуковых (воздушных и подводных) сигналов.

Дальность действия воздушных сигналов 6—8 миль. Иногда на маяках устанавливают радиомаяки, которые используются совместно с другими сигналами.

Светящиеся морские навигационные знаки строят в виде металлических, а чаще деревянных башен (рис. 93, б). Так же как и маяки, они отличаются друг от друга своей конструкцией и огнем.

Плавучие знаки международной системы МАМС для региона А, применяемые на внутренних водных путях (на крупных озерах и в устьях крупных рек). В 1976 г. Международная ассоциация маячных служб (МАМС) и Межправительственная морская консультативная организация (ИМКО) завершили создание новой унифицированной системы плавучих средств навигационного ограждения.

По международному соглашению в водах Мирового океана будут применяться две системы средств навигационного оборудования плавучими предостерегательными знаками: система А и система Б. Большинство европейских стран, а также и некоторых других континентов для своих прибрежных вод решило принять систему А — комбинированную кардинально-латеральную систему плавучего ограждения (красный слева).

В системе А наименования кардинальных знаков соответствуют расположению секторов относительно опасности и показывают сторону безопасного прохода.

Система А включает латеральные, кардинальные знаки, знаки, ограждающие отдельные опасности незначительных размеров,

знаки, обозначающие начальные точки и ось фарватера (канала) и середину прохода, знаки специального назначения. Для знаков используются буи столбовидной или сигарообразной формы, а также вехи. Зеленые и красные огни присвоены только латеральным знакам, а кардинальные знаки несут белые огни, характеристики которых значительно отличаются друг от друга.

Новая система А плавучих средств навигационного ограждения в водах северо-западной Европы показана в прил. 6.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют системы расстановки навигационных знаков?
2. Какие знаки входят в состав плавучих при латеральной системе?
3. Какая судоходная обстановка используется на озерах и в морских устьях рек?

НАВИГАЦИОННЫЕ ПОСОБИЯ И СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛОЦИЯ

§ 35. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ КАРТОГРАФИИ

Географические координаты. Земля представляет собой геоид, т. е. шар, немного сплюснутый у полюсов, с неровной поверхностью. Наука, занимающаяся измерением Земли, называется *геодезией*.

В геодезии земную поверхность считают условно совпадающей с поверхностью воды в океанах и морях, а форму Земли принимают за эллипсоид вращения (эллипсоид — тело, полученное от вращения эллипса вокруг своей малой оси). Большая полуось этого эллипсоида имеет размер 6378 км и малая полуось — 6356 км. Разница между полуосями составляет около 22 км, или менее 0,3%.

Положение точек на земной поверхности определяется при помощи *географических координат*.

В системе географических координат места пересечения воображаемой земной оси с поверхностью Земли называют *полюсами*. Один из них P_N — северный, другой P_S — южный (рис. 94).

Большие и равные круги (например P_N , E , P_S , Q), проходящие через оба полюса, называются *меридианами*. Большой *ЕСВО* круг, образованный пересечением поверхности Земли с плоскостью, проходящей через центр Земли, и расположенный перпендикулярно земной оси, называется *экватором*. Экватор делит земную поверхность на северное и южное полушария.

Малые круги на земной поверхности, расположенные параллельно экватору, называются *параллелями*. Угол φ , равный дуге меридиана между экватором и параллелью данного места, называют *широтой* места (см. рис. 94). Широта, в зависимости от расположения относительно экватора, может быть *северной* (N) или *южной* (S). Широта измеряется в градусах от 0 (экватор) до 90° (полюсы).

Угол λ , равный дуге экватора между начальными меридианами и меридианом данного места, называют *долготой* места (см. рис. 94). Начальным считается гринвичский меридиан, проходящий вблизи Лондона. Долгота измеряется в градусах в

обе стороны от начального меридиана от 0 до 180° и может быть *восточной* (E) и *западной* (W). Например, координаты Ленинграда запишутся так: $\varphi = 59^\circ 57' \text{ N}$, $\lambda = 30^\circ 19' \text{ E}$.

Меридианы и параллели можно провести через любую точку поверхности Земли. Зная широту и долготу точки на поверхности земного шара, можно легко найти ее положение на карте.

Картографические проекции. Для практических целей Земля должна изображаться в уменьшенном виде. Поэтому подробное представление о размерах и виде поверхности Земли получают с помощью географической карты. Построенное по определенному математическому закону изображение земной поверхности на плоскости называется *географической картой*.

Шаровая поверхность Земли на плоскости изображается с помощью меридианов и параллелей или линий каких-либо систем координат, которые называются *картографической сеткой* проекции.

Для составления карт используются различные способы построения картографических проекций. На рис. 95 показаны азимутальные проекции — сфера проецируется на плоскость, цилиндрические — сфера проецируется на поверхность цилиндра и конические — сфера проецируется на поверхность конуса. Все эти проекции, в зависимости от расположения вспомогательного тела относительно сферы, могут быть нормальными, поперечными или косыми (см. рис. 95). Имеется еще много других картографических проекций, которые здесь не рассматриваются.

При построении проекций после перенесения картографической сетки на поверхность вспомогательного тела цилиндр или конус разрезают по образующей и разворачивают в плоскость.

Масштабы. При составлении карт поверхность Земли изображается с уменьшением ее размеров в определенное, наперед заданное число раз. Отношение длины какой-либо линии на плане или карте к соответствующей длине линии на местности называется *масштабом*. С учетом его можно определить по карте расстояние на местности.

Числовой масштаб представляет собой дробь, знаменатель которой показывает, во сколько раз уменьшены истинные размеры местности, изображенные на карте. Такой масштаб обыч-

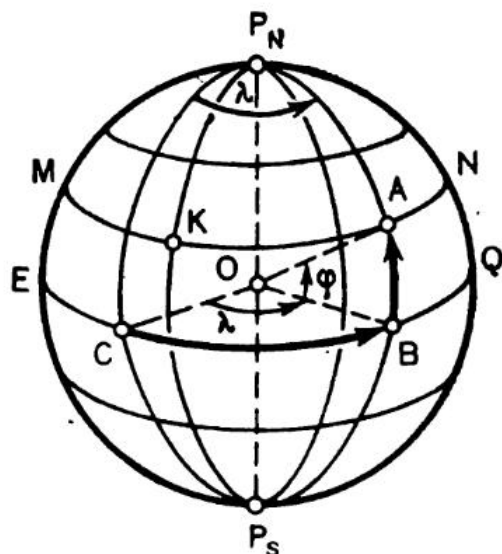


Рис. 94. Географические координаты

но пишется в виде десятичной дроби, например, 1 : 100; 1 : 1000; 1 : 2500 и т. д. Полезно запомнить правило: если у знаменателя численного масштаба зачеркнуть два последних нуля, то оставшееся число покажет, сколько метров содержится в 1 см.

Линейный масштаб изображается графиком, на котором отложены отрезки, соответствующие определенным расстояниям на местности (рис. 96). Линейный масштаб позволяет при помощи измерителя определять расстояния по карте, не прибегая к вычислениям. Масштаб, показываемый на карте надписью, объясняет степень уменьшения расстояний (например, в 1 см — 50 м).

Карты и планы. Большой участок поверхности земли из-за ее кривизны нельзя развернуть на плоскости без складок и разрывов. Чертеж, на котором в уменьшенном виде и с искажениями, подчиненными определенным математическим законам, изображен в условных знаках большой участок земной поверхности или всей Земли, называют *картой*.

Учитывая величину земного шара, можно без ощутимой погрешности для решения практических задач некоторую ограниченную часть земной поверхности принять за плоскую и проецировать ее без учета сферичности. В этом случае длина и ширина

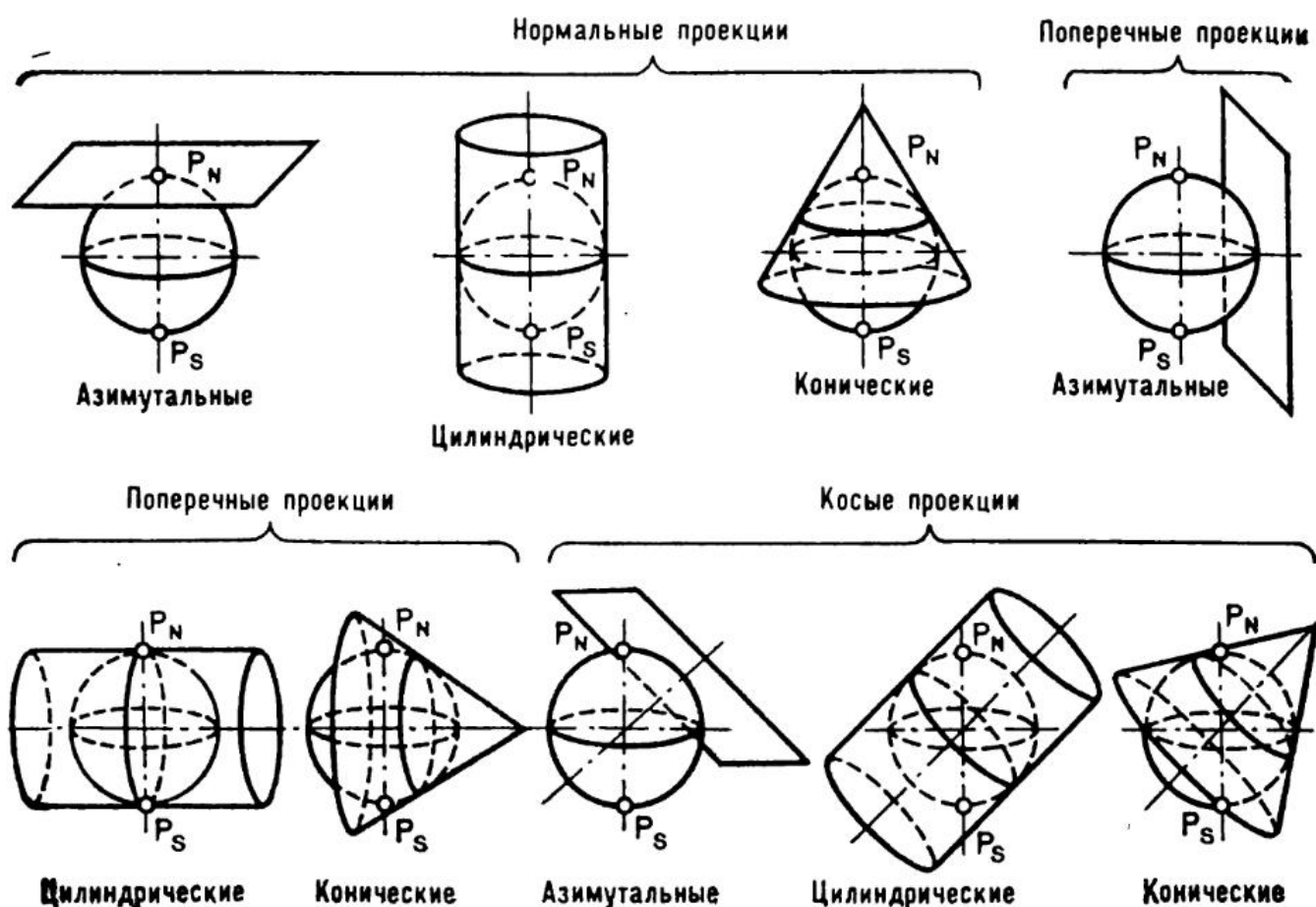


Рис. 95. Виды картографических проекций

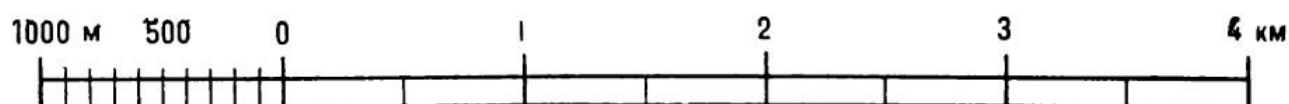


Рис. 96. Линейный масштаб

участка не должны превышать 80—100 км. Такое ограниченное в размерах изображение земной поверхности без учета ее сферичности называется *планом*. Планы в основном относятся к группе топографических карт. Иногда изображения земной поверхности, составленные как планы, называют картами. В частности, рассматриваемые ниже навигационные карты являются фактически планами участков водного пути.

Из определений понятий плана и карты видно, что основное их различие состоит в масштабах. На плане изображение местности дано в одном и том же заданном масштабе, а на карте — разномасштабно.

Топографические карты СССР составляются в масштабах от 1 : 10 000 до 1 : 500 000. Получающиеся при этом искажения практически не заметны, поэтому масштаб такой карты считается постоянным в любой его части и по любому направлению. Для планов (карт) рек чаще используется масштаб 1 : 10 000 и 1 : 25 000. Для карт крупных водохранилищ применяют масштабы 1 : 50 000 и 1 : 100 000, иногда 1 : 25 000.

Карта или план должны характеризовать рельеф и дать возможность определить превышение одних точек местности над другими. Рельеф поверхности Земли на планах передается так называемыми *горизонталями*. При изображении водоемов, главным образом рек, применяют *изобаты* — линии равных глубин.

Горизонтالي (рис. 97) — это проекции кривых линий, полученных при пересечении поверхности Земли воображаемыми горизонтальными плоскостями, расположенными друг от друга через определенные промежутки по высоте, например через 1; 5; 10 м и более.

Расстояние на карте между двумя соседними горизонталями называют *заложением*. По заложению можно определить крутизну ската: чем круче скат, тем меньше заложение и, наоборот, чем положе скат, тем заложение больше (т. е. у крутых скатов горизонтали располагаются гуще).

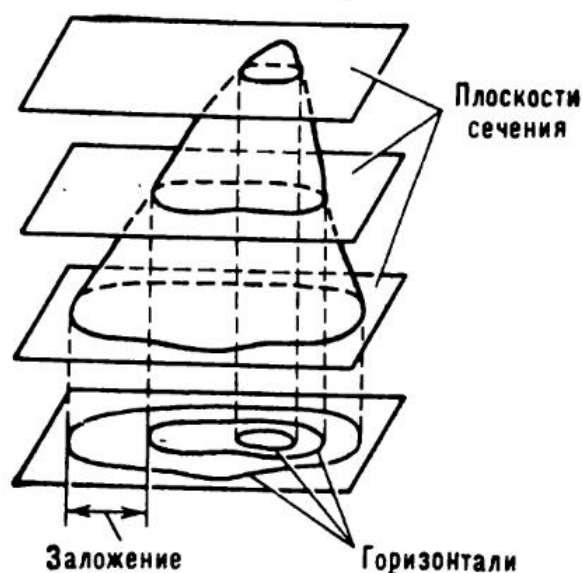


Рис. 97. Горизонтали

Координатная сетка. В СССР для съемок как обязательная принята равноугольная поперечно-цилиндрическая картографическая проекция, называемая проекцией Гаусса. Она применяется при всех топографических работах. Материалы топографических съемок служат основанием для составления карт в других проекциях.

Координатами называются угловые или линейные величины, которые определяют положение точки на поверхности или в пространстве. Для карт применяются географические, плоские, прямоугольные и полярные координаты. В равноугольной цилиндрической проекции Гаусса используются прямоугольные координаты.

Плоскими прямоугольными координатами называют две линейные величины — абсциссу и ординату, которые определяют положение точки на плоскости. В системе плоских прямоугольных координат используются *оси координат*, которые представляют собой две взаимно перпендикулярные прямые X (рис. 98) и Y , делящие плоскость на четыре четверти. Точка пересечения координат O называется их *началом*.

В топографии за положительное направление осей принимается для оси абсцисс X направление на север, для оси ординат Y — направление на восток. Счет четвертей ведется по ходу часовой стрелки от положительного направления оси X . Координата x (абсцисса) вверх от оси считается положительной, а вниз от нее — отрицательной. Координата y (ордината) вправо от оси X считается положительной, а влево от нее — отрицательной.

Положение любой точки M на плоскости определяется относительно начала координат O пересечением перпендикулярных прямых, проведенных к осям на заданных расстояниях. Определение координат упростится, если плоскость разбить на сетку квадратов с помощью прямых, параллельных осям координат. Такая сетка называется *прямоугольной координатной сеткой*.

Составление карты в проекции Гаусса. Сущность проекции Гаусса заключается в следующем. Из-за шарообразности Земли развернуть значительные части земной поверхности на плоскость не удастся, поэтому земной

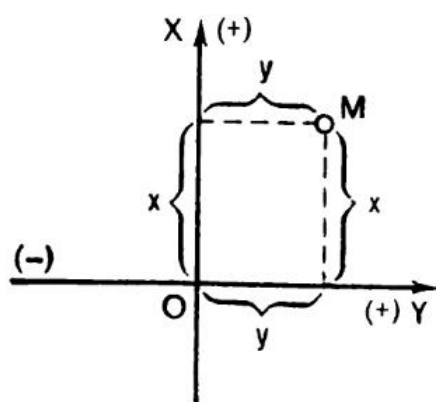


Рис. 98. Плоские прямоугольные координаты

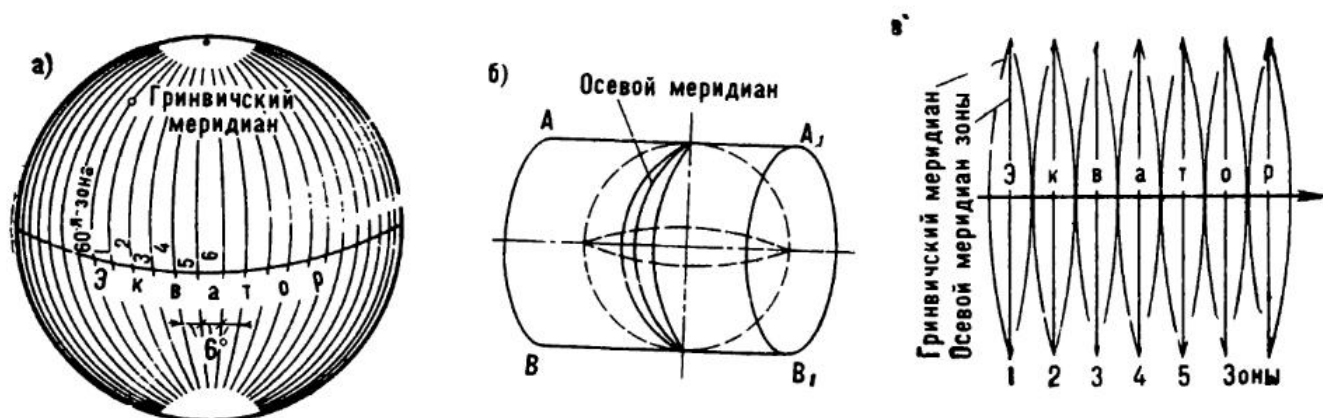


Рис. 99. К понятию о проекции Гаусса:

а — деление меридианами земного шара на 60 зон; *б* — схема проекции зон на боковую поверхность цилиндра; *в* — изображение поверхности Земли на плоскости в виде зон

шар делится по меридианам на 60 зон, по 6° каждая. Средний меридиан в каждой зоне называется *осевым меридианом*, он делит зону на западную и восточную равные части. Счет зон ведется с запада на восток от Гринвичского меридиана (рис. 99, *а*). Принятые размеры зон позволяют проецировать их на плоскость без видимых искажений. Затем все зоны последовательно проецируются на боковую поверхность цилиндра (рис. 99, *б*). Разрезав цилиндр по образующей AA_1 или BB_1 и развернув его боковую поверхность на плоскость, получим изображение поверхности Земли на плоскости в виде отдельных зон (рис. 99, *в*), соприкасающихся одна с другой лишь в точках касания по экватору.

Осевой меридиан в каждой зоне и экватор изобразятся прямыми взаимно перпендикулярными линиями. При проецировании цилиндр соприкасается с каждой зоной только по осевому меридиану, поэтому такие меридианы изображаются без искажения длины и изменения масштаба. Остальные меридианы каждой зоны изображаются кривыми линиями и являются искаженными.

Все параллели также изображаются с искажением — кривыми линиями. Наибольшее искажение создается у краев зоны, где оно достигает $1/1000$ длины линии, измеряемой на карте.

