[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И КОНТРОЛЮ
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

НАСТАВЛЕНИЕ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ СТАНЦИЯМ И ПОСТАМ

ВЫПУСК 6

ЧАСТЬ I

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И РАБОТЫ НА БОЛЬШИХ И СРЕДНИХ РЕКАХ

Издание третье,
переработанное и дополненное

ЛЕНИНГРАД · ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ · 1978

УДК 556.53 (04 + 025)

Утверждено
Главным управлением
гидрометеорологической службы
при Совете Министров СССР
5 апреля 1977 г.

Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 6, ч. I

Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках

Редактор О. Н. Потапова. Технический редактор М. И. Брайнина
Корректоры: Т. В. Алексеева, Г. Н. Римант

Сдано в набор 18.01.78. Подписано в печать 29.06.78. М-09545
Формат 60×90/16. Бум. тип. № 1. Лит. гарн. Печать высокая.
Печ. л. 24. Уч.-изд. л. 26,04. Тираж 13 560 экз. Индекс ГЛ-245. Заказ № 767
Цена 1 р. 70 к. Заказное.

Гидрометеоиздат. 199053. Ленинград, 2-я линия, д. 23

Ленинградская типография № 6 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
193144, Ленинград, С-144, ул. Моисеенко, 10

Н $\frac{20806-147}{069(02)-78}$ без объявл.

© Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, 1978 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В третьем издании «Наставления гидрометеорологическим станциям и постам», вып. 6, ч. I излагается методика производства гидрологических наблюдений на реках всех категорий (большие, средние и малые), выполняемых станциями и постами применительно к стандартной программе. Исключение составляют наблюдения за стоком воды (уровнями и расходами) на малых реках, методика производства которых дана в Наставлении, вып. 6, ч. II (1972 г.).

Новое издание Наставления, вып. 6, ч. I неразрывно связано с вышедшим в свет в 1975 г. «Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам», вып. 2, ч. II (Гидрологические наблюдения на постах). Поэтому в нем излагаются в основном только те работы, которые выполняются специалистами гидрологических станций, тогда как методика стандартных наблюдений, вопросы оборудования постов и приборы излагаются в вып. 2, ч. II.

По сравнению со вторым изданием (1957 г.), третье издание включает ряд новых глав (7, 11, 12, 13); главы, имеющиеся в прежнем издании, существенно переработаны и приведены в соответствие с современным уровнем развития методики наблюдений и приборной техники. Вопрос об измерении продольных уклонов водной поверхности выделен в самостоятельную главу 5. В главе 7 изложены основные задачи гидрологических станций по ведению государственного учета вод, а также по оценке точности гидрометрических данных о водопользовании. В главе 11 приведены общие организационные положения по наблюдениям за химическим составом, качеством вод и методика работ, выполняемых химическими лабораториями при станциях.

В главе 12, посвященной специальным научно-методическим исследованиям, рассмотрен круг вопросов, с которыми наиболее часто сталкиваются инженеры-гидрологи на сети.

В главе 13 изложены основные организационно-технические положения автоматизированной обработки данных наблюдений.

В связи с тем, что в данном выпуске Наставления использованы и учтены оправдавшие себя на практике рекомендации Методических указаний, а также Дополнений и уточнений ко второму изданию Наставления, перестают служить официальными методическими руководствами следующие документы:

— «Уточнения и исправления к Наставлению гидрометеорологическим станциям и постам», вып. 6, ч. I (изд. 1957 г.). Л., Гидрометеоиздат, 1960;

— «Дополнения и уточнения к Наставлению гидрометеорологическим станциям и постам», вып. 6, ч. I (изд. 1957 г.). Л., Гидрометеоиздат, 1963;

— «Дополнения и уточнения к Наставлению гидрометеорологическим станциям и постам», вып. 2, ч. II (изд. 1957 г.). Л., Гидрометеоиздат, 1963;

Методические указания УГМС № 54, 66, 69.

Наставление составлено и подготовлено к печати коллективом авторов ГГИ при участии сотрудников ГХИ (глава 11) и ВНИИГМИ—МЦД (глава 13).

В составлении глав принимали участие: глава 1 — канд. геогр. наук Р. Д. Курдин, канд. техн. наук Н. Н. Федоров; глава 2 — канд. техн. наук Н. Н. Федоров; глава 3 — канд. геогр. наук А. П. Копылов, ст. инж. Э. П. Ивашенко; главы 4, 5 — канд. техн. наук Р. А. Шестакова; глава 6 — ст. инж. В. В. Дементьев, ст. инж. Л. А. Попова, канд. техн. наук Н. Н. Федоров; глава 7 — канд. геогр. наук Б. С. Устюжанин; глава 8 — канд. техн. наук Г. А. Петухова, канд. техн. наук К. В. Разумихина; глава 9 — канд. техн. наук Н. Н. Федоров; глава 10 — канд. техн. наук Р. В. Донченко, канд. техн. наук А. Н. Чижов; глава 11 — д-р хим. наук В. Т. Каплин, канд. хим. наук В. В. Шлычкова (ГХИ); глава 12 — канд. геогр. наук И. В. Боголюбова, ст. инж. В. В. Гончаров, канд. техн. наук Г. А. Петухова, канд. техн. наук А. В. Савельева, канд. техн. наук Н. Н. Федоров, канд. техн. наук Р. А. Шестакова; глава 13 — канд. геогр. наук В. А. Семенов, ст. инж. М. А. Шипулина (ВНИИГМИ — МЦД), мл. н. с. И. В. Некрасова (ГГИ).

Проект Наставления был рассмотрен УГМС Азербайджанской ССР, Колымским, Приволжским, Северо-Западным; рецензировался Производственным и научно-исследовательским институтом по инженерным изысканиям в строительстве (ПНИИИС) Госстроя СССР, Гидрометцентром СССР и Техническим управлением и Управлением гидрометобеспечения ГУГМС (с 1978 г. Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды).

Руководство работами по составлению Наставления осуществлял д-р техн. наук И. Ф. Карасев, редактирование — канд. техн. наук Н. Н. Федоров.

СОКРАЩЕНИЯ НАИМЕНОВАНИЙ

ВНИИГМИ—МЦД — Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных

ГГИ — Государственный гидрологический институт

Гидрометцентр СССР — Гидрометеорологический научно-исследовательский центр СССР

ГМО — гидрометеорологическая обсерватория

ГУГК — Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР

ГУГМС — Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР

ГХИ — Гидрохимический институт

Мингео СССР — Министерство геологии СССР

ММиВХ СССР — Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР

Минэнерго СССР — Министерство энергетики и электрификации СССР

ЦКБ НИИГМП — Центральное конструкторское бюро Научно-исследовательского института гидрометеорологического приборостроения

АДГП — автоматический дистанционный гидрологический пост

АРРГП — автоматический режимный регистрирующий гидрологический пост

АСКПВ — автоматическая станция контроля качества поверхностных вод

Г-I, Г-II — гидрологическая станция первого или второго разряда

ГП — гидрологический пост

ГВК — Государственный водный кадастр

ГУВ — государственный учет вод

ГХБ — гидрохимический баланс

ЗГМО — зональная гидрометеорологическая обсерватория

ЛВП — лимитированное водопользование

МП — монтажная партия

НИГМИ — научно-исследовательский гидрометеорологический институт (зональный)

ОГСНК — Общегосударственная служба наблюдений и контроля за загрязнением окружающей среды

ООЯ — особо опасные явления

РВБ — русловой водный баланс

РВП — ремонтно-восстановительная партия
РГО — разъездной гидрометрический отряд
СГУВ — система государственного учета вод
СУВ — самописец уровня воды
УБХВ — учетные балансы химических веществ
УВБ — учетные водные балансы

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СОСТАВ И СРОКИ НАБЛЮДЕНИЙ

1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1.1. Гидрологические станции ГУГМС осуществляют изучение гидрологического режима водных объектов суши и государственный учет количества и качества вод для удовлетворения текущих и перспективных потребностей народного хозяйства страны в режимной и оперативной гидрологической информации.