Такие искажения при

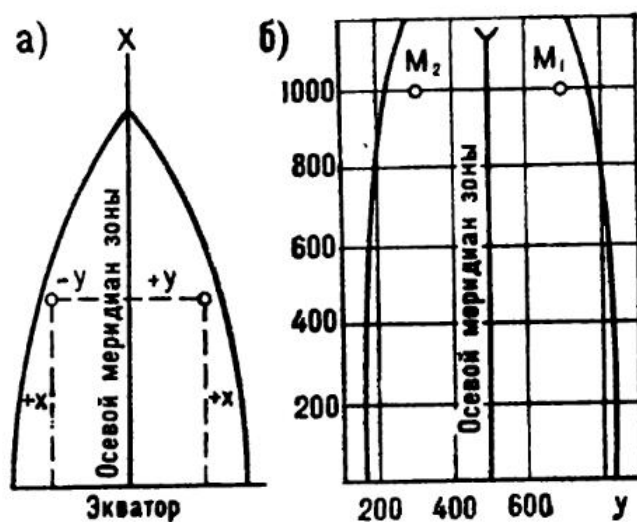


Рис. 100. Координаты северной зоны проекции Гаусса

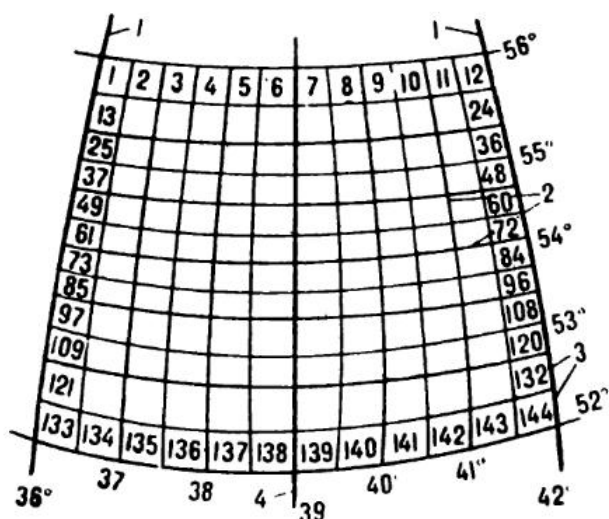


Рис. 101. Деление зоны на листы карты:

1 — граничные меридианы зон; 2 — рамки листов карты 1 : 100 000; 3 — рамка листа карты 1 : 1 000 000; 4 — осевой меридиан зоны

ординат Y . Это дает возможность получить систему плоских прямоугольных координат для северной половины зоны с вполне определенным географическим положением начала координат. Если затем в зонах в принятом масштабе нанести координатную сетку со стороной квадрата в 1 или 2 км, то она определенным образом будет связана с географической сеткой меридианов и параллелей. Эта связь позволит определить по прямоугольным координатам положение любой точки в системе географических координат.

Если осевой меридиан и экватор приняты за оси координат, то абсциссы x (рис. 100, а) всех точек (M_1 , M_2 и т. д.) северной половины зоны положительны, а ординаты y имеют разные знаки. Чтобы не иметь различных знаков, значение ординаты y осевого меридиана принимают равным 500 км. Тогда ось X переносится к западу от осевого меридиана на 500 км и нулевое значение будет иметь крайний слева (западный) меридиан зоны. Поэтому ординаты y для осей зоны будут положительны (рис. 100, б).

Полученное изображение зоны с нанесенной на ней сеткой квадратов делится на отдельные листы карты. Каждый лист будет покрыт координатной сеткой, линии которой отстоят друг от друга на целое число километров. Эти линии называются километровыми, а вся координатная сетка — километровой. На рис. 101 показано деление одной из зон на листы карты масштаба 1 : 100 000.

практических работах неощутимы, поэтому масштаб любого участка топографической карты считается постоянным. Например, из-за сравнительно небольших площадей водохранилищ ошибка в замеренных по карте расстояниях будет составлять всего несколько сантиметров на километр. Поэтому для карт водохранилищ, составленных в проекции Гаусса, масштаб практически везде постоянен и курс судна изображится прямой линией.

Осевой меридиан каждой зоны принимается за ось абсцисс X , а экватор — за ось

Территория СССР, растянутая по долготе примерно на 170°, охватывает 29 зон, начиная с четвертой. Каждая координатная зона имеет свой порядковый номер.

§ 37. КАРТЫ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

Для плавания по внутренним водным путям составляют *карты внутренних водных путей* — изображение участка внутреннего водного пути и прилегающей полосы берега, составленное на основе гидрографических работ. Для второстепенных водных путей, например для притоков с нерегулярным судоходством, издаются *схемы судового хода*. Карты внутренних водных путей называют также *навигационными картами*.

Для плавания по крупным озерам и устьям рек, впадающих в моря, используют *навигационные морские карты* — карты, главным содержанием которых являются элементы навигационно-гидрографической обстановки.

Навигационные карты по своему содержанию представляют схематизированный вид водного пути. Их составляют на основе исходного материала: топографических карт, аэрофотосъемки, изысканий, промеров планов перекатов и т. д. Карты могут иметь различную степень подробности изображения участков, разные краски для показа глубин, различные условные обозначения и т. д. Карты, сброшюрованные в альбомы, содержат обычно такие части: титульный лист (где указывают наименование участка реки, для которого составлена карта, масштаб, издателя и год издания); предисловие или введение (содержат сведения о материалах, использованных при составлении карты, сведения об уровнях, глубинах, масштабах и т. д.); условные обозначения знаков (нарисованные знаки с их словесным объяснением); схемы расположения листов карты (приводятся в мелком масштабе изображение контуров русла и нумерация листов карты); листы карты (урезы воды, соответствующие проектному уровню, изобаты, ось судового хода или фарватера с разбивкой на километры, сооружения и постройки, навигационные препятствия, знаки судоходной обстановки, направление магнитного меридиана, расположение и направление неправильных течений, описание судового хода с рекомендациями для плавания и т. д.). На некоторых картах приводят дополнительные сведения о гидрологических особенностях, физических условиях навигации, а также планы трудных перекатов в крупном масштабе, рисунки и фотографии приметных ориентиров.

Атласы единой глубоководной системы европейской части РСФСР включают в себя следующее: лист для учета корректуры (где указывают основания для корректировки атласов, дату корректирования, исполнителя); предисловие (сведения об участке, входящем в данный том, виде проекции, масштабе, глубинах, пункте начала отсчета километража, год составления атласа и др.); навигационно-гидрологический очерк (общие сведения об участке плавания, габаритных размерах пути, затруднительных для судоходства местах, судоходной обстановке, шлюзах, портах и рейдах, местах и видах комплексного обслуживания флота); гидрометеорологические сведения (данные о ветре и волнении, туманах и осадках, течении, ледовом режиме); алфавитный указатель и лист условных обозначений; схему расположения томов атласов; листы атласов, имеющие желтый фон (белой и голубой красками изображен судовой ход с прилегающей местностью, даны знаки судоходной обстановки, словесные предупреждения судоводителям, описания портов, берегов и др.); лотийные сведения и данные об укрытиях на водохранилищах.

Карты низовьев рек, впадающих в море (например, Енисей и Северной Двины), составляют в меркаторской проекции. Они представляют собой большие отдельные листы светло-желтого фона, ограниченные рамкой. Русло реки рисуется светло-голубой краской. Границы судового хода, показываемого белым цветом, обозначают штрихпунктирной линией, ось судового хода (фарватер) — сплошной черной линией. У каждого прямого участка фарватера надписывают значение истинного курса для движения вверх и вниз по течению (например, $190^{\circ}-10^{\circ}$, $218,9^{\circ}-38,9^{\circ}$ и т. д.). Глубины обозначают цифрами, расположенными по всему руслу с определенной частотой, род грунта — буквами. Навигационные знаки показывают такими же условными обозначениями, как и на морских картах, границы перекатов — пунктиром со стрелками. На свободных местах карты приводят сведения о масштабе по определенной параллели, магнитном склонении и его годовом изменении, данные о приведении глубин к определенному уровню и т. д.

Карты водохранилищ могут быть составлены в проекции Гаусса (Цимлянское, Кременчугское водохранилища), ориентированы вертикальной рамкой по истинному меридиану (Куйбышевское, Горьковское, Братское, Иркутское водохранилища), а также составлены в меркаторской проекции (Рыбинское водохранилище). Эти карты имеют титульный лист, предисловие, лист условных обозначений и схему расположения листов карты. У некоторых карт дополнительно приводятся таблицы силы

ветра по румбам, графики и таблицы характерных уровней воды, сведения о длительности навигации и судоходной обстановке, о порядке движения судов по трассам, о режиме огней освещаемых знаков навигационной обстановки и т. д.

На листах карты, где изображается водная площадь (дается обычно в нескольких красках), показывают: урезы воды при проектном или нормальном подпорном уровне (НПУ), принятом за нуль карты; изобаты минимального навигационного и минимального зимнего уровней; цифры, показывающие глубины; русла рек, старые озера, протоки, затопленные острова, пашни (пунктиром), старые судовые ходы трассы, обозначенные сплошными или пунктирными линиями (иногда у трассы надписывают ее азимут и протяженность). Рельеф берегов на картах обозначают при помощи горизонталей, а навигационную обстановку, сооружения и опасности — условными знаками.

На свободных местах листов карты помещают рекомендации по проводке судов, розы ветров, фотографии и рисунки приметных ориентиров, дают пункты отстоя для ветров определенных направлений, схемы расчета ориентирного угла. Некоторые карты имеют так называемые *врезки*, которые представляют собой такого же формата листы альбома, где приведены в крупном масштабе планы портов-убежищ, розы ветров и описание убежищ.

Карты крупных озер (например, Байкала, Ладожского, Онежского) составляют в меркаторской проекции. Карты меньших озер издают в проекции Гаусса. Карты озер Ладожского и Онежского имеют общий стандартный вид меркаторских карт.

§ 38. РУКОВОДСТВА ДЛЯ ПЛАВАНИЯ

Руководства для плавания — это издания, которые дополняют навигационные карты текстовым описанием, иллюстрациями, схемами, наставлениями для плавания и т. д. К руководствам можно отнести: лоции, описания участков, радиолокационные схемы, описание портов-убежищ, рекомендации по выбору безопасного курса судна. Особым видом рекомендаций являются кинофильмы, которые в основном предназначены для учебных целей.

Лоции служат дополнением к навигационным картам и содержат характеристики отдельных участков водного пути, справочные данные, рекомендации судоводителям по выбору курса и т. д.

Описание основных убежищ на водохранилищах издаются отдельной брошюрой, в которой указываются расположение убежищ и защищенность судов в них от ветров определенных направлений, характеристика подходов к убежищу и его акватория.

Рекомендации судоводителям — руководства, к которым можно отнести Рекомендации судоводителям по использованию технических средств судовождения и связи на Волго-Балтийском водном пути имени В. И. Ленина, рекомендации по проводке судов и др.

Сборник рекомендаций по обеспечению безопасности движения судов составляет большой коллектив судоводителей и работников судоходной инспекции. В сборнике для отдельных участков, отличающихся условиями плавания, даются их краткая характеристика и наставления по проводке судов и плотов. Сборник снабжен разнообразными справочными материалами.

Атласы озер — альбомы карт прибрежной полосы. Атлас озера Байкал, например, содержит основные данные об озере, гидрологические и метеорологические сведения, описания судоходной обстановки, пассажирских пристаней, знаков условных обозначений, а также схемы расположения листов. На листах атласа изображена горизонталями только береговая черта с небольшой водной площадью, покрытой изобатами. На свободных частях листов приведены сведения о местах якорных стоянок и отстоя судов, розы ветров, а в приложениях в крупном масштабе даются планы бухт, рейдов и портов.

Извещения судоводителям выпускают для плавания по озерам, где существуют навигационные способы проводки судов. Извещения издаются периодически, по мере накопления сведений и являются официальным документом, выпускающимся для целей обеспечения безопасности плавания.

Учебные кинофильмы создаются для ознакомления с районом плавания и изучения специальной логии. Большого распространения они пока не получили.

В последнее время все большее распространение получает замена логий и руководств для плавания описаниями участков и рекомендациями для выбора курса, помещаемыми на свободных местах навигационных карт.

§ 39. СПРАВОЧНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ПЛАВАНИЯ

Справочные пособия предназначены для получения необходимых данных о районе плавания и проведения расчетов, связанных с судоходством. К справочным пособиям относятся

схемы внутренних водных путей, маршрутники, атласы и картограммы ветрового волнения, графики колебаний уровня воды и др.

Схемы внутренних водных путей сообщения РСФСР предназначены для знакомства с расположением водных путей, железных и автомобильных дорог. Схемы издаются в виде альбомов в масштабе 1 : 500 000—1 : 3 000 000, где показаны в границах отдельных пароходств судоходные и сплавные реки, порты, железные и шоссейные дороги и населенные пункты.

Маршрутники содержат сведения о протяженности водных путей и расстояниях между определенными объектами, имеющими значение для судоходства.

Атласы, карты и картограммы изолиний ветрового волнения помогают выбрать судоходную трассу. Атласы ветрового волнения содержат графики и таблицы высоты ветровых волн, составляемые для разных направлений и силы ветра. Атласы и карты разнообразны по форме и содержанию.

Иногда сведения о высотах волн даются в виде кратких таблиц и графиков для отдельных участков водохранилища при нормальном подпорном и определенном уровнях навигационной сработки. Картограммы изолиний высоты волн составляют дополнительно к атласам и картам. Высоту волн определяют в зависимости от длины разгона, направления, скорости ветра и глубины. Картограммы изолиний позволяют найти высоту волны по всей ширине водохранилища. Порядок определения высоты волн дается в предисловии к каждому указанному справочному пособию.

Графики колебаний уровней воды в нижних бьефах ГЭС позволяют определить на любое время для всех перекатов данного участка наступление минимальных и максимальных уровней, амплитуду изменения уровней, а также время начала их спада или подъема. Графики составляются для рабочих и нерабочих дней.

Введения к навигационным картам содержат сведения об общих гидрологических данных пути, навигационной обстановке, местах отстоя, уровнях, силе ветра по румбам, высоте волны, длительности навигации и т. д.

Правила и уставные документы могут также служить справочным пособием, так как определяют порядок и правила движения судов и плотов, правила сигналопроизводства, эксплуатации технических средств, а также взаимоотношения между службами и отдельными лицами на судах внутреннего плавания. К ним относятся: Правила плавания по внутренним водным путям РСФСР, местные правила плавания (для данного бас-

сейна), правила сплотки и сплава леса в плотях (для определенного бассейна), Правила технической эксплуатации речного транспорта и др.

Учет всех данных, приведенных в справочных пособиях, при планировании и подготовке рейса судна в значительной степени повышает обеспеченность безопасности плавания.

Радиолокационные пособия являются важным средством обеспечения безопасности судоходства и, дополняя навигационные карты, помогают повысить надежность ориентирования судоводителей на внутренних водных путях.

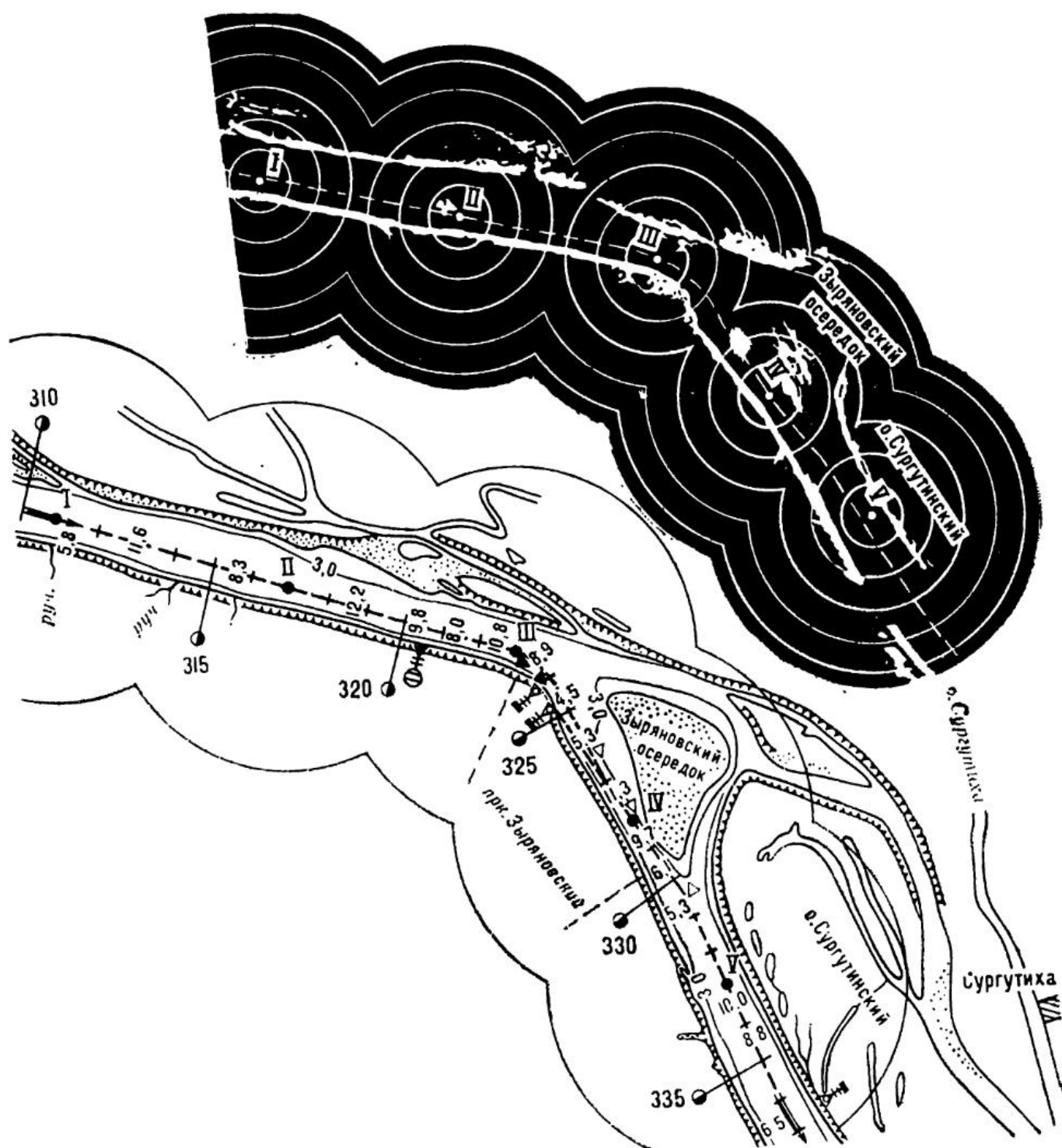


Рис. 102. Лист радиолокационного пособия

Изображение местности на экране радиолокационной станции (РЛС) значительно отличается от изображения местности на карте, оно имеет вид белых полос, пятен, точек и др. В связи с этим создают специальные радиолокационные пособия, которые изображают местность так, как она видна на экране РЛС. С помощью этих пособий судоводитель производит ориентирование, определяет местонахождение и курс судна. Практика плавания показывает, что эффективность работы РЛС во много раз повышается при одновременном использовании навигационной карты и радиолокационных пособий. Основные виды радиолокационных пособий следующие: дополнения к лоции — альбомы фотографий экрана РЛС, сделанных с определенных точек судового хода; радиолокационные изображения ориентиров и берегов, нанесенные штриховой расцветкой непосредственно на навигационную карту; навигационная карта с изображением на ней последовательно расположенных снимков (рис. 102) экрана РЛС (снимки соответствуют определенному участку судового хода и могут быть приведены на свободных листах планшета навигационной карты или же нанесены непосредственно на изображение русла реки); специальные пособия, которые с помощью приборов совмещаются с изображением на экране РЛС. Радиолокационные изображения водохранилищ издаются в виде альбомов, где даны изображения отдельных, наиболее затруднительных участков, подходы к портам, убежищам, шлюзам, плотинам и др.

Судоводители, пользуясь РЛС, сопоставляют радиолокационное изображение на экране с представляемым (мысленно) действительным видом местности или с показаниями навигационной карты.

§ 40. ИНФОРМАЦИЯ О СУДОХОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Для обеспечения безопасности судоходства на внутренних водных путях выпускаются различные виды информации о путевых условиях. Основные из них: Извещения судоводителями по ЕГС; путевые листки; радиобюллетени; информация об условиях плавания на боковых (малых) реках в весенний период. В дополнение к этим материалам при необходимости могут выпускаться другие информационные материалы, например приложения к путевым листкам, где изложены условия плавания в ледовый период, предупреждения о порядке снятия плавающих знаков перед ледоставом и т. п.

Сведения о судоходных условиях, содержащиеся в информационных бюллетенях, путевых листах и радиобюллетенях, при-

мерно одинаковы (за небольшим исключением). Все они содержат данные об уровнях воды, сведения о наименьшей глубине и ширине судовых ходов (с указанием лимитирующих участков пути), данные об изменении в расстановке навигационных знаков, об открытии или закрытии судовых ходов, ограничениях и особых условиях движения судов (включая места проведения различных работ на реках), гидрометеорологическую информацию (в осенний период навигации — данные о температуре воды и воздуха).

Извещения судоводителям. Для бассейнов, входящих в единую глубоководную систему европейской части РСФСР, извещения составляет информационно-диспетчерский пункт Волжского бассейнового управления пути. В извещения включают сведения по рекам: Волге, Каме, Дону, Неве, Свири; по каналам имени Москвы, Беломорско-Балтийскому, Волго-Донскому имени В. И. Ленина, Волго-Балтийскому водному пути имени В. И. Ленина, по Ладожскому и Онежскому озерам. Сюда же входят некоторые сведения из Извещений мореплавателям по Финскому и Таганрогскому заливам.