1.1.2. Изучение гидрологического режима поверхностных вод (реки, каналы, соединяющие водные системы или служащие для межбассейновых и межзональных перебросок стока, озера и водохранилища [1]) производится посредством стандартных и специальных наблюдений на постах, а также экспедиционных и тематических исследований.

1.1.3. Порядок ведения государственного учета вод и их использования определен в «Положении о государственном учете вод и их использования», утвержденном постановлением Совета Министров СССР от 10 марта 1975 г. Государственный учет вод проводится по единой для Союза ССР системе на основании методических указаний, разрабатываемых Главгидрометслужбой, Мингео и ММиВХ СССР.

1.1.4. Гидрологические станции I и II разряда являются основными производственными органами республиканских и территориальных управлений Гидрометслужбы, организующими и осуществляющими изучение гидрологического режима.

Гидрологические станции I разряда руководят работой прикрепленных гидрологических станций II разряда и гидрологических постов, как правило, в пределах речного бассейна (области), обеспечивают изучение гидрологического режима водных объектов и удовлетворяют запросы народного хозяйства в гидрологической информации по территории своей деятельности.

Гидрологические станции II разряда производят гидрологические наблюдения и работы, обработку и перфорацию материалов наблюдений по пункту базирования станции, а также по прикрепленным гидрологическим постам. Они обслуживают куст постов в удаленных от гидрологических станций I разряда или труднодоступных районах, а также обеспечивают гидрологические работы на больших реках, где постоянное присутствие технического персонала и участие в гидрометрических работах необходимо.

Структура, штаты и объемы работ гидрологической станции определяются приказами и указаниями ГУГМС, а также УГМС.

1.1.5. Гидрологические посты — пункты стационарных гидро-

---

[1] Крупные озера и водохранилища изучаются специализированными озерными станциями и обсерваториями.

логических наблюдений, прикрепленные к гидрологическим станциям, производят стандартные, т. е. регламентированные Наставлениями, наблюдения за следующими основными элементами гидрологического режима рек (каналов):

1) сток воды,
2) уровень воды,
3) сток наносов,
4) температура воды,
5) ледовый режим,
6) химический состав воды (качество воды).

Состав и сроки наблюдений за этими элементами излагаются ниже в отдельных разделах настоящей главы. При этом наблюдения на больших и средних реках регламентируются данным выпуском Наставления и Наставлением, вып. 2, ч. II, тогда как наблюдения на малых реках за уровнем и стоком воды ведутся в соответствии с Наставлением, вып. 6, ч. II, а все остальные виды наблюдений — по данному выпуску и вып. 2, ч. II. Состав и сроки метеорологических наблюдений, выполняемых на гидрологических постах, излагаются в Наставлении, вып. 2, ч. I.

Состав и сроки наблюдений на озерных постах, прикрепленных к гидрологической станции, определяются Наставлением, вып. 7, ч. I.

На отдельных гидрологических постах по заданию УГМС могут проводиться специальные наблюдения за русловым процессом, тепловым стоком, режимом подземных вод и др., порядок произведения которых определяется специальными программами, методическими указаниями и инструкциями.

Конкретный состав наблюдений и оперативной информации на каждом посту в соответствии с его типом (разрядом) определяется годовыми планами УГМС.

1.1.6. Основная сеть гидрологических постов ГУГМС и ведомств является составной частью системы Государственного учета вод и их использования. Результаты наблюдений этой сети включаются в фонд данных на технических носителях и гидрологические ежегодники ГВК.

1.1.7. Гидрологические и озерные посты, производящие наблюдения за качеством воды, входят в общегосударственную систему контроля за внешней средой. Состав и сроки наблюдений за качеством воды в рамках этой системы и порядок передачи оперативной информации определяются специальным Положением и отдельной инструкцией.