Извещения судоводителям содержат подробные сведения об изменениях, происшедших в составе действующей обстановки и условиях плавания. Они включают информационные материалы по следующим основным разделам: корректура навигационных карт ЕГС; корректура морских и озерных карт и лоций; объявления и предупреждения.

Путевой листок. Подобный вид информации ежедневно выпускается техническими участками пути и районами гидросооружений. Листки на суда распространяются диспетчерскими портов и пристаней. Первый раздел путевого листа содержит сведения об отметках уровней воды, их изменениях за сутки по опорным гидрологическим постам, а также данные о температуре воздуха и воды. В следующем разделе указываются наименьшие фактические габаритные размеры транзитных судовых ходов на конкретных перекатах и участках, а также на подходах к причалам, пристаням, на акваториях и входах в убежища на водохранилищах. В пункте «Характеристика судоходных условий наиболее затруднительных участков» приводятся сведения об особенностях того или иного участка, вызывающих затруднения для движения судов, об имеющихся временных помехах (например, строительных и аварийно-спасательных работах и т. п.).

В путевых листах дается также информация об изменениях в расстановке знаков навигационного ограждения, об открытии (закрытии) для судоходства дополнительных ходов, указываются места работы земснарядов. В различных бассейнах характер

и объем сведений, приведенных в путевых листках, может иметь различие, что зависит от специфики и значимости водного пути.

Радиобюллетени. При наличии развитой сети береговых и судовых радиостанций радиобюллетени являются наиболее распространенным видом информации судоводителей. Они содержат в основном те же данные, что и путевые листки, но в сокращенном виде (сведения о возвышении уровня воды над проектным уровнем, наименьшей глубине и ширине судового хода, наиболее трудных перекатах, предупреждения о перестановке навигационных знаков, работающих земснарядах и др.).

Информация в радиобюллетене передается в лаконичной форме с принятыми в данном бассейне сокращениями названий. В течение суток радиобюллетени передаются 4—8 раз. Если радиобюллетень не получен на судне в установленный сеанс связи, то судоводитель может получить информацию от радиостанции или диспетчеров по специальному запросу. Полученная на судне радиоинформация о путевых условиях должна быть записана в специальный журнал.

Информация (путевые справочники) для боковых (малых) рек. В короткий период весеннего половодья на боковых реках выполняется большой объем транспортной работы с привлечением большого числа транзитных судов основной магистрали. Командный состав таких судов не имеет необходимых знаний об условиях плавания по данной боковой реке.

Определенные сведения о путевых условиях того или иного участка боковой реки приводятся в лоцийных материалах, поэтому издаваемые ежегодно для боковых рек путевые справочники или информация являются дополнительными документами и пособиями, уточняющими особенности судоходства в конкретную навигацию данного года.

В путевых справочниках приводятся материалы гидрометеослужбы о прогнозах наибольших уровней воды по пунктам и срокам их наступления, а также прогнозные сроки наступления судоходных глубин на подъеме уровней и критических глубинах на спаде паводка. Определяется возможный период работы экспедиционных транзитных судов; приводятся средние скорости течения воды по участкам в зависимости от уровней. Дается информация о навигационном оборудовании с указанием об изменении в схеме расстановки знаков, характеристики режима горения огней и организации обслуживания обстановки.

В информационных материалах для боковых рек, как правило, дается полный перечень подводных и воздушных переходов с указанием километража расположения и высоты проводов над нулем гидрологического поста. Здесь также помещают сведения

и предупреждения, обеспечивающие безопасность плавания, например рекомендации по прохождению особо затруднительных участков, сведения о паромных переправах и заградительных бонах и др.

Информационные бюллетени. Бассейновые управления пути (управления каналов) ежедневно для работников служб эксплуатации и движения флота, диспетчеров пароконств и портов, судоходных инспекций выпускают информационные бюллетени, которые могут быть использованы и судоводителями. В первом разделе бюллетеня даются сведения на 8 ч утра о состоянии уровней по рекам и водохранилищам, входящим в границы данного БУПа, температуре воды и воздуха, о ледовых явлениях. Во втором разделе приведены наименьшие габаритные размеры судового хода по участкам, а в третьем разделе дается прогноз погоды на предстоящие сутки.

Кроме того, информацию об изменениях в гидрометеорологической обстановке и прогнозы погоды и волнения дают органы Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды в соответствии с Генеральным соглашением с Минречфлотом и отдельными соглашениями с пароконствами и БУП(УК).

Зрительная и устная информация. Сигнальные знаки глубины и ширины судового хода вывешивают на сигнальных мачтах в течение всего периода навигации, когда транзитные глубины превышают максимальную осадку судов, плавающих по нему, не более чем в 1,25 раза. На перекатах, где глубина больше указанной, вывешивают фигуру в виде креста, которая показывает, что судовый ход на перекате проверен и имеет достаточные габаритные размеры.

Устная информация о судоходных условиях дается судоводителям по их запросам вахтенными мастерами пути или постовыми рабочими, а также диспетчерами (начальниками вахт) шлюзов и портов. В соответствии с правилами пропуска судов через шлюзы диспетчер (начальник вахты) шлюза обязан информировать вахтенных начальников шлюзуемых судов об идущих и отстаивающихся в подходных каналах судах, составах и плотках, а также о неисправностях и изменениях в знаках, о временно выставленных знаках и т. п. в подходных каналах.

Контрольные вопросы

1. Что входит в состав географических координат?
2. В чем заключается отличие карты от плана?
3. Какие существуют виды карт внутренних водных путей?
4. Какие имеются справочные пособия для плавания?
5. Как судоводитель может получить информацию об условиях плавания?

ОРИЕНТИРОВАНИЕ ПРИ ПЛАВАНИИ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ

§ 41. ПОЛЬЗОВАНИЕ НАВИГАЦИОННЫМИ КАРТАМИ

Изучение спецлоций. Определение местонахождения судна относительно стран света или окружающих предметов на местности или карте называют ориентированием. Оно необходимо для выбора кратчайшего и безопасного курса судна и наилучшего маневра.

Изучая специальную лоцию, судоводители получают представление об особенностях водного пути и расположении судового хода. Чтобы правильно выбрать курс судна на реке, необходимо знать специальную лоцию реки. На изучение ее практически необходимы годы. Навигационные пособия позволяют в межнавигационный период знакомиться с районом плавания, расположением судового хода относительно русла, препятствиями. Во время навигации полученные сведения закрепляются судоводителями практически.

При использовании карты судоводитель прежде всего должен ознакомиться с ее заголовком, введением, примечаниями, с масштабом, склонением и годом его приведения, годом издания карты и датой последней корректировки, характером рельефа дна, ограждением опасностей. Наиболее часто встречающиеся условные обозначения судоводитель должен знать на память.

Большое значение для безопасности плавания имеет оценка судоводителем рельефа дна. Последний может быть простым и сложным. У плавного рельефа глубины изменяются равномерно, осередки и острова отсутствуют, он благоприятен для плавания. При сложном рельефе глубины изменяются скачкообразно, имеются косы, осередки, острова и т. д., такой рельеф опасен для плавания.

Изучение участка пути ставит целью запомнить все особенности русла. Вначале путем беглого обзора знакомятся со всем участком, а затем приступают к более подробному и последовательному изучению района плавания — запоминают расположение всех населенных пунктов, искусственных сооружений и все основное, что указано на карте.

Судовой ход изучают с детальным запоминанием его положения между берегами, искусственными и естественными приметами, навигационными знаками и т. д. Попутно изучают характеристику перекатов, направления течения, внимательно прочитывают и запоминают рекомендации по судовождению и расположению всех основных пунктов. Изучать участок рекомендуется одновременно по навигационной карте и лоции.

Положение судового хода необходимо запоминать как для движения вверх, так и вниз по течению. Вначале обычно судовой ход изучают для движения вниз, затем все сведения на память повторяют для плавания в обратном направлении.

При изучении отдельных листов карты необходимо внимательно знакомиться с отмеченными в лоции затруднительными участками для плавания, а также пояснениями, примечаниями и врезками планов отдельных участков.

Применение навигационных карт. Уметь пользоваться навигационными картами — это значит уметь ориентировать карту на судне, сопоставлять карту с натурой, а также ориентироваться с помощью карты. Ориентировка карты на судне заключается в том, что ее надо располагать таким образом, чтобы направление русла на карте совпадало с направлением на местности. Ориентировку ведут сопоставлением характерных примет на местности и карте.

Сопоставление навигационной карты с натурой необходимо в целях определения на карте местонахождения судна при помощи ориентиров. Нужно найти на местности несколько характерных примет, указанных на карте, и затем местоположение судна. В других случаях отыскивают характерные приметы на карте, а затем на местности.

При ориентировке и определении местоположения судна необходимо глазомерно определять, на каком расстоянии от берега находится фарватер реки и как фактически в данный момент располагается судно. Чтобы в плавании не сверять постоянно карту с натурой, необходимо разделить мысленно участок русла планшета на отдельные отрезки между характерными предметами, запомнить положение фарватера на одном отрезке и соответствующим образом направлять движение судна. Дойдя до характерного обусловленного предмета, быстро и внимательно проглядеть и запомнить следующий отрезок пути.

Достоинство карты зависит от масштаба, подробности, точности выполнения и года составления. Крупномасштабные карты пользуются большим доверием, так как на них меньше искажений и точнее нанесены объекты. Предпочтительней карта, со-

ставленная по более поздним источникам. Желательно установить источники, по которым взяты сведения о глубинах, так как глубины, нанесенные по данным систематических промеров, имеют бо́льшую достоверность, чем взятые с других карт.

§ 42. ВИДИМОСТЬ ЗНАКОВ И ОГНЕЙ НАВИГАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ

Понятие о зрении. Практическая деятельность судоводителя во многом зависит от условий видимости. Часто причиной ошибочных действий судоводителя является погрешность при зрительной оценке расстояний и опасности.

Поле зрения называют видимое пространство при неподвижном состоянии глазного яблока. Каждый глаз человека имеет определенное поле зрения, которое представляет собой площадь, несимметричную относительно оптической оси глаза. Цвет наблюдаемого предмета оказывает существенное влияние на размеры поля зрения. Белому цвету соответствует наибольшее поле зрения, голубому — на $11\text{--}15^\circ$ меньше, чем белому; красному — меньше, чем голубому, и зеленому цвету — почти вдвое меньше, чем белому.

Бинокулярным зрением называют зрение двумя глазами с полем, равным примерно 120° . Если смотреть обоими глазами, то поле зрения частично перекрывается. Поэтому предметы, находящиеся посередине совмещенных частей полей зрения, видны обоими глазами. В пределах только зоны бинокулярного зрения можно достоверно глазомерно оценить размеры предметов и расстояний.

Способность глаза различать детали предмета не одинакова по всей площади зрения. Наилучшее восприятие будет тогда, когда предмет находится вблизи середины поля зрения. На краях поля зрения предметы видны менее отчетливо.

Площадь наиболее острого зрения ограничивается углом (конусом) около $3\text{--}4^\circ$ (рис. 103); хорошая острота зрения — конус $7\text{--}8^\circ$; удовлетворительная — конус $13\text{--}14^\circ$. Практически углы острого зрения приблизительно определяются площадью, закрываемой от глаз ладонью вытянутой руки. Предметы, расположенные за пределами угла 20° , видны без ясных деталей и цвета, а за пределами 90° — не отчетливо, они бесцветны.

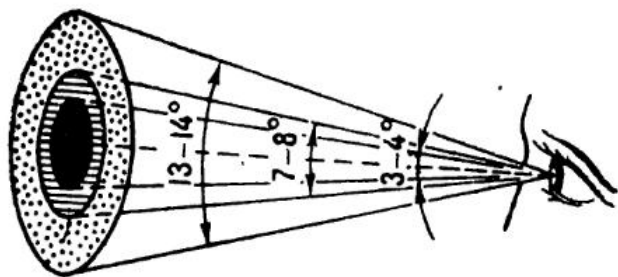


Рис. 103. Угол (конус) острого зрения

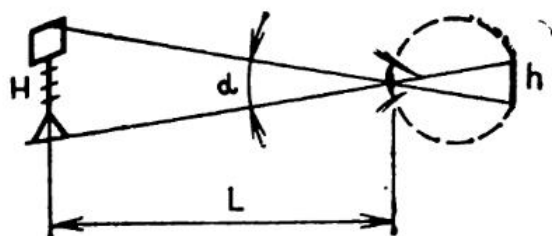


Рис. 104. Угловой размер видимых предметов

Острота зрения — это способность глаза видеть форму предмета и четко различать его очертания. Под численной характеристикой остроты зрения условно понимают наименьшее угловое расстояние между двумя точками, при котором глаз еще способен воспринимать эти точки как раз-

дельные, но при уменьшении которого обе точки будут восприниматься уже слившимися в одну.

Для всякого предмета, находящегося в поле зрения, можно вычислить его угловой размер как отношение размера предмета H к расстоянию от него до глаз L (рис. 104), т. е.

$$\operatorname{tg} \alpha = H/L$$

или при малых углах (до 5°)

$$\alpha = H/L. \quad (7)$$

За единицу остроты зрения P принята величина, обратная наименьшему углу α , при котором две близко расположенные точки видятся раздельно т. е.

$$P = 1/\alpha, \quad (8)$$

где α — угол расчлененного восприятия двух точек, мин (при $\alpha = 1'$ $P = 1$).

Нормальная острота зрения — это условно принятая величина, когда угол α расчлененного восприятия двух точек равен одной угловой минуте. Условность этой величины весьма значительна, так как острота зрения зависит во многом от освещенности и формы объектов.

Итак, объекты в поле зрения видны только тогда, когда соответствующий угол зрения в среднем не меньше одной угловой минуты. Для такого угла значение тангенса равно 0,00029. Следовательно, для видения объекта надо, чтобы отношение H/L было равным $1/3400$, т. е. объекты будут видны с расстояния, превышающего их поперечник не более чем в 3400 раз.

Для судоводителя наиболее важно восприятие расстояний между предметами, т. е. восприятие удаленности от него предметов, или *глубинное зрение*.

Нормальный глаз способен различать все цвета, но у людей могут быть врожденные отклонения в цветном зрении — *дальтонизм*. Наиболее часто наблюдается неразличение красного и зеленого цветов.

Для лучшего рассмотрения предметов обоими глазами человек переводит глаза так, чтобы предмет, находящийся на краю поля зрения, оказался в поле бинокулярного зрения. Для перевода глаз с одного предмета на другой и его фиксирования расходуется значительное время, превышающее иногда 1 с.

Приведенные данные необходимо учитывать судоводителям, особенно быстроходных судов. Так, если перед поворотом реки судоводителю для восприятия обстановки потребуется 1,5 с, то за это время судно на подводных крыльях пройдет около 30 м. Во всех случаях, судоводители должны учитывать ограниченные возможности своего зрения.

Понятие о видимости. Поверхности предметов по-разному отражают падающий на них световой поток, хотя освещены предметы могут быть одинаково. Отраженные от предмета световые лучи распространяются в пространстве. Определенная часть отраженных лучей доходит до глаз, создавая на их сетчатке *освещенность*.

Количество дошедших до глаз лучей определяет *яркость* видимых предметов. Яркость зависит от положения предмета, его окраски, времени суток, состояния неба и т. п.

Если количество световых волн, поступающих от предмета, отличается от количества волн, поступающих от окружающих предметов, то интересующий нас предмет будет видимым на фоне других. Эта разница в количестве отраженных световых волн называется *контрастом* (между рассматриваемым предметом и окружающим его фоном). Контраст бывает *яркостным*, т. е. одноцветным, и *цветовым*, когда предмет и фон различаются по цвету.

Воспринимаемое глазом минимальное значение контраста называется *порогом контрастной чувствительности глаза*.

Чтобы предмет был виден, его яркость должна быть больше порога контрастной чувствительности. Например, удаленный лес будет видим, если он темнее неба, а знак обстановки будет видим, если он светлее или темнее берега или воды.

Видимость предметов зависит также от состояния атмосферы. В атмосфере находится большое количество мельчайших частиц различных веществ, поглощающих и рассеивающих световые волны. Чем больше частиц находится в атмосфере и чем больше расстояние от предметов до наблюдателя, тем меньше световых волн, отраженных от предметов, дойдет до глаз наблюдателя, а следовательно, на сетчатке глаза будет создаваться меньшая освещенность.

При большом скоплении водяных частиц, например при тумане, дальность видимости равна лишь нескольким метрам.

Кроме всего прочего, содержащиеся в воздухе частицы, рассеивая световые лучи, сами становятся освещенными. В связи с этим атмосфера приобретает определенную яркость, получившую название *атмосферной дымки*. Последняя, накладываясь на яркость предметов и фона, ослабляет их яркостный контраст и тем самым уменьшает видимость.

Если обозначить яркость фона B_{ϕ} и яркость объекта B_o , то значение контраста между фоном и объектом равно разности между яркостями, т. е.

$$K = B_{\phi} - B_o \quad \text{при } B_{\phi} > B_o.$$

В большинстве случаев контраст оценивают разностью между большей и меньшей яркостями, отнесенной к большей яркости:

$$K = (B_{\phi} - B_o) / B_{\phi} \quad (9)$$

Из формулы вытекает, что значение яркостных контрастов предметов заключено в интервале от 0 до 1 или от 0 до 100%.

При $B_o = 0$ контраст такого объекта с фоном $K = 100\%$; при $B_o = B_{\phi}$ $K = 0$, т. е. предметы перестают быть видимыми, начиная с того момента, когда сами они и фон воспринимаются глазом как одинаковые по яркости или по цветности.

Например, коэффициент яркости хвойного леса 0,040, желтого леса (осенью) — 0,15, зеленого луга — 0,065, сухого песка — 0,20, воды при разной высоте солнца — 0,02—0,60, деревянных поверхностей, окрашенных белой краской, 0,4—0,6, красной — 0,1—0,2, черной — 0,6. Следовательно можно сказать, что красный створ, имеющий коэффициент яркости 0,1—0,2, не будет заметен на фоне осеннего леса, имеющего коэффициент яркости 0,15, и т. п.

Пределы зрительного восприятия наблюдаемых контрастов объектов и фонов, являющиеся порогами контрастной чувствительности глаза, бывают следующими: порог обнаружения контраста, порог исчезновения контраста и порог узнавания предмета.

Если глаз в состоянии на крайнем пределе восприятия обнаружить объект в виде очень слабого пятна, то расстояние до него соответствует порогу обнаружения и называется *дальностью обнаружения объекта* $D_{обн}$.

Если объект на данном расстоянии сливается с фоном и глаз не в состоянии воспринимать его, то расстояние до объекта соответствует порогу исчезновения и называется *дальностью исчезновения объекта* $D_{исч}$.

Если при постепенном приближении к объекту становится возможным определить его характер, то расстояние до объекта

соответствует порогу узнавания и называется *дальностью узнавания объекта* $D_{\text{узн}}$.

Итак, между дальностью обнаружения, исчезновения и узнавания имеется определенный интервал расстояний, причем дальность исчезновения наибольшая, затем следует дальность обнаружения и меньшая из всех дальность узнавания.

При определении дальности видимости реальных объектов необходимо указывать вид порога контрастной чувствительности. Дальности видимости вообще не существует, так как она конкретна и будет лишена смысла, если не указать о какой именно дальности говорится (исчезновения, обнаружения, узнавания) и к какому применительно случаю наблюдения относится.

Понижает дальность видимости мгла. Она создается скоплением в долине реки дыма от лесных и торфяных пожаров или густой пыли. Мгла иногда бывает настолько густой, что служит причиной прекращения движения судов.

Метеорологическая дальность видимости. В теории видимости существует понятие о метеорологической дальности видимости или прозрачности атмосферы.

По международному соглашению во всех странах мира *метеорологическая дальность видимости* S_m или *прозрачность атмосферы* τ характеризуют оптическое состояние атмосферы. Метеорологическая дальность видимости дает только наглядное представление о прозрачности атмосферы или степени ее помутнения, но не является действительной дальностью видимости реальных объектов.

Прозрачность τ слоя атмосферы длиной L определяется как отношение энергии светового луча F_τ , выходящего из данного слоя, к энергии луча F , входящего в слой:

$$\tau = F_\tau / F. \quad (10)$$

В метеорологии слоем единичной длины считается слой, равный 1 км. Значения прозрачности какого-либо слоя атмосферы заключены в пределах от 0 до 1 или 100%.

В Европе, в том числе и в СССР, под метеорологической дальностью видимости чаще понимают дальность исчезновения и реже дальность обнаружения.

Метеорологическая дальность видимости — это физический параметр, позволяющий качественно оценить прозрачность атмосферы. Этим термином называется наибольшее расстояние, на котором при данной прозрачности атмосферы абсолютно черный объект с угловым размером более $20'$, проецирующийся на

фоне неба вблизи горизонта, сливается с фоном и становится невидимым.

Дальность видимости оценивается в баллах от 0 (очень плохая) до 9 баллов (исключительно хорошая).

В практике за расчетную дальность видимости знаков и огней навигационного ограждения на морях принимается видимость 8—10-го балла с $\tau=0,8$ на 1 милю; на водохранилищах — 7-го балла с $\tau=0,8$ на 1 км или $\tau=0,7$ на 1 милю; на реках — 6-го балла для плавучих знаков и 7-го балла для береговых знаков.

Видимость навигационных знаков. Для видимости знаков навигационной обстановки, как и других предметов, основное значение имеет не абсолютный, а угловой размер.

Различают три степени видимости знаков.

1. На окружающем фоне глаз различает на месте знака пятно, но не может определить ни формы, ни цвета. Это так называемая точечная видимость. Для обеспечения такой видимости знак достаточно видеть под углом в $1'$.

2. Глаз видит знак, различает форму и очертания, но цвет знака отчетливо не виден, т. е. знак кажется более светлым или темным по сравнению с окружающим фоном. Для обеспечения этой степени видимости угловой размер должен быть не менее $3'$.

3. Форма и цвет знака видны отчетливо. Эта степень зависит от освещенности и контраста.

Для надежной ориентировки судоводителя у знаков должна быть обеспечена видимость 2-й и 3-й степеней. В соответствии с этим требованием устанавливаются типы и размеры навигационных знаков, предусматриваемых Государственным стандартом.

Исключение из указанного правила делается для водохранилищ при протяжении створной линии более 9 км. Для их трасс максимальная высота щита 8 м и угловой размер около $1'$, поэтому такой знак с конца трассы невооруженным глазом виден, как темное пятно.

Навигационные знаки, не требующие значительной видимости, например весенные и ходовые знаки, окрашивают в зависимости от наименования берега. У створных и перевальных знаков для повышения дальности видимости окраску выбирают исходя из условий обеспечения наибольшего контраста с береговым фоном.

Контрастность знаков уменьшает решетчатая конструкция щитов, так как окружающий фон просвечивает между щелями, поэтому ширина промежутков не должна быть более 5 см.

Видимость плавучих знаков во многом зависит от освещенности водной поверхности. В солнечные дни водная поверхность имеет светлый фон, поэтому на ней лучше различаются красные бакены. В сумерки водная поверхность имеет темный фон, поэтому на ней лучше видны белые бакены.

Видимость сигнальных огней. Освещенность E от источника, имеющего силу света I , убывает обратно пропорционально квадрату расстояния L до него, т. е.

$$E = I/L^2. \quad (11)$$

Поэтому убывание яркости удаленных сигнальных огней происходит за счет рассеивания в атмосфере испускаемого ими света и перераспределения световой энергии в пространстве соответственно закону квадратов расстояния.

Следовательно, с увеличением расстояния в 2 раза сила света должна быть увеличена в 8 раз, в 3 раза — в 400 раз и в 10 раз — в 60 000 раз.

Цветной огонь создается изъятием из светового потока источника света всех световых волн, за исключением волн, соответствующих нужному цвету. Поглотителями световых волн являются светофильтры, которые изготовляют из цветного стекла или пластмасс. Поглощая световые волны, светофильтры снижают освещенность на сетчатке глаза, создаваемую источником света. При использовании светофильтров для видимости красного огня с одинакового расстояния по сравнению с белым необходимо использовать лампу мощностью в 9 раз больше, а для зеленого огня — в 14 раз.

Проблесковые огни более экономичны и лучше отличимы от посторонних огней, чем постоянные. Они воспринимаются глазом как такие же огни, но меньшей мощности. Поэтому для одинаковой дальности видимости сила света проблескового огня должна быть увеличена.

Проблесковые огни, привлекая внимание, облегчают ориентировку судоводителей. В то же время слишком короткие и частые вспышки раздражают и утомляют наблюдателя. Длинные, но редкие вспышки затрудняют ориентирование, так как в период затемнения судоводитель теряет направление. Установлено, что нормальный режим проблесковых огней должен иметь длительность вспышки огня 0,5—2 с, а отношение длительности проблеска и длительности затемнения должно быть от 1:2 до 1:5.

Применение проблесковых огней на плавучих речных знаках ограничено, так как по большому количеству проблесковых огней трудно судить о направлении судового хода. Широкое применение проблесковые огни находят на водохранилищах.

§ 43. ОРИЕНТИРОВАНИЕ В НОЧНОЕ ВРЕМЯ

Особенности видимости и ориентирования. В темное время суток ориентирование на судне происходит по световым сигналам и силуэтам окружающей местности. При этом возникает ряд трудностей из-за особенностей ночного зрительного восприятия человеком окружающей его местности. Так, судоводитель имеет ограниченное число предметов для ориентирования, которые в свою очередь приобретают искаженные формы (из-за отсутствия объемного зрения все судовые и навигационные огни представляются лежащими в одной плоскости), затрудняется глазомерное определение расстояний и др.

При переходе наблюдателя из темного помещения в светлое или по окончании засветки его глаз ярким светом происходит как бы временное ослепление, которое через некоторое время проходит. Процесс восстановления зрения в темноте называется *темновой адаптацией*. Восстановление зрения при переходе от слабого освещения к сильному называется *световой адаптацией*.

Темновая адаптация длится довольно продолжительное время, иногда до нескольких десятков минут, а световая совершается значительно быстрее и требует лишь несколько секунд. Чем ярче свет, тем более длительное время требуется для адаптации. На темновую адаптацию большое влияние оказывает спектральный состав (цвет) засветки. Например, засветка глаз красным светом уменьшает продолжительность темновой адаптации. В связи с этим желательно оборудовать приборы в рубках судов красной подсветкой, а светильники снабдить красными светофильтрами.

Благоприятное влияние на темновую адаптацию также оказывает зеленый свет, который не утомляет зрения и в то же время обеспечивает четкое освещение приборов.

При плавании ночью следует предохранять глаза судоводителей в рубке от засвечивания белым светом. В течение ночи на палубе должна быть полная темнота, все иллюминаторы, окна, люки, выходящие на палубу, должны быть плотно закрыты шторами и чехлами. Для приспособления глаз к низкой освещенности рекомендуется перед выходом на мостик некоторое время побыть в темноте.

С началом погружения Солнца за горизонт уровень освещенности постепенно падает и видимость объектов ухудшается.

Уменьшение дальности видимости ночью объясняется изменением свойств зрения. В темное время уменьшение уровня освещенности вызывает возрастание порога контрастной чувствительности глаза. Величина порога вместо 2—3% днем ночью достигает 50 или даже 100%. Ночью резко падает острота зрения, достигая нескольких градусов.

В темное время суток под открытым небом может быть сравнительно светло. Это происходит из-за рассеивания света звезд, собственного свечения неба и из-за рассеивания солнечных лучей, которые даже ночью проникают в атмосферу. Свечение ночного неба достигает наибольшей величины около полуночи. В лунные ночи видно значительно дальше, чем в безлунные. При полной луне значение порога контрастной чувствительности находится в пределах 20—50%. В непогодные и безлунные ночи видимость особенно снижается, когда идет снег или моросит дождь.

Ночью глаз не может различить цвета объектов. Все ориентиры имеют белесый оттенок. Предметы синего и зеленого цвета выглядят более светлыми, а красного и оранжевого — более темными. Глазомерное определение расстояний в ночное время приводит к большим ошибкам. Дальние и промежуточные объекты могут казаться расположенными на одном расстоянии. В ночное время основными ориентирами являются характерные силуэты мысов, островов, опушек леса, проецирующихся на фоне неба. Видимость можно улучшить выбором на судне точки наблюдения. Например, при понижении уровня расположения глаз легче обнаружить невысокие объекты на фоне неба, а при повышении улучшается видимость предметов на поверхности воды.

В яркие лунные ночи от высоких берегов на реку падают высокие тени (рис. 105), скрывающие русло. Особенно трудно ориентироваться тогда, когда судно с освещенного места заходит в тень: возникает опасность повернуть по направлению фарватера слишком рано или, наоборот, поздно. В светлые лунные ночи при тихой погоде вода блестит, поэтому беловато-желтые пески сливаются по цвету с водой и затрудняют определение уреза воды. Берега, покрытые снегом, отражаются в воде, что также мешает определить урез воды. Ориентировка особенно ухудшается, когда светит луна и берега с водой сливаются в один цвет.

В лунные облачные или безлунные звездные ночи движение более удобно, так как тени отсутствуют и предметы хорошо видны на сравнительно большом расстоянии. В сумеречное вре-

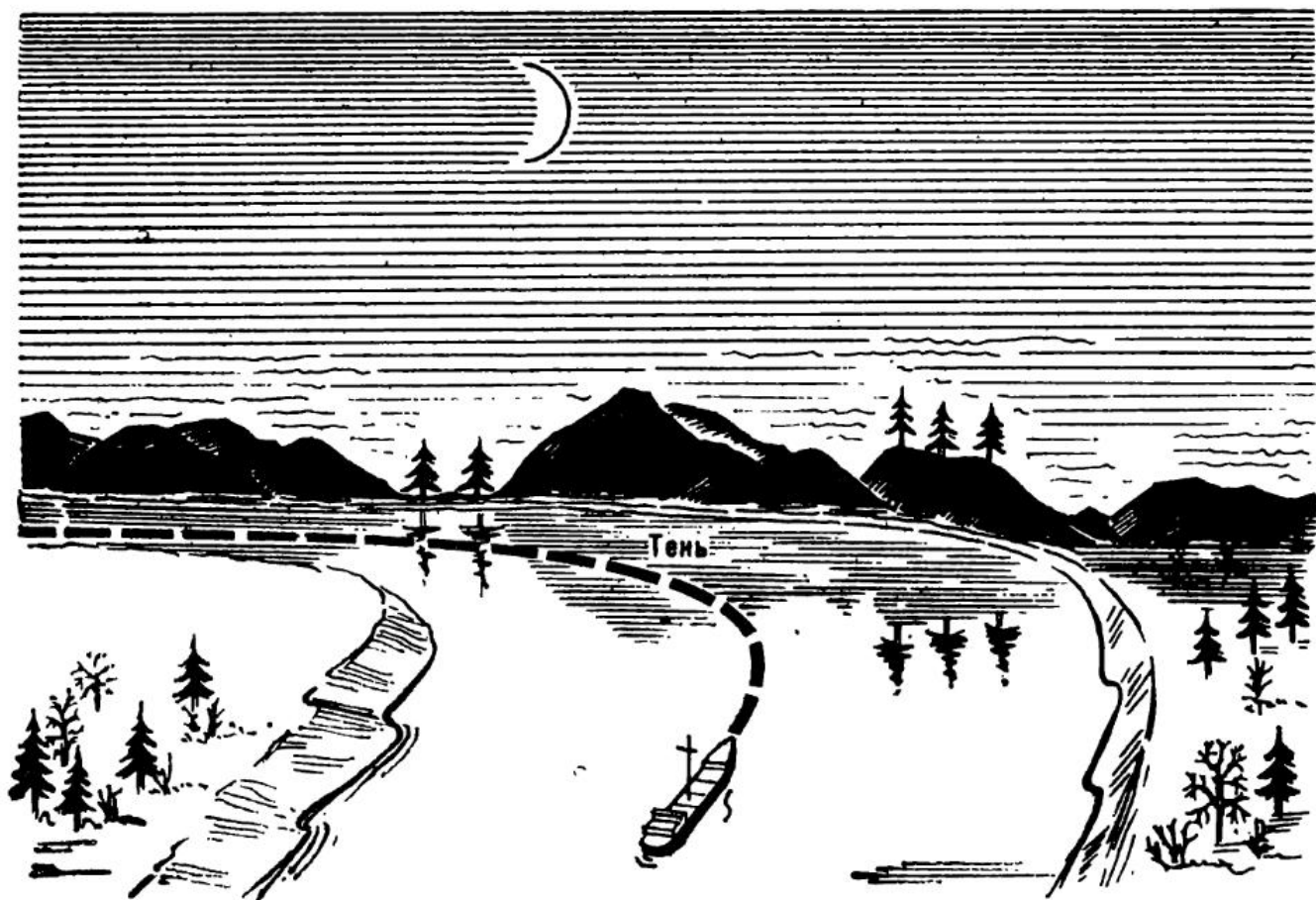


Рис. 105. Тени в лунную ночь от высоких берегов реки

мя дальность видимости уменьшается по тем же причинам, что и ночью, т. е. из-за падения уровня освещенности происходит непрерывное изменение величины порога контрастной чувствительности.

Применение прожекторов. Важное значение для плавания в ночное время имеет правильное применение прожекторов.

Прожекторный луч представляет собой световой конус с углом раствора около $1,5^\circ$. В воздухе наибольшая часть светового потока прожектора поглощается и рассеивается частицами воздуха. Рассеянный световой поток создает свечение масс воздуха, а в связи с этим обеспечивает освещение фона и объектов. Световой поток прожектора распространяется до полного рассеяния и поглощения. На дальность видимости влияет удаление объекта от оси луча. Объект, освещаемый кромкой луча, будет иметь меньшую освещенность и будет виден значительно хуже, чем при освещении серединой луча. Видимость в луче прожектора зависит от формы и размеров объектов и от их способности отражать световой поток. Например, светлые объекты с правильной формой видны лучше, чем темные, имеющие ломаный контур.

Судоводитель, находящийся у включенного прожектора, оказывается в неблагоприятных условиях, так как его глаза освещаются светом, проникающим через защитные устройства прожектора, и рассеянным светом от луча. Наблюдению мешают также лучи, отразившиеся от водной поверхности, и световые блики.

Судоводительская практика запрещает освещение прожектором других судов. Если луч будет направлен на рубку, то судоводитель, находящийся в ней, будет ослеплен. Наиболее сильное ослепление наступает тогда, когда освещение сменяется полной темнотой (например, направленный на рубку луч гаснет, а не сдвигается предварительно в сторону). Ослепление бывает еще сильнее, когда освещение рубки происходит вспышками. Ослепление от луча прожектора длится примерно 30—40 с. За это время суда, имеющие большую скорость, могут уклониться в сторону или пересечь границу судового хода, т. е. оказаться в опасном положении.

При встречах и обгонах судов прожекторы должны быть выключены или хотя бы направлены в противоположные стороны.

Применение технических средств. Для улучшения ориентировки при ухудшении видимости и в темные ночи на речном флоте получили большое распространение радиолокаторы.

Судовые радиолокационные станции (РЛС) служат для обнаружения в плохую видимость надводных объектов и измерения до них расстояний. На экране электронно-лучевой трубки создается световой план окружающей местности, называемый радиолокационным изображением. Отражающие свойства облучаемых объектов различны. Например, высокие берега, лесные массивы, здания, крупные суда имеют хорошую отражательную способность. Низкие берега, пески, осередки, плоты, мелкие суда, навигационные знаки имеют плохую отражательную способность.

Радиолокационное изображение представляет собой плоское изображение местности в виде бесформенных световых пятен. В некоторых случаях по такому изображению невозможно опознать окружающую местность. Поэтому для судоводителей создаются радиолокационные карты и пособия, а использование РЛС требует определенного навыка.

На рис. 106, а приведен план участка реки. Радиолокационное изображение этого участка показано на рис. 106, б. Белые пятна 1 на этом рисунке представляют собой радиолокационное изображение берегов. Береговые навигационные знаки и здания не видны, так как они сливаются с изображением берегов.

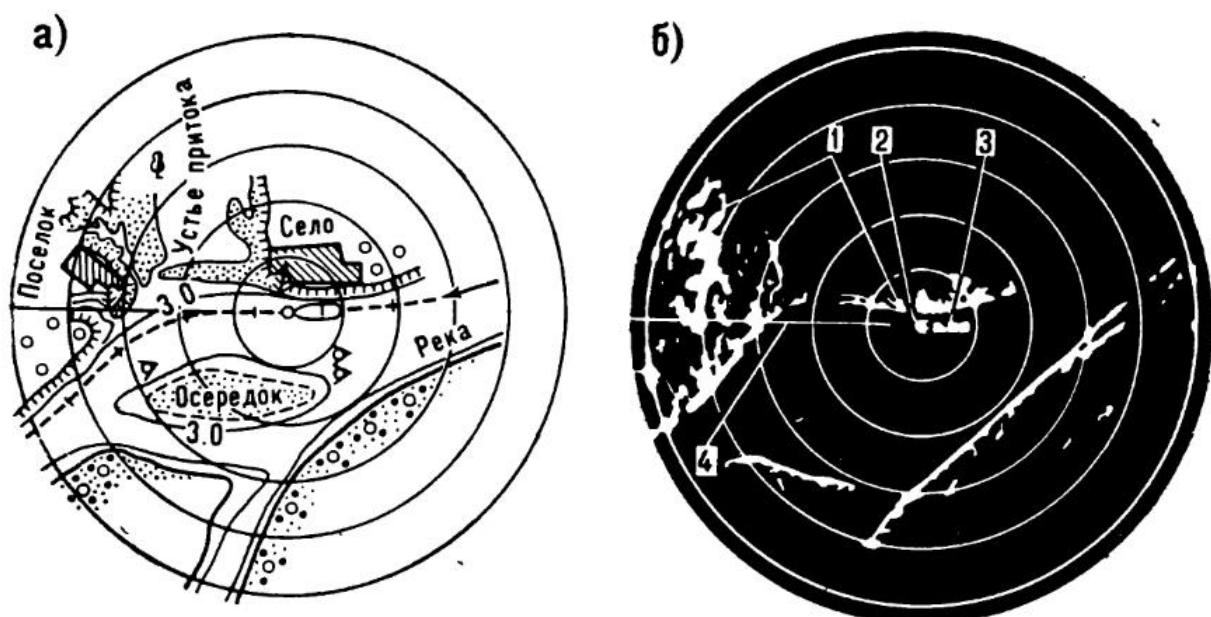


Рис. 106. Ориентирование по судовой РЛС:

а — план участка реки; б — изображение участка на экране РЛС

Пятно 2 — «мертвая зона» действия радиолокатора, радиус которой достигает 50—70 м. Короткая белая черточка 3, отходящая от пятна мертвой зоны, изображает буксируемый судном плот. Тонкая прямая линия 4 — курсовая черта, по ней судят о направлении движения судна.

Линии кругов представляют собой кольца дальности, по которым можно судить о расстояниях. Кольца дальности и курсовая черта могут не включаться, тогда на экране будет только радиолокационное изображение местности.

Несмотря на искаженное изображение местности, радиолокаторы являются хорошим средством улучшения ориентировки, позволяя в большинстве случаев при навыке уверенно опознавать местонахождение судна и задавать безопасный курс рулевому по компасу.

§ 44. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ С СУДНА

Глазомерный способ. При управлении судном важно уметь глазомерно определять расстояния до ближайших объектов (например, до встречного судна, знака и др.). Точность глазомерного определения расстояний зависит от фона местности, остроты зрения, освещенности, натренированности наблюдателя, величины расстояний и т. д. Глазомерный способ может служить лишь для приближенной оценки расстояний, так как на

дистанции в 1 км и далее ошибки достигают 50% и больше, на малых дистанциях они значительно меньше, а у людей опытных не превышают 10%.

Значение ошибок при определении расстояний невооруженным глазом в зависимости от дистанции следующее: ближние дистанций (до 500 м) — 10%, средние (от 2 до 4 км) — до 20%, большие (свыше 4 км) — до 40—50%.

Для развития глазомера необходимо чаще упражняться в определении расстояний на глаз с высоты рулевой рубки или мостика с последующей проверкой его каким-либо другим способом. Упражнения необходимо проводить также ночью, обращая внимание на различную видимость и размер одних и тех же предметов при дневном, сумеречном освещении, а также в условиях постепенно нарастающей темноты.

Каждый человек имеет присущие лишь ему особенности различия предметов. Эти особенности необходимо выяснить при помощи систематических личных наблюдений. Наблюдения следует проводить до тех пор, пока ошибка в определении расстояний не будет превышать 10%.

Занижение в определении расстояний происходит в большинстве случаев при ярком солнечном освещении, светлом фоне, ярко освещенных и ярко окрашенных предметах, большой разнице в окраске предметов и фона, расположении предметов яркой окраски на однообразной местности, при чистом воздухе после дождя, положении Солнца за спиной, наблюдении снизу вверх. Расстояния кажутся меньшими также на волнистой водной поверхности, когда отдельные участки не видимы за водным пространством (например, противоположный берег всегда кажется ближе, чем в действительности), при наблюдении огней и при угрозе опасности.

Завышение в определении расстояний происходит при темном фоне местности, пестрой местности, маскирующей предмет, наблюдений сверху вниз, мерцающем освещении, наблюдении против Солнца, пасмурной, тусклой, туманной или дождливой погоде, в сумерки и т. д.