1.1.8. В целях планомерного изучения гидрологического режима рек и водоемов УГМС (с участием Г-I) составляют перспективные (на 15—20 лет), пятилетние и годовые планы развития и рационализации гидрологической сети на основе методических рекомендаций ГГИ, а также планы исследовательских работ по изучению региональных особенностей режима рек и водоемов.

При составлении планов УГМС руководствуются текущими и перспективными запросами и потребностями народного хозяйства, связанными с использованием водных ресурсов, потребностями службы гидрологических прогнозов в оперативной информации для составления и проверки гидрологических прогнозов. УГМС, ГМО и Г-I обязаны систематически изучать перспективы народнохозяйственного развития района и связанного с ним водохозяйственного строительства для того, чтобы организация новых станций и постов и расширение состава наблюдений на действующих постах осуществлялись с расчетом заблаговременного получения необходимых гидрологических характеристик за достаточно длительный период наблюдений.

1.1.9. Открытие и закрытие гидрологических станций и постов производится в порядке, определяемом приказами и указаниями ГУГМС.

1.1.10. Сеть гидрологических пунктов наблюдений (постов) ГУГМС подразделяется на основную и специальную.

Основная сеть состоит из пунктов наблюдений, действующих постоянно (реперные посты) или длительное время (периодические посты) и работающих по унифицированным программам (в зависимости от разряда и индекса поста) и методам наблюдений. Она предназначена для изучения пространственно-временных закономерностей гидрологического режима (естественного и измененного), государственного учета водных ресурсов и влияния на них хозяйственной деятельности, обеспечения службы прогнозов и народного хозяйства режимной и оперативной информацией о водных объектах, эксплуатации водных ресурсов и управления ими.

Реперные (вековые) посты действуют постоянно и предназначены для изучения многолетних и вековых колебаний и изменений гидрологического режима рек и водоемов под влиянием климатических и хозяйственных факторов, а также для приведения к длинному ряду наблюдений остальных гидрологических постов. Часть реперных постов размещается на территории государственных заповедников или специальных гидрологических заказчиков для наблюдений в гарантированных естественных условиях (заповедные реперные посты).

Реперные посты могут быть закрыты лишь в особо исключительных случаях. На реперных постах должны в первую очередь обеспечиваться бесперебойность, надежность и высокое качество наблюдений.

Периодические посты — посты с ограниченным сроком (периодом) действия — обеспечивают детализацию (пространственную интерполяцию) гидрологических характеристик по территории. Они могут быть круглогодичными и сезонными. Сезонные посты организуются на пересыхающих и перемерзающих реках, а также для целей изучения пространственного распределения максимального и минимального стока (в том числе на базе кругло-

годичных постов после накопления достаточного ряда наблюдений за годовым стоком).

Специальные посты организуются ГУГМС и ведомствами для решения научных или локальных практических задач (оповещения об особо опасных гидрологических явлениях, эксплуатация водных объектов и т. п.), когда эти задачи не могут быть обеспечены постами основной сети. Специальные посты проводят наблюдения по специальным программам и могут быть закрыты после решения поставленных задач по согласованию с НИГМИ-куратором и ГГИ (посты специализированных станций) или с заинтересованными организациями (посты оповестительного и эксплуатационного назначения).

1.1.11. По основным задачам и способам доведения информации до потребителя посты ГУГМС подразделяются:

1) на режимные, предназначенные в основном для получения режимной информации;

2) на оперативно-режимные, предназначенные для получения режимной и оперативной информации;

3) на оперативные, предназначенные в основном для получения оперативной информации.

Это деление, однако, является условным, так как с приданием режимному посту средств и линий связи он становится оперативным. Данные наблюдений, получаемые на оперативных постах, как правило, используются для целей изучения гидрологического режима.

Вторая и третья группы образуют категорию информационных постов, т. е. постов, привлеченных к передаче информации о текущем состоянии водных объектов по каналам оперативной связи (телефон, телеграф, телетайп, радио) для оповестительных, прогностических или эксплуатационных целей. Период (внутри года), состав и сроки передачи оперативной информации определяются заданиями УГМС.

Порядок кодировки и передачи оперативной информации и доведения ее до потребителей регламентируется кодом КН-15 и «Руководством по оперативному гидрометеорологическому обслуживанию народнохозяйственных организаций», ч. I.

1.1.12. Для изучения региональных (азональных) особенностей гидрологического режима могут быть дополнительно организованы временные (экспедиционные) посты с периодом действия 3—5 лет (круглогодичные или сезонные).

1.1.13. Гидрологические посты оснащаются измерительными устройствами и приборами для производства наблюдений наблюдателями, а также автоматическими приборами и устройствами. По мере автоматизации гидрологических наблюдений все большее распространение будут получать полностью или частично автоматизированные посты, что повлечет за собой перестройку организации гидрологических наблюдений и работы гидрологической станции.

1.1.14. Автоматизированные посты подразделяются на обслуживаемые, т. е. посты с наблюдателем, необслуживаемые, работающие в автономном режиме (полная автоматизация), и посты смешанного типа, где ежедневные наблюдения (уровень, температура воды, атмосферные осадки) выполняются автоматическими устройствами, а измерение расходов воды, наносов, снегосъемки и некоторые другие работы выполняются разъездными гидрометрическими отрядами.

1.1.15. Ряд наблюдений на постах (измерение расходов воды) по длине реки (ледовая обстановка и толщина льда) или на водосборе (снежный покров) полностью или частично (в сочетании с наземными наблюдениями) выполняются аэрометодами силами специальных подразделений УГМС.

1.2. СОСТАВ РАБОТ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ I РАЗРЯДА

1.2.1. Состав работ

1.2.1.1. Гидрологические станции I разряда организуют и производят гидрологические наблюдения и связанные с ними работы на прикрепленных постах; осуществляют техническое руководство работой этих постов, обработку и обобщение материалов наблюдений; выполняют специальные и исследовательские работы; осуществляют обеспечение народного хозяйства материалами и сведениями по гидрологическому режиму.

1.2.1.2. В состав работ по организации наблюдений входит:

— организация новых постов и видов наблюдений на действующих постах в порядке, устанавливаемом УГМС (включая обследование участков постов, изыскания под установку приборов и измерительных устройств, установку оборудования; последнее — совместно с гидрометнаблюдателем и РВП);

— подбор, обучение и контроль за работой наблюдателей постов;

— установка (совместно с монтажно-ремонтной партией УГМС и наблюдателем или самостоятельно) приборов и средств автоматизации, их профилактика и текущий ремонт;

— капитальный ремонт постового оборудования (при участии наблюдателя);

— обеспечение постов бланковым материалом, оборудованием и приборами, инвентарем, а также другими материалами и средствами, необходимыми для производства наблюдений;

— непосредственное выполнение гидрометрических (контрольные замеры), топографических и гидрологических работ на прикрепленных постах;

— производство наземных работ в створах определения расходов воды аэрометодами (маркировка участка, определение

коэффициента перехода от фиктивного расхода к действительному).

1.2.1.3. Техническое руководство работой прикрепленных постов и обработка материалов наблюдений включает:

— систематический контроль за выполнением плана и качеством наблюдений и оперативной информации;

— техническую инспекцию постов;

— ежемесячную проверку (выборочно или полностью), текущий анализ и оценку материалов наблюдений;

— обработку и перфорацию материалов наблюдений;

— подготовку таблиц и текста гидрологических ежегодников, входящих в состав «Водного кадастра СССР».

Примечание. По мере внедрения автоматизированной системы сбора и обработки информации функции обработки материалов и подготовки «Водного кадастра СССР» постепенно будут переходить в территориальные и региональные гидрометцентры.