По степени кажущегося уменьшения высоты предмета. Если известна высота объекта, то расстояние может быть определено по степени кажущегося уменьшения высоты предмета в зависимости от удаленности наблюдателя. Существует приближенная закономерность: если расстояние от наблюдателя до предмета в метрах 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, то кажущаяся доля высоты предмета, видимая наблюдателем, соответственно равна $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{10}$ истинной высоты предмета. Например, если истинная высо-

та известного предмета равна 10 м, а на определенном расстоянии кажущаяся высота составит 2 м, то доля от истинной высоты будет равна $\frac{1}{5}$ и, следовательно, предмет удален от наблюдателя примерно на 500 м.

Способ сопоставления измеряемого расстояния с единицей измерения. Известной единицей измерения может служить в данном случае длина судна, буксирного троса и т. д. Эту единицу мысленно откладывают по измеряемому расстоянию, сумма уложившихся единиц составит измеряемое расстояние. Для удобства и более точного определения измеряемого расстояния рекомендуется разделить его мысленно пополам и на ближайшей половине откладывать выбранную единицу измерения. Для определения всего расстояния полученный результат надо удвоить.

По угловой величине судовых предметов. Способ прост, практичен, не требует больших расчетов.

Как видно из рис. 107, высота глаза наблюдателя складывается из высоты мостика H при действующей осадке судна и высоты h глаза наблюдателя над мостиком. Расстояние между наблюдателем и объектом по горизонтали S . Если соединить воображаемым лучом глаз наблюдателя с объектом (берег, судно, бакен и т. д.), то на основе подобия треугольников $ток$ и $три$ можно написать так: $\frac{D}{S} = \frac{h}{s}$, откуда расстояние от наблюдателя до предмета определится по формуле

$$S = Ds' / h. \quad (12)$$

По данной формуле можно предварительно рассчитать необходимые расстояния. Для этого измеряют высоту судового предмета и расстояние до него от места, где находится вахтенный штурман. Высоту мостика H

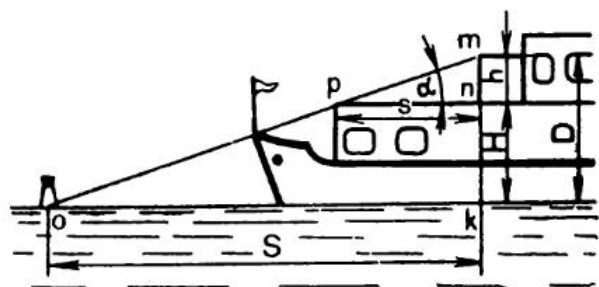


Рис. 107. Определение расстояний по угловому значению предметов

над уровнем воды для определения величины можно найти с помощью отвеса или по чертежу. Таким образом, для основных осадок можно рассчитать несколько расстояний, которые легко запомнятся в процессе работы. Можно составить памятную табличку или, например, разделить носовую мачту или флагшток де-

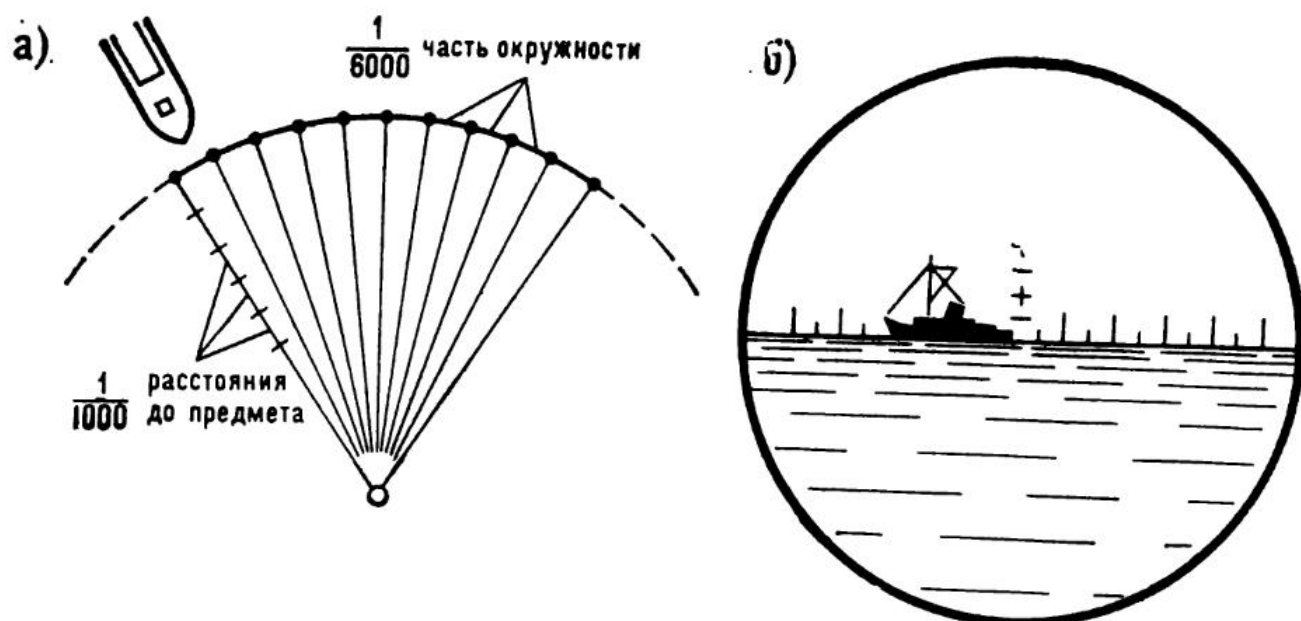


Рис. 108. Определение расстояний с помощью бинокля:

а — зависимость между угловыми и линейными величинами; б — нахождение тысячных с помощью бинокля

лениями, соответствующими определенным расстояниям (500, 1000, 1500, 2000 и т. д.).

По правилу радиана. Известно, что для измерения значения углов применяется единица радиан, равная $57,3^\circ$. Отсюда можно приближенно считать, что предмет, занимающий 1° дуги круга, имеет величину, равную $1/60$ ее радиуса. Таким образом, если какое-либо судно длиной 100 м занимает дугу, равную 1° , то, очевидно, что расстояние от наблюдателя до него будет в 60 раз больше, т. е. равно 6000 м. Если это же судно занимает дугу в 10° , то расстояние от него до наблюдателя составит уже 600 м. Этот способ прост, но требует сведений о размерах предметов, до которых определяется расстояние.

С помощью бинокля. Между угловыми и линейными величинами существует зависимость: длина $1/6000$ части окружности приблизительно равна $1/1000$ ее радиуса. Если вообразить себя в центре окружности, проходящей через предмет, до которого определяется расстояние, то $1/6000$ этой окружности (рис. 108, а) будет равна $1/1000$ расстояния от центра до определяемого предмета. Следовательно, для определения расстояния до предмета, размеры которого известны, необходимо узнать, сколько тысячных долей дуги окружности занимает этот предмет.

Для подсчета числа метров, которым соответствует одна тысячная, общую величину данного предмета нужно разделить на замеренное число тысячных долей. Помножив полученное значение на 1000, получают определяемое расстояние.

Отсюда формула определения расстояния по угловым размерам предметов будет иметь такой вид:

$$S = \frac{D}{\varphi} 1000, \quad (13)$$

где D — высота или ширина предмета, до которого определяется расстояние;
 φ — угловая величина предмета (в тысячных).

Число тысячных можно подсчитать при помощи бинокля. Некоторые бинокли снабжают угломерной сеткой, которая позволяет измерить углы в тысячных. Сетка бинокля имеет деления: большие — равные 10 тысячным, которые в свою очередь разделены пополам малыми делениями, равными 5 тысячным.

Для измерения угловой величины какого-либо предмета надо навести на него бинокль и определить по сетке число тысячных, в пределах которых уместился наблюдаемый предмет (рис. 108, б).

Пример. Ширина встречного состава занимает на сетке бинокля 6 больших и 1 малое деление, т. е. угловая величина состава равна 65 тысячным. Ширина состава, состоящего из двух лесовозных барж, учаленных пыжом, — 26 м. Найти расстояние до состава.

Решение. Из выражения (12)

$$S = \frac{26}{65} 1000 = 0,4 \cdot 1000 = 400 \text{ м.}$$

Недостаток рассмотренного способа — необходимость знать величину предмета, до которого определяется расстояние.

По времени и скорости движения судна. Пройденный судном путь определяется как произведение времени движения от последнего известного пункта на скорость хода. Откладывая на карте вычисленное расстояние, определяют местонахождение судна, которое затем уточняют на местности по приметным объектам. Расстояния могут быть определены также по навигационным картам и справочникам.

§ 45. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ СУДНА

По лагу. Точность ориентировки во многом зависит от достоверных сведений о скорости судна. При плавании на озерах и водохранилищах средняя скорость относительно дна может быть определена по лагу. Лаги бывают различной конструкции. Вертушечные лаги, работающие на принципе гидрометрической вертушки, стационарные и выдвижные по мере надобности из днища судна. Гидродинамические лаги представляют собой две трубки, с помощью которых измеряют давление забортной

воды при движении и стоянке. Чем больше скорость, тем больше давление в одной из трубок. По разности давлений можно судить о скорости судна. В целом лаги являются сложными электромеханическими приборами.

Речной поток, воздействуя на лаг, позволяет определять по нему только скорость судна относительно спокойной воды, но не относительно берегов. Кроме этого, неровные течения и движения судна в поворотах русла искажают показания лага.

По длине корпуса судна. Скорость движения судна относительно дна можно определить одним из излагаемых ниже способов. На носу и корме выбирают две плоскости надстроек, перпендикулярных диаметральной плоскости судна, или два предмета, создающих створные визирные плоскости. В носовой и кормовой визирных плоскостях стоят два наблюдателя H и K (рис. 109). Наблюдатели выбирают неподвижный предмет P , расположенный на берегу или воде. В момент прихода предмета в носовую визирную плоскость наблюдатель H подает сигнал, по которому наблюдатель K замечает время. В момент прихода предмета P в кормовую визирную плоскость наблюдатель K также делает отметку времени. По расстоянию между визирными плоскостями l и времени рассчитывают скорость. Засечки времени может делать третий наблюдатель, находящийся на мостике, по знакам наблюдателей H и K в момент прихода предмета P в визирные плоскости.

Менее точно скорость рассчитывают при визировании объекта P по одному судовому предмету, когда створная визирная плоскость отсутствует или когда объект визирования окажется на траверсе форштевня и ахтерштевня судна.

С помощью пеленгования предмета. Сущность этого простого и надежного способа заключается в следующем. В диаметральной плоскости судна, движущегося прямолинейным курсом, между точками a и b (рис. 110) измеряют расстояние l , называемое базисом. Находясь в точках a и b , наблюдатели в одни и те же моменты измеряют углы $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ и т. д. между базисом и направлением на предмет P .

При обработке полученных замеров на листе бумаги проводят произвольную линию, на которой проставляют точку, обуславливающую пеленгуемый предмет. Из этой точки под заме-

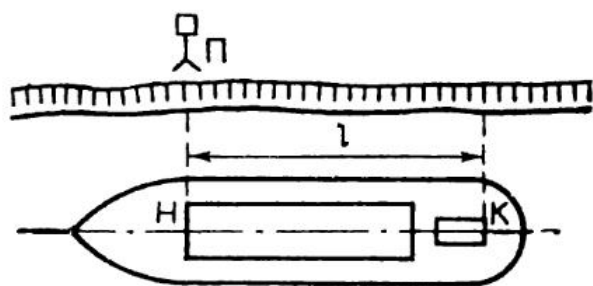


Рис. 109. Определение скорости движения судна по длине его корпуса

ренными углами α_1, β_1 и т. д. проводят линии пеленгов произвольной длины. Замечая на линейке в любом масштабе длину базиса, вмещают ее между линиями пеленгов параллельно курсу, пока она не коснется их соответствующими отметками. Таким образом определяют положение корпуса судна в моменты пеленгования. Пройденное судном расстояние за время пеленгования с учетом принятого масштаба снимают непосредственно со схемы.

Для построения схемы достаточно двух пеленгований, но более надежным получается результат при нескольких пеленгованиях.

Пеленгование предмета осуществляют при помощи компаса или другого угломерного инструмента. При отсутствии их используют планшет, которым может служить лист фанеры, плотный картон, обрезок широкой доски или палубный столик. Планшет с листом бумаги устанавливают над местом визирования. На листе чертят линию, совпадающую с линией базиса. Пелентатором служит деревянный брусок с ровным краем. Наблюдатель в момент пеленгования, направляя срез бруска на предмет, проводит карандашную линию и обозначает ее номером замера. Углы с планшета снимают при помощи транспортира.

Пеленгование осуществляют следующим образом. Наблюдатели, сверив свои часы, расходятся по местам. В одни и те же моменты, например через 15 или 20 с, они пелентуют один и тот же предмет. Пеленгование может происходить по сигналам

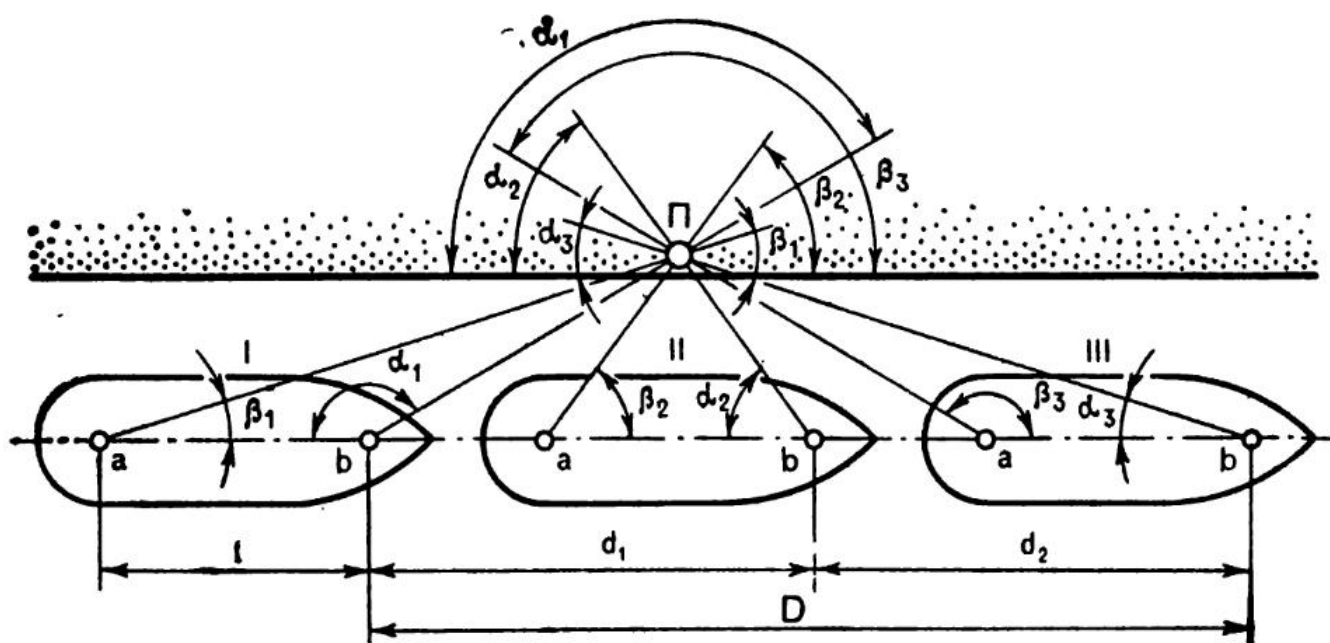


Рис. 110. Определение скорости судна с помощью пеленгования с него предмета

третьего наблюдателя. Определив пройденное расстояние и время, легко рассчитать скорость.

Предлагаемый способ применим для определения маневренных качеств судна: инерционного пути, циркуляции и др.

По относительной скорости сближения судов. Зная расстояния между встречными или обгоняемыми судами, а также скорость встречного или обгоняемого судна, можно определить скорость своего судна или, наоборот, по своей скорости рассчитать скорость встречного или обгоняемого состава.

Обозначим: S — расстояние между судами; v_1 — скорость нашего судна; v_2 — скорость встречного или обгоняемого судна; t — время сближения. Тогда

$$v_1 = \frac{S}{t} \pm v_2. \quad (14)$$

В этой формуле знак плюс (+) берется для случая встречи судов, а знак минус (—) — обгона.

При обгоне судов относительная скорость сближения равна разности скоростей, а при встречах — сумме скоростей обоих судов. Другими словами, в первом случае обгоняемое судно как бы стоит на месте, а обгоняющее идет со скоростью, равной разности их скоростей. Во втором случае одно из судов как бы стоит, а другое идет со скоростью, равной сумме скоростей обоих судов.

Во время плавания приведенная формула имеет ограниченное применение и может быть использована лишь в частных случаях. Поэтому определение скорости, а также времени и расстояния, проходимых судами при встречах и обгонах, может быть произведено по универсальной номограмме Д. К. Земляновского (рис. 111). Она проста в пользовании, применима в судовых условиях и позволяет быстро решить любую задачу без промежуточных расчетов при условии, что суда движутся одинаковыми или параллельными курсами.

Номограмма имеет три шкалы, причем каждая из них для удобства — двойную размерность. Правило пользования номограммой понятно по ее ключу. Например, между теплоходом, идущим со скоростью 20 км/ч, и толкаемым составом в момент подачи сигналов на расхождение расстояние равно 2,5 км. Требуется определить скорость состава, если время сближения равно 300 с. Для определения скорости толкача прикладывают линейку (карандаш, лист бумаги, нитку) на верхней шкале к отметке 300 с (см. рис. 111), а на средней — к отметке 2,5 км. Ответ читают на нижней шкале — 30 км/ч. Это — совместная скорость сближения, следовательно, скорость толкача 10 км/ч.

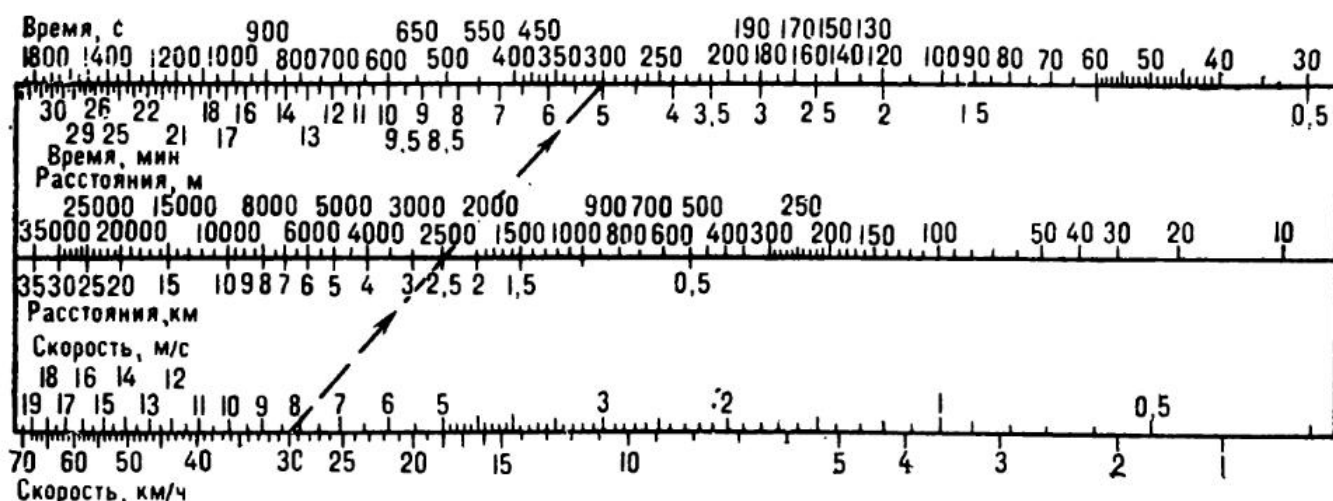


Рис. 111. Номограмма для определения скорости движения судна, времени и расстояния, проходимых судами при встречах и обгонах

С помощью РЛС. Для определения скорости движения наибольшее применение из числа технических средств находят радиолокаторы. На экране РЛС имеются неподвижные круги дальности (НКД), с помощью которых можно определять расстояния. Некоторые РЛС имеют подвижные круги дальности (ПКД), с помощью которых это делать еще удобнее. Измерив по какому-либо предмету с помощью РЛС пройденное расстояние и заметив время, рассчитывают скорость движения.

По навигационной карте или по справочнику. В этом случае по карте или справочнику определяют пройденное расстояние, а по часам — время. Путем деления длины пройденного участка на время вычисляют скорость движения. Этот способ наиболее распространен при плавании на речных судах.

§ 46. ОРИЕНТИРОВАНИЕ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СУДНОМ

По естественным и искусственным приметам. При ориентировании естественными приметами могут служить отдельные деревья, группы деревьев, плечи яров, рынки гор, приметные кустарники, осередки, приверхи и ухвостья островов, устья притоков и др.

Ориентирование на внутренних водных путях осуществляется также по искусственным приметам, к которым относятся: населенные пункты, отдельные здания, сооружения, постройки, высокие трубы промышленных предприятий, мосты, водозаборные сооружения, мачты, будки бакенщиков и т. п. Эти искусствен-

ные приметы должны использоваться не отдельно, а совместно с естественными.