1.2.1.4. Специальные работы включают:

— сбор и систематизацию сведений о природных условиях и гидрологической изученности территории деятельности гидрологической станции;

— сбор сведений и систематический учет водопользования на территории деятельности станции (включая сведения о водозаборах и сбросах);

— обследование водных объектов (участков), где имели место особо опасные гидрологические явления;

— определение критических отметок уровней воды (расходов), при которых возникает угроза затопления населенных пунктов и народнохозяйственных объектов;

— проведение гидрографических обследований и экспедиционных работ (согласно планам УГМС);

— составление водных балансов речных бассейнов, русловых водных балансов и водных балансов озер и водохранилищ в соответствии с методическими указаниями и руководствами;

— гидрологическое обеспечение гидрохимических наблюдений и обследований по программе загрязнения, проводимых вне гидрологических постов (измерения или расчет расходов воды при отборе проб, расчеты ежедневных расходов воды и др.);

— производство специальных наблюдений (на постах и вне их) прикладного или научного назначения (по заданию УГМС);

— испытание новых приборов и методов наблюдения (по заданию УГМС).

1.2.1.5. В состав работ исследовательского характера входят:

— анализ репрезентативности пунктов наблюдений;

— анализ полноты и надежности материалов наблюдений;

— выявление дублирующих постов в порядке рационализации сети;

— методические проработки (включая экспериментальные наблюдения и измерения), направленные на определение точности,

оптимизацию частоты, объема и способов выполнения измерений (в том числе применительно к задачам автоматизации наблюдений и перехода на выполнение измерений силами РГО, а также автоматизации сбора и обработки информации) в соответствии с рекомендациями настоящего Наставления и методическими указаниями;

— изучение региональных особенностей гидрологического режима и влияния хозяйственной деятельности (по специальным программам, см. также п. 1.2.8);

— участие в тематических исследованиях ГМО и НИИ ГУГМС.

1.2.1.6. Основными задачами гидрологической станции, наряду с обеспечением полноты и качества стандартных наблюдений на постах, являются проведение методических исследований по установлению оптимальной точности и частоты измерений расходов воды и наносов в связи с автоматизацией наблюдений и обработки результатов, учет водопользования и оценка его влияния на сток, внедрение средств автоматизации с переходом на новую систему организации наблюдений и работ.

1.2.2. Наблюдения за стоком воды

1.2.2.1. Гидрологические станции организуют и ведут планомерное изучение стока воды рек (в том числе зарегулированных). Учет стока воды в створах сооружений гидроэлектростанций, а также учет количества воды, забираемой из рек и водохранилищ на орошение и другие хозяйственные нужды, осуществляется соответствующими ведомственными организациями. Гидрологические станции контролируют работу гидрологических постов, принадлежащих различным министерствам и ведомствам.

Изучение и учет стока производится на основании измерений расходов воды следующими способами:

а) по кривым расходов, выражающим связь между расходом и уровнем, при систематическом измерении уровня;

б) по расчетным зависимостям между расходом, уровнем и уклоном водной поверхности, при систематическом измерении уровня и уклона;

в) по измеренным расходам, если зависимости, перечисленные в пунктах а и б, не устанавливаются с достаточной надежностью;

г) с использованием протарированных водопропускных и водозаборных гидротехнических сооружений (турбинных трактов, водосбросных отверстий, шлюзов-регуляторов и т. п.) при систематическом измерении напора, степени открытия затворов, направляющего аппарата турбин и выработки энергии.

1.2.2.2. Возложение на гидрологическую сеть ГУГМС функций государственного учета вод предъявляет повышенные требования к точности данных гидрологических наблюдений, которые характеризуются систематическими и случайными погрешностями.

Под систематическими погрешностями понимаются такие, которые при многократном измерении одной и той же величины в неизменных условиях сохраняются постоянными, либо изменяются по определенному закону. Обычно их можно учесть при обработке.

Под случайными погрешностями понимаются такие, которые при многократном измерении не остаются постоянными; они зависят от ряда неизвестных факторов, от применяемого метода измерений, условий среды и т. д. Их оценка может осуществляться только статистически.

По своему происхождению различают следующие виды погрешностей:

— инструментальная погрешность, представляющая собой отклонение (разность) показаний прибора после введения всех поправок от действительной величины, измеряемой эталонным прибором (систематическая погрешность);

— погрешность методики и условий наблюдений, обусловленная несовершенством способа наблюдения, погрешностью установки прибора, ошибкой отсчета и т. д., а также тем, что наблюдения производятся в разных условиях;

— погрешности, обусловленные дискретностью измерений, возникающие при осреднении наблюдений по месту и времени.