Запоминая расположение судового хода относительно естественных и искусственных примет, места поворотов, неправильные течения, ширину судового хода и глубины, выбирают направление движения судна.

На рис. 112 показан участок реки с естественными приметами. Двигаясь левым яром, необходимо перевалить в правый. Начало поворота будет определяться нижним плечом яра в тот момент, когда судно еще не дойдет до роши. Двигаясь правым яром, нужно не отклоняться от него влево и, кроме этого, правильно выбрать место начала перевала в следующий яр с кустами. Необходимость точного выбора начала перевала объясняется тем, что при запоздании с поворотом можно выйти на огрудки, а повернув преждевременно — посадить судно на ухвостье косы. В данном случае перевал начинается не доходя до рынка горы в направлении на левобережные кусты. Этот яр нечист из-за высыпки, поэтому, не доходя до устья притока, судно должно двигаться примерно по середине русла.

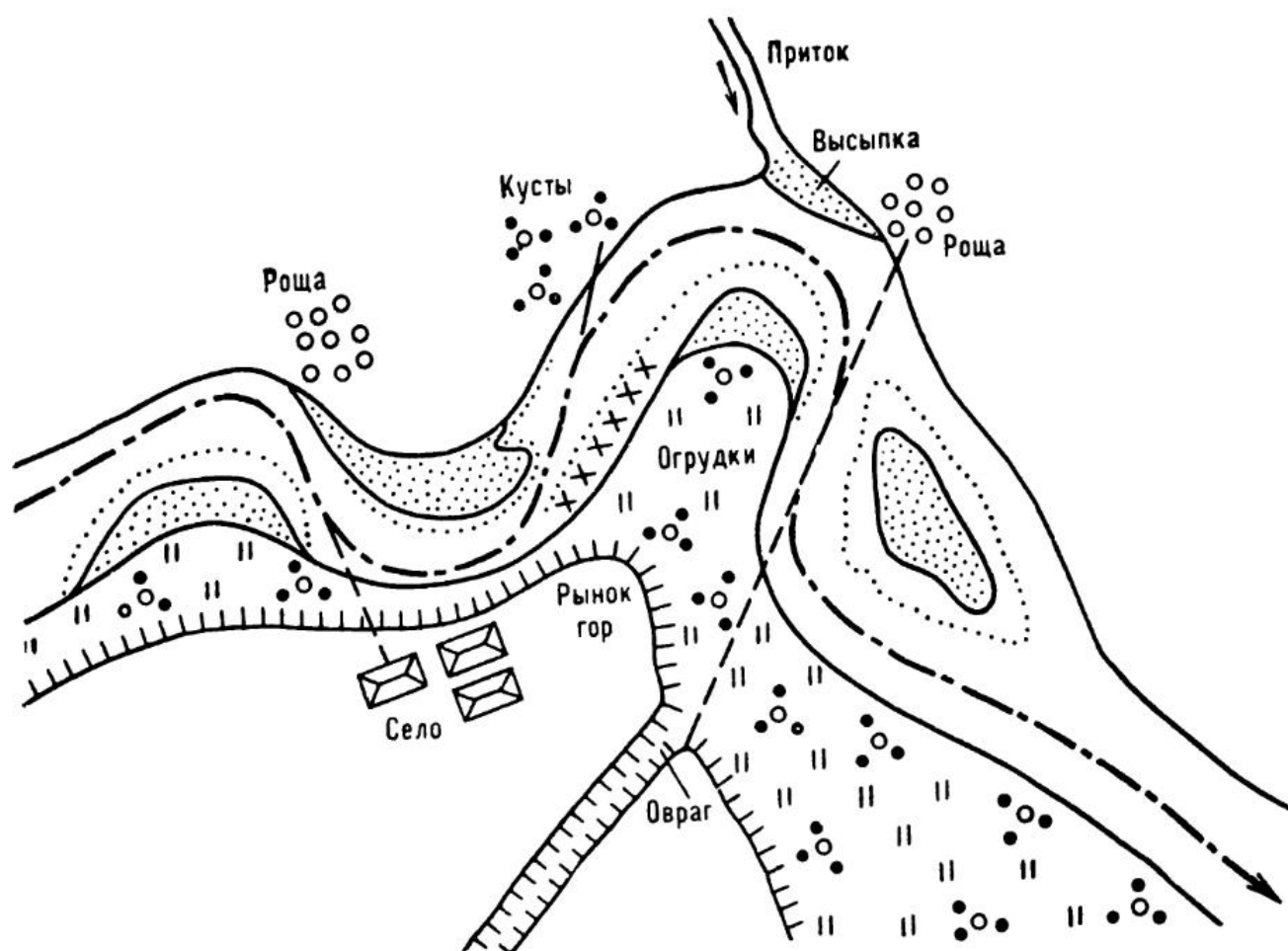


Рис. 112. Ориентирование при движении судна по естественным приметам

Ниже высыпки находится большой песчаный остров, который своей протокой создает затяжное течение и имеет отмельный приверх. Преждевременный поворот в этом случае грозит посадкой судна на песок правого берега, а запоздалый — на приверх острова. Поэтому движение судна происходит здесь по линии, соединяющей рощу левого берега с оврагом правой горы. Далее судно двигается вдоль правого судоходного яра. Общее правило при использовании естественных примет — их взаимозаменяемость и контроль другими приметами. Нужно запомнить естественные приметы во взаимной связи друг с другом, чтобы курс судна проверять по многим приметам, не полагаясь всецело на один из них.

Необходимо уметь свободно ориентироваться по естественным и искусственным приметам не только днем, но и в темное время суток. Для этой цели нужно запомнить очертания и силуэты примет, чтобы ночью безошибочно определять их и не путать друг с другом.

При пользовании естественными приметами следует учитывать основные положения гидрологии (например, у яра обычно находятся наибольшие глубины, а его начало и конец определяются плечами; у проток острова могут быть сильные затяжные течения, а впадающие притоки у своих устьев образуют высыпки и т. д.).

Во время весеннего половодья использование естественных и искусственных примет становится особенно необходимым. Большие площади долины реки и яры в это время заливаются водой. Часть естественных примет скрыта под водой, а у других видны только верхушки. Поэтому для безошибочной ориентировки необходимо (дополнительно к оставшимся меженным) помнить весенние приметы.

При плавании следует изучать естественные ориентиры, делать зарисовки и пометки на карте. Искусство судоводителя заключается в хорошем знании всех примет, умелом использовании естественных ориентиров в сочетании со знаками судоходной обстановки.

Ориентирование по естественным створам. Большое значение при использовании естественных примет имеют береговые ориентиры, используемые как створы. На рис. 113, а показаны две возвышенности и на рис. 113, б — возвышенность и мыс, образующие естественные створы линейного типа. На рис. 113, в изображены возвышенности, создающие естественные створы щелевого типа.

Другой разновидностью естественных створов могут быть два близко расположенных мыса одного берега (рис. 114, а).

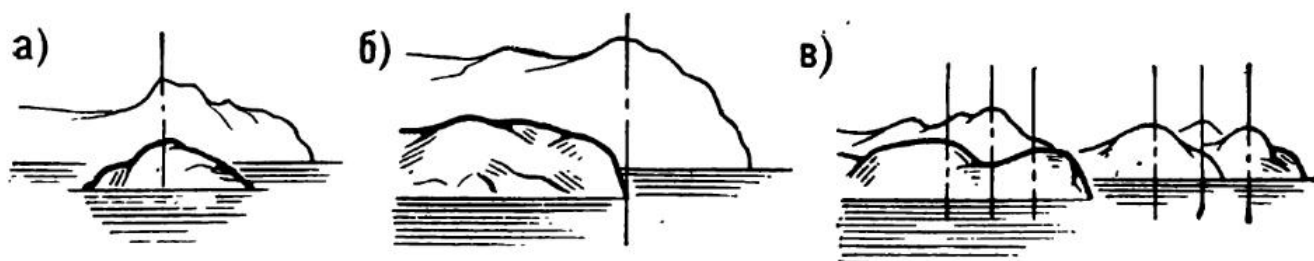


Рис. 113. Ориентирование по естественным береговым створам

На рис. 114, б показаны естественные створы противоположных берегов. При движении по фарватеру мысы должны сливаться или между ними должен быть небольшой просвет. Величина просвета будет меняться по мере приближения к мысам. Мысы и просвет обычно хорошо видны ночью на фоне светлого неба. Протяженность таких створов на крупных реках, например Енисее, достигает 10—15 км.

Точкой поворота судна на другой курс может служить место створивания островов и осередков, осередка и берега и т. д. или открывшаяся ложбина высокого берега, которая хорошо заметна ночью на фоне неба. При движении по фарватеру ориентирами являются различные объекты, расположенные впереди и позади судна, острова, мысы, косы, деревья, строения и др. В этом случае оба ориентира и судно должны быть на одной прямой. Способ наиболее применим на реках и при некотором навыке дает возможность безошибочно проходить самые сложные участки пути.

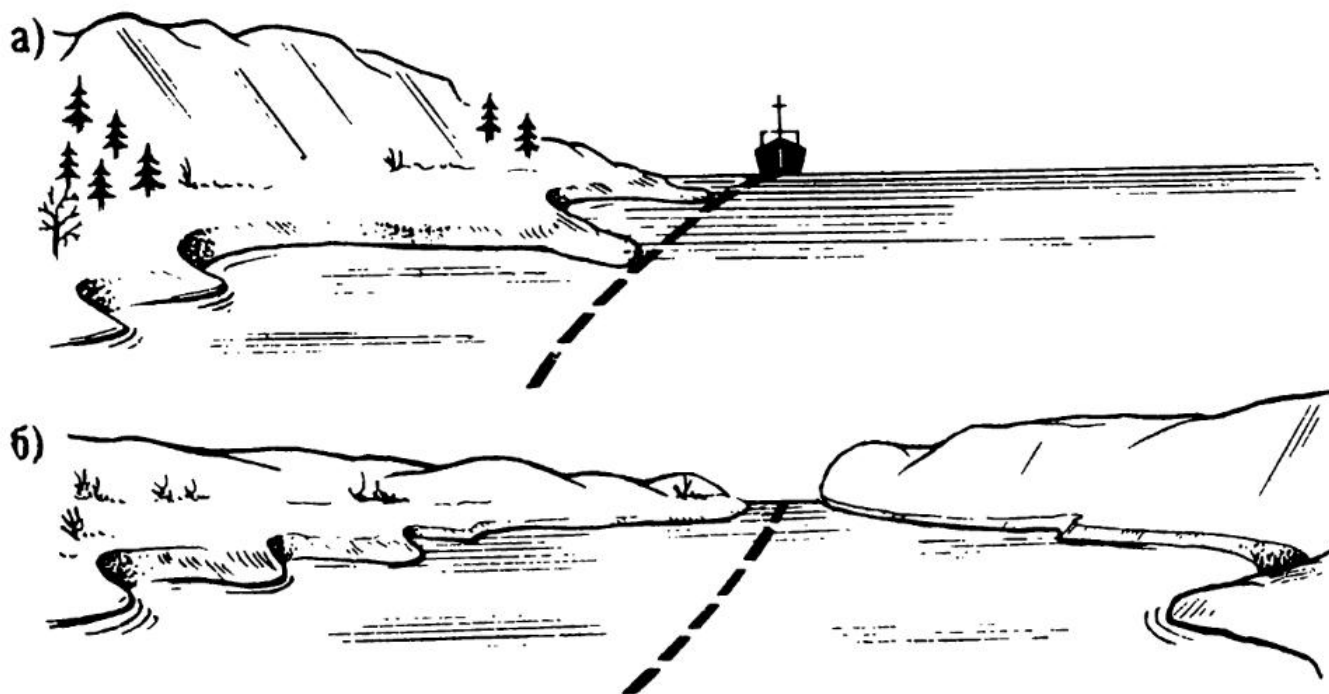


Рис. 114. Ориентирование при движении судна относительно берегов:

а — по двум мысам; б — по мысам противоположных берегов

Ориентирование при малой изученности судового хода. Практикой судовождения выработаны различные способы ориентирования при плохой видимости и малой изученности судового хода. Рассмотрим некоторые из этих способов.

По глубинам можно ориентироваться, имея эхолот или специальный шест с делениями, называемый наметкой, или футштоком. Если глубины постоянны, то это показывает, что судно идет по фарватеру, или около него. Уменьшение глубин говорит о том, что судно вышло за кромку судового хода.

По характеру грунта дна ориентируются следующим образом. Если под наметкой при промере глубин чувствуется рыхлый песок, то судно находится на участке с быстрым течением, обычно около фарватера, где происходит движение донных наносов. Если под наметкой чувствуется ил, то вероятнее, что судно находится вдалеке от фарватера на слабом течении, где выпадают особенно мелкие частицы наносов. Если под наметкой чувствуется плотно слежавшийся песок, то судно, по-видимому, зашло в тиховод, где слабое течение. Если наметка встречает камни, то судно находится около огрудков или на гряде, поэтому надо остановиться, определить местоположение судна и изменить его курс для выхода на фарватер.

По шуму движителя и вибрации корпуса также можно судить о положении судна. Долговременное плавание приучает слух к характерному для данного судна шуму от работы движителей. Изменения в их работе сразу обращают на себя внимание. На мелких местах движители вращаются быстрее, чем на глубоких. Поэтому при выходе на мелкое место такт работы движителей становится учащеннее.

При выходе на мелкое место корпуса некоторых судов начинают вибрировать, а палуба — совершать заметные на глаз волнообразные движения. В помещениях корпуса судна, особенно в корме, слышен характерный шум от удара о днище песка и гальки, поднятой движителем.

По судовой волне можно судить о выходе судна на мелкое место. Движущееся судно раздвигает своим корпусом воду, за его кормой образуется впадина, которую старается заполнить вода. Поэтому за судном постоянно идет волна, в судоводительской практике называемая придонной. При выходе судна на мелкое место придонная волна становится выше и с шумом идет за судном, захватывая со дна грунт. С какого борта отмель, с той стороны волна выше и шум от нее больше. Кроме того, о выходе судна на мелкое место сигнализирует исчезновение у носа «усов» — расходящихся носовых волн.

Заструги и косы могут помочь ориентировке. За идущим судном остаются расходящиеся волны, которые, избегая на подводные отмели, косы и заструги, образуют крутые волны с гребнями, ясно обозначая этим подводные препятствия. По обозначившимся отмелям можно судить о правильности курса судна и внести в него поправки при повторном движении по этому участку.

По следу иногда судят о правильности курса судна. При движении одиночного самоходного судна или толкаемого состава за его кормой остается лентообразный след волн, который хорошо заметен в тихую погоду в виде светлой полосы, тянущейся до горизонта. Если судно идет фарватером прямолинейным курсом, то след остается ровным продолжительное время; при криволинейном курсе он сильно искривляется и быстро исчезает.

По урезу и заплеску, цвету воды и плывущим предметам можно судить об изменении уровня воды. Если отлогий заплесок примыкает к урезу и заметно сливается с водой, то обычно идет убыль воды или положение уровня не меняется. Если заплесок обрывист и подмывается, то происходит прибыль воды. Во время прибыли вода обычно становится более мутной из-за поступления в нее большого количества наносов. На подъеме паводка поверхность воды в реке приобретает выпуклую форму, а поэтому плывущие по реке хворост, бревна и другие предметы тяготеют к берегам. В период спада паводка поверхность воды в реке вогнутая, поэтому в это время предметы плывут по середине реки.

При плавании для ориентировки приходится нередко определять глубины и препятствия по виду поверхности воды. Умение делать это приобретает в результате практического опыта, но известен ряд общих рекомендаций.

Глубокие места могут быть выделены следующим образом. На поверхности реки рельеф дна отражается своеобразным рисунком и цветом. Вид поверхности зависит от слоя воды, скорости и направления течения, особенности рельефа дна, освещения, ветра и колебания уровней воды.

Днем при тихой погоде поверхность воды над глубокими местами имеет более темный и волнистый вид по сравнению с видом над мелкими местами, где из-за ослабленного течения поверхность воды более ровная и светлая. При очень тихой погоде по этому признаку судить о глубинах трудно, так как вся поверхность выглядит ровно. При сильном ветре поверхность воды бывает темной, покрытой волнами, поэтому по цвету воды судить о глубинах становится невозможно. В ночное время глубо-

кие места имеют более темный вид по сравнению с мелкими, имеющими беловатый оттенок.

Стрежень на реках с быстрым течением и на глубоких местах с темной поверхностью воды обозначается светлой разрозненной полосой. Обычно на глубоких местах на поверхности воды в тихую погоду хорошо заметны водовороты в виде больших кругов, подобных кругам, образующимся при закипании воды.

На реках с тихим течением *стержень* не имеет ясно выраженных примет.

Мелкие места имеют следующие особенности. У рек с быстрым течением на мелких местах вода бурлит, переливаясь через гребни, образуя буруны и сбой течения. У рек с тихим течением на мелких местах вода обычно имеет гладкую поверхность.

В тихую погоду на мелком месте вода светлая. При расположении отмели против Солнца поверхность воды приобретает зеркальный блеск. Воронки водоворотов на мелких местах по сравнению с глубокими имеют малые размеры. Когда отмели и косы песчаные, вода на них при волнении приобретает желтоватый оттенок.

Размеры волн на мелководных участках значительно меньше, чем на глубоких. На крупных и неглубоких отмелях при волнении создаются толчея и крупные волны имеют белые гребни.

Граница между глубоким и мелким местом обозначается волнистой полосой темного цвета — рубцом. При сильном волнении с помощью рубца четко определяются мелкие участки русла. На рубце волна крупная, неровная, с белыми гребнями и всплесками. Особенно ясно рубец выражен с наветренной стороны мелководья. В тех случаях, когда коса вытянута вдоль течения, при волнении рубец может не возникать, и она будет незаметна. Если коса расположена под большим углом к *стрежню*, то при волнении над ней создается большой рубец, укрупнению волн способствует течение, встречающее преграду.

В лунные ночи подвалья, косы или заструги заметны издали по цвету поверхности воды: мелкое место имеет беловатый блеск на фоне глубокого темного места. Следует учитывать, что при некоторых особенностях освещения поверхность воды над отмелями (по сравнению с глубокими местами) приобретает более темный оттенок, иногда с обозначением контура светлой узкой полосой.

Тиховоды можно определить по светлой и гладкой поверхности воды и полоске пены, образующейся на границе быстрого и тихого течений.

У перекатов поверхность воды на корыте постепенно сглаживается до самого подвала. За подвалом, где глубины увеличиваются, поверхность воды вновь становится волнистой. В сильный ветер подвалом четко выражено характерным рубцом, состоящим из больших и крутых волн. Если под подвалом течение очень слабое, то здесь образуется толчея.

На майданах поверхность воды неровная, с характерными мелкими и крутыми волнами, с возникающими и исчезающими воронками воды небольших размеров. Цвет поверхности воды темный.

У суводей вода имеет заметное вращательное движение, причем поверхность суводи как бы вспучивает отдельными крупными водоворотами. На поверхности суводи, почти всегда вращаясь, плавает мусор.

Отдельные подводные препятствия при небольшой глубине могут быть обнаружены по завихрениям, которые образует вода, переливаясь через них. При больших глубинах майдан, образованный препятствием, выражен нерезко.

Ориентирование по звуковым сигналам. Для ориентирования иногда используют звуковые сигналы. Особое значение приобретает этот способ при плавании в тумане и в местах с крутыми поворотами русла.

Звук распространяется от источника сферическими волнами, следующими одна за другой, во все стороны. Отдельно взятое направление распространения звуковой волны называют звуковым лучом. В однородной воздушной среде при отсутствии ветра звуковые волны распространяются во все стороны с одинаковой скоростью, звуковые лучи при этом прямолинейны. В реальных условиях такое распространение звука наблюдается редко. На крупных водоемах самая лучшая слышимость звука бывает ночью в тихую погоду и при отсутствии осадков и тумана.

Воздух атмосферы не бывает однороден и имеет (особенно в слоях, прилегающих к земле) разную температуру и плотность. В связи с этим звуковые волны распространяются неравномерно, что приводит к преломлению звуковых лучей, а иногда к образованию беззвуковых зон (звуковые тени) или отражению звука (эхо).

Беззвуковые зоны создаются при убывании температуры с увеличением высоты. Расстояние от источника звука до зоны молчания зависит от степени убывания температуры и от высоты источника над уровнем воды. Например, при высоте источника 1 м и падении температуры на $0,8^{\circ}\text{C}$ на 100 м высоты расстояние до зоны молчания составит 370 м, а на 1°C на 100 м —

330 м. Такое явление чаще бывает днем при тихой и малооблачной погоде. Следовательно, в этот период суток слышимость хуже.

При возрастании температуры воздуха и высоты звуковые лучи распространяются по траектории, выпуклость которой направлена кверху, поэтому звуковая тень не создается и слышимость будет лучше. Это обычно бывает ночью и утром.