Два последние вида погрешностей относятся к разряду случайных.

Все эти погрешности, рассматриваемые в совокупности, составляют погрешность наблюдения, которая представляет собой разность между измеренной величиной и действительным значением измеряемого параметра в данном месте и в определенный момент наблюдений.

Так как в гидрометрической практике случайные и систематические погрешности проявляются совместно, причем далеко не всегда оказывается возможным выделить систематические погрешности, то условно считают, что они ведут себя подобно случайным. Поэтому обычно оценивается суммарное значение систематических и случайных погрешностей. Как правило, распределение случайных погрешностей измерения гидрометеорологических элементов следует закону нормального распределения Гаусса. В соответствии с этим законом вероятность того, что значения погрешности находятся в пределах средней квадратической погрешности σ, составляет 68%; в пределах 2σ находится 95%, а в пределах 3σ — 99,7% всех значений погрешности.

Таким образом, точность наблюдений можно выразить через величину средней квадратической погрешности.

В качестве предельной погрешности в гидрометрии обычно принимают погрешность обеспеченностью 95%, т. е. величину, равную 2σ. Это означает, что из 20 измерений лишь одно измерение может иметь погрешность, большую 2σ.

Поскольку при увеличении количества взятых отдельных измерений случайные ошибки взаимно компенсируются (имея разные знаки), погрешность наблюдения того же элемента при многократном его измерении уменьшается в $\sqrt{n}$ раз (n — число измерений). То же будет происходить и при временном осреднении результатов наблюдений (например, за сутки, месяц и т. д.).

Точность характеристик стока (ежедневных, декадных, месячных и годовых расходов воды) зависит как от погрешности измерения, так и методов обработки их результатов.

При определении расходов погрешность измерительных приборов в большинстве случаев уступает по величине погрешности метода. Погрешности измерения расходов воды в обычных условиях складываются из погрешностей измерения глубины, средних скоростей течения на вертикалях, погрешности, вызванной выбором определенного числа скоростных вертикалей, приведения расхода воды к расчетному уровню, из погрешностей, вызванных влиянием неблагоприятных условий измерения расхода (погода, засоренность потока и т. п.).

На равнинных реках случайная погрешность измерения расхода воды при числе вертикалей более 10 и благоприятных условиях невелика, 1—3%. В половодье и паводочные периоды при неблагоприятных условиях она может достигать 8—9%. На горных реках случайная погрешность измерения расхода воды в благоприятных условиях находится в тех же пределах (1—3%), а на некоторых реках с крупновалунным дном и бурным течением возрастает до 7%. Примерные данные о точности измерения расхода воды применительно к различным условиям производства работ приводятся в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Относительные случайные среднеквадратические погрешности (в процентах) измерения расхода воды основным способом в зависимости от числа скоростных вертикалей

Характеристика объекта	Число скоростных вертикалей			
	10	15	20	25
Русло без поймы	3,0/2,0	2,5/1,5	2,0/1,5	2,0/1,0
Русло с поймой	5,0	4,0	3,5	3,0
Заросшее русло	3,0/6,0	2,5/5,5	2,0/5,0	2,0/4,5
Ледостав	4,5	4,0	3,5	3,0
Ледостав, русло зашуговано не более чем на 25%	8,0	6,5	5,5	5,0

Характеристика объекта	Число скоростных вертикалей			
	10	15	20	25
Горные реки с относительно чистым руслом и спокойным течением	3,5/3,0	2,5/2,0	2,5/2,0	2,0/2,0
Горные реки с валунным руслом и бурным течением	5,0/6,5	4,0/5,0	3,5/4,5	3,0/4,0
Реки с интенсивной деформацией русла	8,5/5,0	7,0/4,0	6,0/3,5	5,5/3,0

Примечание. Числитель — погрешность измерения расхода воды в паводок, знаменатель — то же в летнюю межень; для русла с поймой — только паводок.