Таким образом, неправильное и непрямолинейное распространение воздушной звуковой волны создает зоны молчания (рис. 115), в которых на судне не слышно звукового сигнала, хотя оно находится близко от источника. Поэтому иногда вблизи источника звука звук не слышен, затем по мере удаления от него сила звука постепенно ослабевает, совсем прекращается, потом через некоторое время с увеличением расстояния звук вновь слышен, затем опять пропадает. Это явление по мере удаления от источника звука может повторяться несколько раз. Ветер ускоряет или замедляет распространение звука в зависимости от их взаимного направления. Влияние ветра на распространение звука в термически однородной среде схематично показано на рис. 116.

При плавании, особенно в тумане или ночью, следует учитывать все обстоятельства, могущие искажать распространение звука. Полностью полагаться при движении в тумане на звуковые сигналы нельзя, так как их слышимость меняется и зависит от густоты тумана, величины водяных капель, высоты тона сигналов и ветра. В крупнокапельном тумане лучшую звуковую проходимость имеют сигналы низкого тона, в мелкокапельном густом тумане — высокого. Поэтому для лучшей слышимости судовые гудки иногда комбинируются из звуковых свистков высокой и низкой частот.

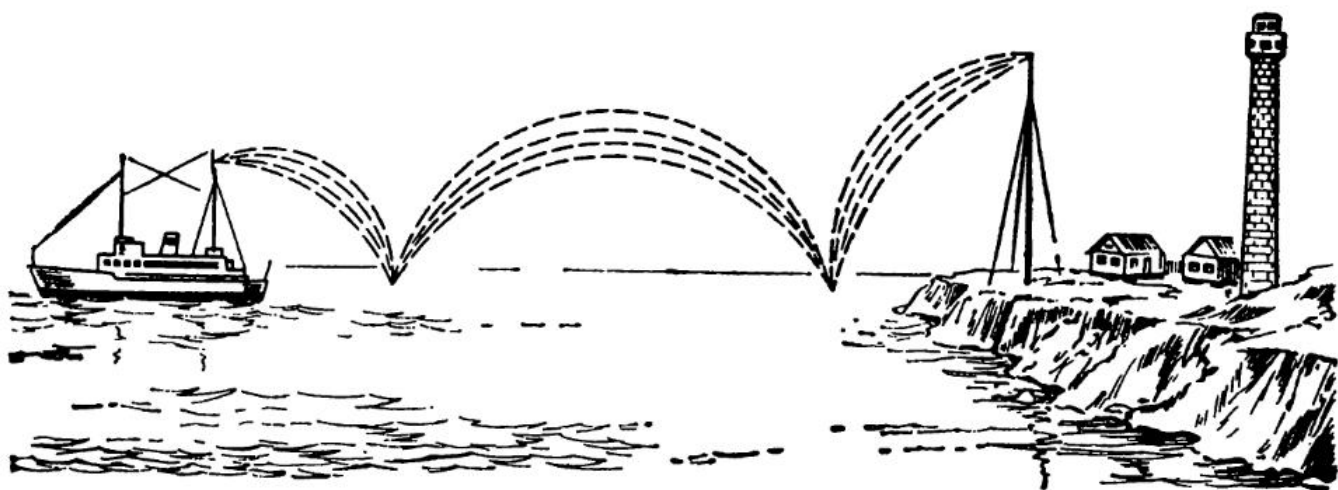


Рис. 115. Зоны молчания при подаче звуковых сигналов

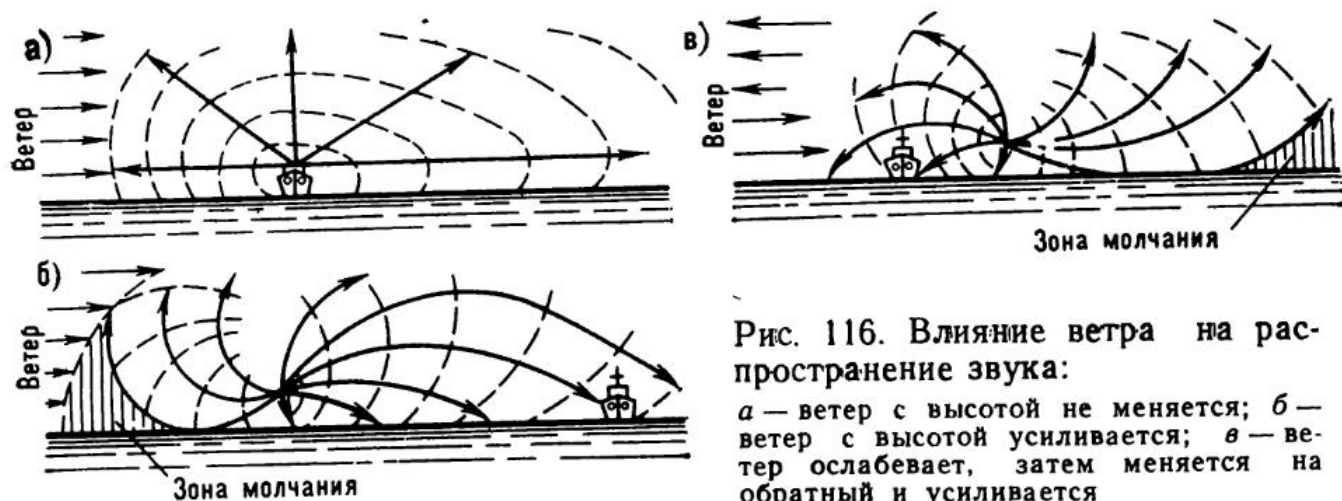


Рис. 116. Влияние ветра на распространение звука:

а — ветер с высотой не меняется; б — ветер с высотой усиливается; в — ветер ослабевает, затем меняется на обратный и усиливается

Дальность слышимости сигналов зависит не только от температуры и влажности воздуха, направления ветра, но также от расположения наблюдателя. При звуке, идущем с наветренной стороны, он будет раньше услышан наблюдателем, находящимся ближе к воде. Если звук идет с подветренной стороны, то он будет раньше услышан наблюдателем, находящимся выше от воды.

Сила звуковых сигналов встречных судов бывает настолько слабой, что может быть не слышна из-за шума на собственном судне даже на близком расстоянии и особенно в поворотах реки. Поэтому при ухудшении видимости судоводитель должен устранить по возможности все шумы на судне, которые мешали бы восприятию звуков, исходящих от других судов или береговых средств навигационного обеспечения (СНО).

В некоторых случаях сигнал может быть воспринят в виде эха, которое приходит к судну с другой стороны от источника звука. Такое явление бывает в густом тумане, у высоких берегов и др.

Если на пути распространения звука встречаются препятствия в виде утесов, мысов, островов и т. п., то звук ослабевает. Утесы и горы, расположенные сзади источника звука, также влияют на правильность отражения и распространения звука. Поэтому туманная звуковая сигнализация может служить только средством предупреждения об опасности, но не средством определения по ней места судна во время тумана.

Особенности ориентирования при плавании в ледовых условиях. Плавание судов во льдах осуществляется: при полном или частичном отсутствии плавучей навигационной обстановки; при береговой обстановке, которая не освещается или частично не

действует (снимается для ремонта); в условиях видимости, неблагоприятных из-за длинных и темных ночей, туманов и снегопадов.

Методы ориентирования многообразны, поэтому возможно только перечисление некоторых из них.

Обнаружить судовой ход во время осеннего ледохода можно по заберегам, кромки которых покрыты валом из торосов. Наветренная кромка льда обычно уплотненная, имеет четко очерченную границу с чистой водой. Подветренная кромка льда очень расплывчатая и далеко растягивается по ветру. О такой кромке можно заблаговременно судить по мелким обломкам льда.

Разреженный лед, наблюдаемый на значительном расстоянии, кажется сплошным. Однако можно отличить такую кажущуюся плотность от действительной. Разреженный лед будет иметь более разнородную окраску, приближающуюся к серой. Это объясняется присутствием среди льда темных пятен чистой воды. При одинаковом освещении более сплоченный лед всегда будет выглядеть значительно белее, чем менее сплоченный. Тяжелые большие ледяные поля, как правило, имеют снежный яркий белый цвет.

Наиболее благоприятными для наблюдения и ориентировки и при плавании во льдах являются пасмурные дни с ясным горизонтом и небом, покрытым низкими облаками. Рассеянный свет, освещая лед равномерно во всех направлениях, дает возможность более точно определять и сравнивать характер и сплоченность льда; при этом отраженные льдом лучи солнца не режут глаза.

Ориентировка при ясной солнечной погоде значительно труднее. Это обусловливается следующим: отраженные поверхностью льда яркие лучи солнца утомляют глаза (особенно весной, когда начавший таять снег имеет очень резкую белизну, а солнечная радиация очень интенсивна), в разреженных льдах создается неравномерное освещение, затрудняющее наблюдение; солнечные блики на воде чередуются с малоосвещенными участками поверхности льда и воды, образуя беспорядочное сочетание теней, блеска и света; Солнце находится низко над горизонтом по носу судна и образует «солнечную дорожку», ослепляющую судоводителя.

Плавание в темное время суток может происходить при полном или почти полном отсутствии видимости (в темную ночь) и при пониженной видимости в (ясную лунную ночь). Ориентирование в ночное время имеет определенные особенности.



Рис. 117. Разреженный лед над отмелью

Одна из них — создание искусственного освещения при помощи прожекторов и светильников.

Однако применение прожекторов для дальнего наблюдения за ледовой обстановкой малоэффективно из-за небольшой дальности действия, узкого сектора освещения, резкого перехода от яркого света к темноте, неравномерной освещенности льда и больших световых теней. При освещении прожектором проходимость льда на различных участках кажется почти одинаковой, очень трудно проследить, куда уходит узкое извилистое разводе, замаскированное редким льдом. Исключением являются места, в которых четко видны границы льда, отличающегося своей сплоченностью. Поэтому плавание во льдах в темное время суток, даже при прожекторах, требует повышенной внимательности.

В светлые лунные ночи ориентирование имеет определенные сложности. Слабый пепельный свет луны придает поверхности льдов и воды однообразный вид, поэтому на некотором расстоянии от судна трудно различить лед от воды, а также заметить разницу в проходимости льда на двух соседних участках. Трудности в ориентировании создаются также из-за неравномерности освещения различных участков. Тени, создаваемые ропаками и торосами, а иногда низкими облаками, часто принимаются за полосы воды, которые в действительности являются сплошным льдом. Еще более обманчиво состояние льда вблизи горизонта, когда очень темная полоса неосвещенного края действительного горизонта видится как большое пространство чистой воды.

При плавании в береговой полынье иногда можно видеть среди отдельных участков сплоченного льда окна чистой воды или участки редкого льда (рис. 117), которые являются признаками нахождения отмели. Окна чистой воды образуются из-за

течения, которое, проходя над отмелью, становится неравномерным, а также из-за значительного подъема дна, когда слой воды над отмелью становится меньше осадки льда.

При дрейфующем льде резкий подъем дна может быть опознан по неподвижным льдинам, расположенным среди окон чистой воды. По размерам льдин можно судить о глубине в данном месте. Значительные подъемы могут быть также обнаружены по характерным языкам чистой воды или редкого мелкобитого льда, вдающимся в кромку основной массы льда, держащегося у берега. Языки льда, вытянутые от кромки льда в сторону берега, иногда указывают на некоторое увеличение глубины к берегу, но это бывает не всегда и доверяться этой примете целиком нельзя.

У устьев рек обычно имеются отмели, из которых особенно опасны так называемые ловушки. Речной поток обычно направлен под определенным углом к берегу или по некоторой кривой, которая идет сначала от берега, а затем загибается и вытягивается вдоль него. По направлению этого изогнутого течения формируется вал из речных наносов, создавая своеобразный мешок — ловушку.

В осенне-зимнем плавании во льдах ориентирование становится очень трудным. Обильный снег, покрывая поверхность льда, сглаживает его характерные неровности, придает ледяному покрову однообразный вид и в результате лишает судоводителя возможности надежно ориентироваться и различать структуру льда. Снег скрывает в молодом льду наиболее тяжелые участки. Значительно осложняется ориентировка по берегу, так как из-за снега он становится однообразным и трудноразличимым в деталях.

Определение скорости судна во льду состоит в фиксации времени, затрачиваемого судном на прохождение известного расстояния. За расстояние обычно принимают длину самого судна. Скорость определяют следующим образом. В тот момент, когда форштевень судна поравняется с приметной льдиной или предметом, специально сброшенным с судна на лед, включают секундомер. Как только судно пройдет сброшенный предмет или льдину, секундомер останавливают. Зная длину судна и имея время, получают определяемую скорость судна.

Определение дрейфа судна — важный элемент ориентирования во льдах. Один из способов — с применением ручного лота на глубинах до 30 м. Определение ведется с судна, лежащего в дрейфе. Гирю лота опускают на грунт. Замечают отсчет лот-

линия на уровне руки, одновременно пускают секундомер. Постепенно, по мере натяжения лотлиня, втугую потравливают еще 20—30 м лотлиня. Затем подождав момента, когда выберется слабина, останавливают секундомер, замечают угол между вытянутым лотлинем и диаметральной плоскостью судна, а также курс последнего. При этом очень важно следить за тем, чтобы при выборе лотлиня втугую не сдвинуть гирю с места.

Контрольные вопросы

1. Как пользуются навигационной картой при изучении специальной лоции?
2. Какие факторы оказывают влияние на видимость в дневное и ночное время?
3. Какие способы определения расстояний можно применить на судне?
4. Какие способы определения скорости движения судна можно использовать в практических условиях?
5. Как определить правильность курса судна при малой изученности судового хода?
6. Какие приметы можно использовать при плавании в ледовых условиях?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Навигационное оборудование внутренних водных путей / И. Е. Шмерлинг, Л. Т. Белова, К. С. Орлович, Б. Қ. Флегонтов. М.: Транспорт. 1984. 244 с.

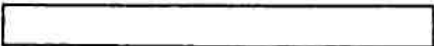
Правила плавания по внутренним водным путям РСФСР, М. Транспорт, 1986. 128 с.

Справочник судоводителя речного флота М.: Транспорт, 1983. 390 с.

Удачин В. С., Соловьев В. Б. Судовождение и правила плавания на внутренних судоходных путях. М.: Транспорт. 1983. 240 с.

Фролов Р. Д., Попов В. А. Навигационное пособие для плавания по внутренним судоходным путям. М.: Транспорт. 1984. 143 с.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ХАРАКТЕРА ОГНЕЙ

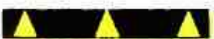
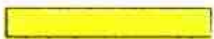
Характер огня	Условные обозначения и пояснения	Буквенное обозначение на картах
Постоянный	 или 	П
Проблесковый (однопроблесковый)	 Периодически повторяющиеся проблески длительностью 0,5–0,7 с и затемнения длительностью 2,7–3,0 с	Пр
Двухпроблесковый	 Периодически повторяющиеся группы из двух проблесков длительностью 0,5–0,7 с и затемнения длительностью 3,0–3,5 с	Пр (2)
Частопроблесковый	 Непрерывно повторяющиеся частые проблески длительностью 0,5–0,7 с	Ч
Группчасто-проблесковый	 Периодически повторяющиеся группы из 4–5 частых проблесков и затемнения длительностью 3,0–3,5 с	ПрерЧ
Пульсирующий	 Непрерывно повторяющиеся световые импульсы, частотой 8–10 импульсов в 1 с. Воспринимаются как непрерывно пульсирующий огонь	Пул
Прерывистый пульсирующий	 Периодически повторяющиеся группы из 4–6 световых импульсов в течение 0,5–0,6 с и затемнения длительностью 3,0–0,8 с	ПулПр
Затмевающийся	 Периодически повторяющиеся проблески длительностью 2,7–3,0 с и кратковременные затемнения длительностью 0,6–0,8 с	Зтм

Примечание. Пульсирующий, прерывистый пульсирующий огни используются вместо постоянных и проблесковых огней в местах больших скоплений посторонних огней (крупные порты, рейды и др.)
Затмевающийся огонь является резервным. Он используется по согласованию с органами, регулирующими судоходство

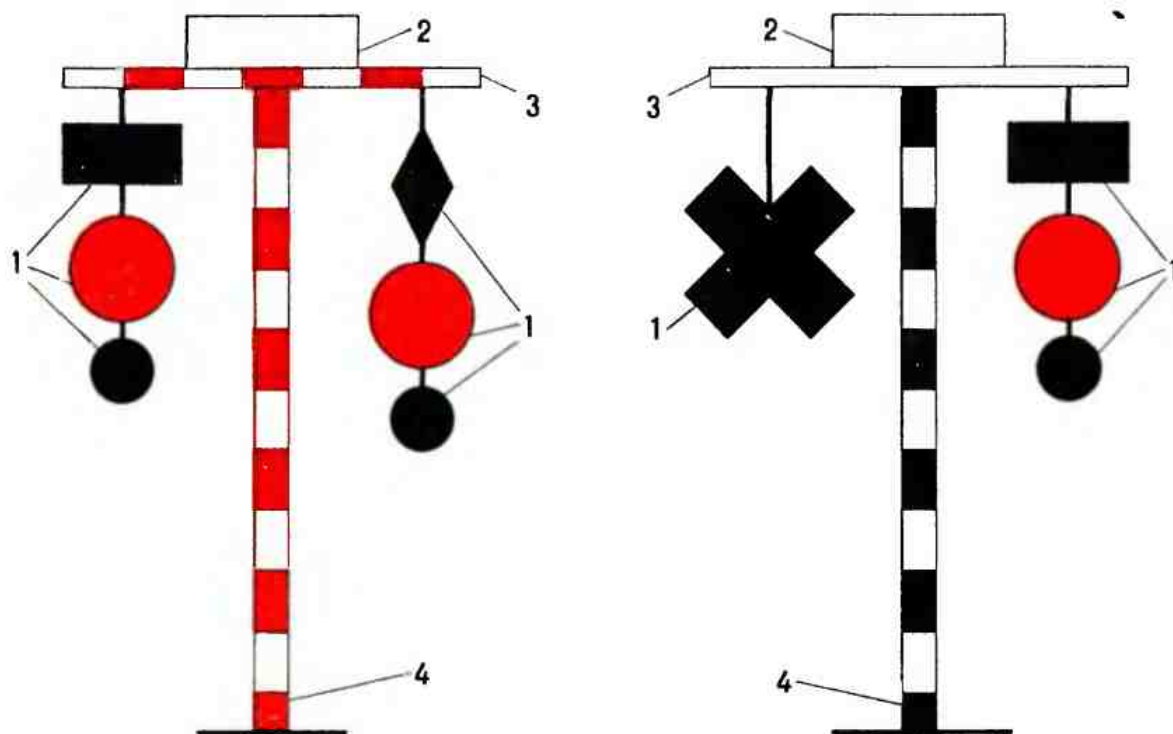
БЕРЕГОВЫЕ ЗНАКИ УКАЗАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ СУДОВОГО ХОДА

Знак	Фон места	Вид знака	Характер огня на берегу	
			левом	правом
Створ осевой	Светлый		Задний знак Передний знак или задний передний	
	Темный			
Створы щелевые	Светлый		Задний знак Передний знак или задний передние	
	Темный			
Створы кромочные	Светлый		Задние знаки на левой кромке на правой кромке Передние знаки на левой кромке на правой кромке	
	Темный			

Знак	Фон места	Вид знака	Характер огня на берегу	
			левом	правом
Перевадный	Светлый			
	Темный			
Ходовой	левом			
	правом			
Весенний				
Ориентир				
Путевой огонь	Конструкция знака не регламентируется			
Опознавательный				

Запрещающие			Предупреждающие и предписывающие		
Название	Вид щита	Характер огня	Название	Вид щита	Характер огня
Якоря не бросать!		 или 	Внимание!		
Расхождение и обгон составов запрещены!			Пересечение судового хода		
Расхождение и обгон запрещены!			Скорость ограничена!		
Не создавать волнения!			Соблюдать надводный габарит!		 или 
Движение мелких плавсредств запрещено!			Указательные		
Семафор			Указатель рейда (рейдовый знак)		Левая кромка  Правая кромка 
Ход закрыт снизу и сверху			Место оборота судов		
Ход закрыт снизу			Пост судоходной инспекции		
Ход закрыт сверху			Указатель расстояний		
Светофор			Указатель местности		
Ход открыт					
Ход закрыт					

СИГНАЛЬНЫЕ МАЧТЫ



1—сигнальные фигуры; 2—дополнительный щит;
Для установки на перекате

3—рея; 4—мачта
Для установки на плесе

ЗНАЧЕНИЯ СИГНАЛЬНЫХ ФИГУР



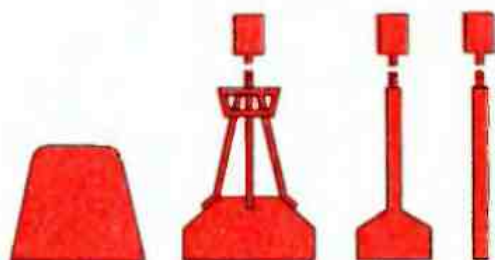
ЗНАКИ ОБОЗНАЧЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ СУДОВОГО ХОДА

Знак	Кромка	Плавучие		На мостах			
		Силуэт знака	Характер огня	Размещение знаков и огней			
Кромочный	левая			1- указатели оси судового хода 2- указатели подмостового габарита и кромок судового хода 3- указатель отметки РСУ			
	правая						
Свальный	левая			Щиты. Фон	Огни	Пролет для судов	
	правая			Светлый	Темный		
Поворотный	левая						идущих снизу
	правая						идущих сверху
Знак опасности	левая						с плотами
	правая						маломерных
Разделительный	левая						Высота до 10 м
	правая						Высота свыше 10 до 13 м
Осевой	левая						Высота свыше 13 до 16 м
	правая						Высота свыше 16 м
Поворотно-осевой	левая						Высота свыше 16 м
	правая						Высота свыше 16 м
				Огни-указатели разводного наплавного моста			

СИСТЕМА ПЛАВУЧИХ СРЕДСТВ НАВИГАЦИОННОГО ОГРАЖДЕНИЯ В ВОДАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ

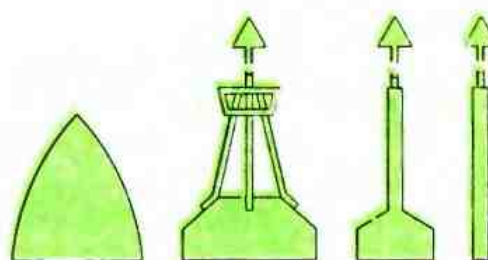
Латеральные знаки

Левая сторона



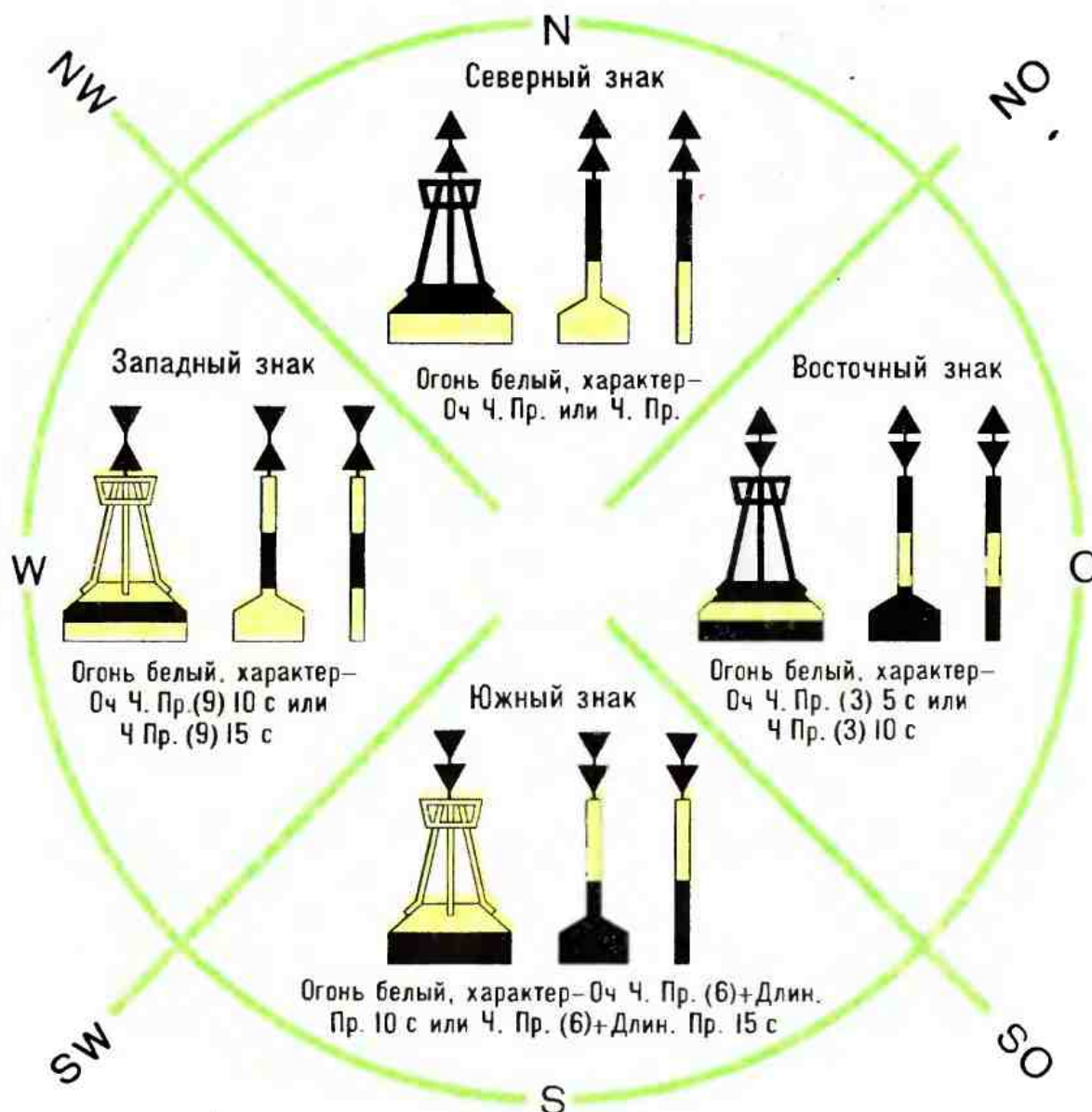
Огонь красный, характер любой

Правая сторона

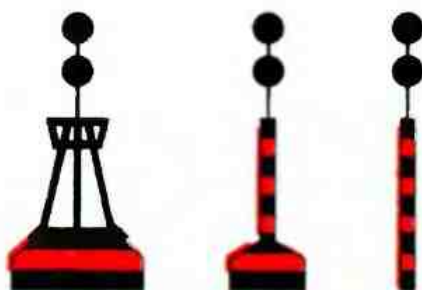


Огонь зеленый, характер любой

Кардинальные знаки

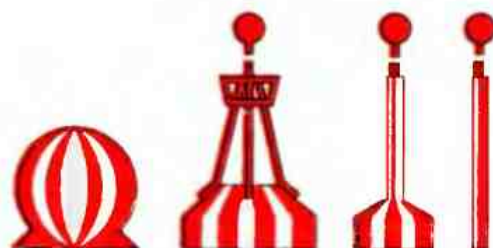


Знаки отдельных опасностей



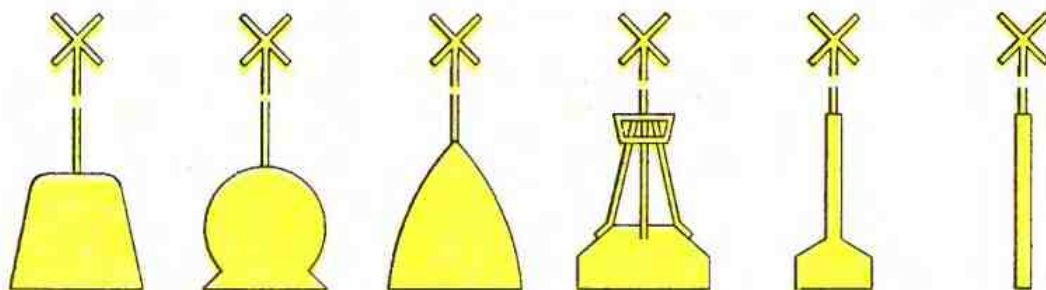
Огонь белый, характер—Гр. Пр. (2)

Знаки безопасных вод



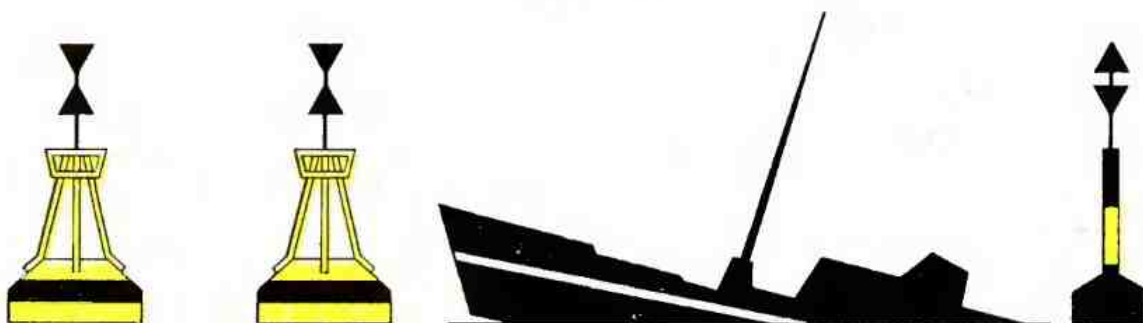
Огонь белый, характер—изфазный затмевающийся или один Длин. Пр. 10 с

Специальные знаки



Огонь желтый, характер—любой, кроме тех, которые предусмотрены для знаков кардинальных, отдельных опасностей и безопасных вод

Ограждение новых опасностей



ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Настоящий предметный указатель составлен по принципу «слово за словом», расположение слов алфавитное. Учитывая, что книга является учебником, указатель адресует читателя только к тем ее страницам, где можно найти справку по существу темы рубрики или подрубрики. Одинаковые слова заменены знаками тире, число которых соответствует числу одинаковых слов.

А

Аварийные ворота 82
Адаптация 182
— темновая 182
— световая 182
Анемометр 105
Атлас единой глубоководной системы европейской части РСФСР 164
Атласы озер 166
Атмосферная дымка 178

Б

Банка 96
Бар 94, 96
Батометр 45
Бассейновое управление пути (БУП) 15, 70
Беговая отмель 90
Береговые информационные знаки:
— — — запрещающие 141, 145
— — — предупреждающие и предписывающие 141, 145, 146
— — — указательные 141, 145, 147
Береговые навигационные знаки обозначения положения судового хода:
— — — — — створные 141, 143
— — — — — перевальные 141, 144
— — — — — ходовые 141, 144
— — — — — ориентиры 141, 144
— — — — — весенные 141, 144
— — — — — указатели оси судового хода 141, 149
— — — — — высоты подмосткового габарита и кромок судового хода в судоходных пролетах мостов 141, 150

Береговая область 90

Бора 106
Бриз 106
Бровка 20
Бурун 111
Бухта 95
Буй 150
Бьеф 62, 73, 113, 119

В

Ветровых волн интерференция 111
— — рефракция 111, 112
— — дифракция 112
Вехи 152
Внутренние водные пути 6
— судоходные пути:
— — — естественные 6
— — — искусственные 6
Водные ресурсы 4
Водный баланс 5
Водобой 64
Водоворот 39
Водоем 6
Водоток 6
Водораздел 17
Водосбор 17
Водохранилище 7, 76, 107
Водоспуск 82
Волнолом 92

Г

Географические координаты:
— — широта 156
— — долгота 156
Геодезия 156

Гидрологический пост 25, 171
 Гидрометрическая вертушка 36
 Гидроузел 63, 74
 Гидроэлектростанция (ГЭС) 75, 78, 80, 85, 173
 Гирла 95
 Гринвичский меридиан 156
 Годограф скоростей 35
 Голец 97
 Горизонталь 159
 График колебаний уровня воды 167

Д

Дальность видимости:
 — — исчезновения объекта 178
 — — метеорологическая 179
 — — обнаружения объекта 178
 — — узнавания объекта 179
 Дамба 135, 138
 Дельта 92
 Движение потока:
 — — ламинарное 33
 — — турбулентное 33
 Динамическая ось речного потока 37
 Диаметральная плоскость судна 191
 Дно русла 20
 Долина 17

Е

Единая глубоководная система (ЕГС) 7, 169

Ж

Живое сечение 22

З

Заводь 40
 Зажор 116
 Заиление водохранилищ 90
 Заманиха 47
 Закон Бэра 30
 — Эри 43
 Закосок 47
 Заплесок 20
 Затон 53, 136, 137
 Затонииа 47
 Земснаряд 126, 128
 Зимовка 136, 138, 139
 Зоны молчания при подаче звуковых сигналов 202
 Зрение бинокулярное 175
 — глубинное 176

И

Извещения судоводителям 170
 Изгиб реки 34
 Излучина 50, 51, 52
 Изобаты 54
 Изотахи 36
 Информационный бюллетень 172
 Исток реки 17

К

Канал 73, 81, 122
 — обходной 81
 — подходной 81
 — морской судоходный 83
 — соединительный 81
 — самотечный 81
 Карта внутренних водных путей 163
 — водохранилищ 164
 — крупных озер 165
 — навигационная 163
 — низовьев рек 164
 Карты-планы 159
 Картографические проекции 157
 Координатная сетка 157
 Корга 97
 Коренной берег 20
 Коса 96
 Круговорот воды в природе:
 — — — — большой 5
 — — — — малый 5

Л

Лаг 190
 Лагуна 95
 Лайда 96
 Ледовый режим 114, 119, 120, 122
 Ледорез 135
 Ледостав 115
 Ледоход 118
 Ледяные шары 120
 Лещадь 50, 97
 Лиман 94
 Лоция:
 — общая 10, 165
 — специальная 11
 Лука 51

М

Майданы 40, 201
 Масштаб линейный 158
 — числовой 157
 Маяк морской 152

— ориентир 150, 153
Межень 23
Международная ассоциация маячных
служб (МАМС) 154
Мертвая вода 102
— зона 186
Мол 92, 135

Н

Навигационная опасность 9, 90
Навигационные знаки и огни:
— — — береговые 141, 143
— — — плавучие 148
Наводнение 23
Наледи 117
Наносы взвешенные 43
— влекомые 43
— донные 43
Наслуд 121
Номограмма определения скорости
судна 194
Нормальная острота зрения 176
Нормальный подпорный уровень 86

О

Огни проблесковые 181
— цветные 181
Огрудки 50
Одинцы 50
Озеро 6
Омут 40
Опечки 50
Ориентирование 182, 196
Отметка абсолютная 25
— условная 25
Осередки 48
Ось судового хода 143

П

Паводок 23
Параллель 156
Пеленг 191, 192
Пережат без затонной части 21, 57
— грунтовой 59
— россыпь 58
— с затонной частью 58
Пересыпь 96
Песок 20
Песчаные гряды 45
Печина 49
Плес 21
Плотина бетонная водосливная 63

— земляная 64
Побочень 47
Поверхностное питание 21
Подвалье 54
Подвижка льда 116
Пойма 20
Поле зрения 175
Полица 20
Половодье 23
Полынья 117
Полюсы географические 156
Понтоны 136
Понур 64
Попуски 85
Порог 50
Порт 133
Прибой 111
Прилив 99
Припай 120
Причал 69, 134
Проекция Гаусса 161
Прорезь 129

Р

Радиобюллетень 171
Радиолокационная станция (РЛС)
185
Радиолокационное изображение 185
— пособие 164
Радиомаяк 154
Размыв берегов 90
Разряд внутренних водных путей 11
Расход воды 22
Регулирование стока 75—79
Рейд 133
Речная система 18
Речной бассейн 18
— Регистр РСФСР 11
— сток 22
Рисберма 64
Риф 96
Роза ветров 105
Ропак 120
Рукав 49
Рупесь 120
Русло 18
Рынок горы 20

С

Сарма 106
Светоотражающие навигационные
знаки 142
Сейши 87

Семафор 146
Сгон 97
Спорные воды 40
Система расстановки навигационных знаков:

— — — — литеральная 142

— — — — кардинальная 142

Скалоуборочные работы 133

Старица 53

Створ кромочный 143

— осевой 143

— щелевой 143

Стрелка 96

Стрежень 200

Суводь 39

Судовождение лоцманское 10

— штурманское 10

Судоподъемник 72

Сулон 101

Т

Таблица скорости ветра 105

Течение верхнее 21

— нижнее 21

— общее 32

— прижимное 40

— свальное 41

— среднее 21

Технические участки пути 16

Тиховод 38

Толчея 111

Трал 125

Тягун 88

У

Угломерная сетка бинокля 190

Уклон поверхности воды 29

Урез 20

Уровень воды 23, 28, 86, 137

Утор 114

Устье 17

Ф

Форсированный подпорный уровень 86

Х

Характеристики навигационных огней 142

Ш

Шаланда 130

Шалыга 47

Швартовые бочки 136

Шкала волнений 113

Шлюзы:

— однокамерные 66, 68, 81

— многокамерные 68

— однопиточные 68

— двухпиточные 68

Шуга 115

Шугаход 115

Шхеры 96

Э

Энергия волны 109

Экватор 156

Эстуарий 94

Я

Яр 20

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
ГЛАВА I	
ВНУТРЕННИЕ ВОДНЫЕ ПУТИ	
§ 1. Современное состояние и перспективы развития .	4
§ 2. Понятие о лоции	9
§ 3. Транспортная характеристика	11
ГЛАВА II	
ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕК	
§ 4. Речная долина и русло	17
§ 5. Питание рек	21
§ 6. Колебания уровней воды в реках	23
§ 7. Уклоны поверхности воды	28
§ 8. Течение воды в реках	32
§ 9. Особенности течения речного потока	38
§ 10. Наносные и каменистые образования в речном русле	42
§ 11. Извилистость речных русл	50
§ 12. Перекаты	53
§ 13. Судходная классификация перекатов	57
ГЛАВА III	
ШЛЮЗОВАННЫЕ УЧАСТКИ РЕК И КАНАЛЫ	
§ 14. Сущность шлюзования, состав гидроузлов	62
§ 15. Судходные шлюзы и судоподъемники	66
§ 16. Подходные каналы к шлюзам	73
§ 17. Регулирование стока рек	75
§ 18. Особенности гидрологического режима нижних бьефов	78
§ 19. Судходные каналы	81
ГЛАВА IV	
ВОДОХРАНИЛИЩА, ОЗЕРА И МОРСКИЕ УСТЬЯ РЕК	
§ 20. Течения и колебания уровней на водохранилищах и озерах	85
§ 21. Навигационные опасности на водохранилищах и озерах	90
§ 22. Морские устья рек	92
§ 23. Уровни воды и течения в морских устьях рек	97

ГЛАВА V

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ И ЛЕДОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ

§ 24. Ветер	104
§ 25. Ветровое волнение	108
§ 26. Ледовый режим на реках	114
§ 27. Ледовый режим на озерах и водохранилищах	120
§ 28. Ледовый режим на судоходных каналах	122

ГЛАВА VI

УЛУЧШЕНИЕ СУДОХОДНОГО СОСТОЯНИЯ ПУТИ. РЕЙДЫ И ЗАТОНЫ

§ 29. Путевые работы	125
§ 30. Рейды портов	133
§ 31. Затоны и зимовки	136

ГЛАВА VII

НАВИГАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

§ 32. Характеристика навигационного оборудования	141
§ 33. Навигационные знаки и огни	143
§ 34. Навигационное оборудование озер и морских устьев рек	152

ГЛАВА VIII

НАВИГАЦИОННЫЕ ПОСОБИЯ И СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛОЦИЯ

§ 35. Основные сведения из картографии	156
§ 36. Карты, составленные в проекции Гаусса	160
§ 37. Карты внутренних водных путей	163
§ 38. Руководства для плавания	165
§ 39. Справочные пособия для плавания	166
§ 40. Информация о судоходных условиях	169

ГЛАВА IX

ОРИЕНТИРОВАНИЕ ПРИ ПЛАВАНИИ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ

§ 41. Пользование навигационными картами	173
§ 42. Видимость знаков и огней навигационной обстановки	175
§ 43. Ориентирование в ночное время	182
§ 44. Определение расстояний с судна	186
§ 45. Определение скорости судна	190
§ 46. Ориентирование при управлении судном	194
Приложения	209
Список рекомендуемой литературы	208
Предметный указатель	220

УЧЕБНИК

ДМИТРИЙ КОНСТАНТИНОВИЧ ЗЕМЛЯНОВСКИЙ

ЛОЦИЯ ВНУТРЕННИХ СУДОХОДНЫХ ПУТЕЙ

Предметный указатель составил *В. Д. Жирнов*

Обложка художника *Ю. Н. Егорова*
Технический редактор *Н. Б. Масалова*
Корректор-вычитчик *Л. В. Ананьева*
Корректор *Л. А. Шарапова*

ИБ № 3394

Сдано в набор 16.03.87 Подписано в печать 30.10.87. Т-21852
Формат 60×88^{1/16}. Бум. офс. № 2. Гарнитура литературная. Офсетная печать.
Усл. печ. л. 13,72. Усл. кр.-отт. 16,84. Уч.-изд. л. 13,7. Тираж 35 000 экз. Заказ 325
Цена 50 коп. Изд. № 1-1-3/12 № 3436
Ордена «Знак Почета» издательство «ТРАНСПОРТ», 103064, Москва, Басманный туп., 6а

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
129041, Москва, Б. Переяславская, 46