1.2.2.3. Одной из задач гидрологических станций, ведущих планомерное изучение и учет речного стока, является проведение систематических исследований с целью выяснения действительной точности измерений и величины учтенного стока воды и принятия необходимых мер для повышения точности измерений.

Программа и план этих исследований устанавливаются ГМО с участием научно-исследовательских учреждений в общих чертах для ряда типичных случаев, а конкретно для каждого створа — самой станцией, сообразуясь с принятым способом учета стока, режимом водотока и реальными возможностями станции в отношении оборудования и материальных средств.

Применительно к наиболее распространенным способам учета стока исследования точности заключаются в определении:

1) погрешностей, получающихся при отсчете высоты уровня воды по водомерной рейке при различных состояниях волнения, разных расходах воды с применением защиты и без защиты рейки;

2) разницы одновременных отсчетов высоты уровня воды по рейкам, установленным в створе на одном и другом берегу (при наличии криволинейности русла в плане), при различных состояниях волнения, разных расходах;

3) погрешностей измерения глубины на вертикали наметкой и лотом, также грузом на стальном канате, со шлюпки на якоре, со шлюпки с хода при различных состояниях волнения, разных расходах и глубинах;

4) погрешностей, получающихся при определении площади водного сечения, применяя разные способы промера, наиболее подходящие для данных условий, при различном числе промерных точек, при разных состояниях режима реки;

5) погрешностей, получающихся при измерении средней скорости течения в отдельной точке и на отдельной вертикали способом, наиболее подходящим для данных условий; вертушкой по измерениям в 1, 2, 3, 5, 6 и более точках, интеграционно, со

стального каната и на штанге, при очень малой глубине и малой скорости; поплавками поверхностными, глубинными и пр.;

6) погрешностей, получающихся при измерении расхода воды вертушкой по большому и малому числу вертикалей (многоточечный, основной и сокращенный способы) при разных состояниях режима;

7) косины струй в гидрометрическом створе при разных расходах и состояниях режима и погрешностей величин расхода воды, которые могут получиться вследствие неучтенной косины, а также при неучтенном угле относа каната;

8) расхождения в величинах расхода воды, одновременно измеренных разными способами, целесообразными в условиях данного гидрометрического створа.

Кроме того, в процессе исследования выясняется:

1) характер колебаний уровня воды в течение суток при разных состояниях режима и необходимая частота измерений уровня;

2) вид зависимости расхода воды от уровня для нескольких наиболее характерных случаев неустановившегося движения в периоды прохождения волн паводков и погрешности, которые могут возникнуть в значениях учтенного стока при той или иной схематизации представлений о явлениях неустановившегося движения воды в русле, в частности, принимая движение установившимся;

3) режим деформаций русла и степень изменения установленной зависимости расхода воды от уровня, а также достаточная частота контрольных измерений расхода воды;

4) режим переменных сопротивлений, возникающих в результате развития водной растительности и ледяных образований в русле, погрешности учтенных значений стока, которые могут возникнуть при той или иной схематизации представлений об этих явлениях, а также частота измерений расхода и уровня, достаточная для учета стока за периоды наличия указанных сопротивлений;

5) причины, под влиянием которых постовые устройства (репер, сваи, опоры реек и др.) изменяют свое высотное положение (ежегодное замерзание и оттаивание грунта, переувлажнение грунта, оползание берега и др.); режим изменений высот устройств и оптимальные сроки контрольных нивелировок, т. е. такие сроки, когда могут быть зафиксированы с наибольшей вероятностью переломные моменты в ходе изменения высот.

1.2.2.4. Гидрологические станции обязаны для всех прикрепленных гидростворов установить и по мере необходимости систематически корректировать достаточную для надежного вычисления стока частоту наблюдений — измерений каждого элемента режима из числа тех, на которых основывается подсчет стока, т. е. частоту измерений расхода воды, частоту регистрации уровня воды и другое в различные фазы режима реки.

Как правило, оптимальная частота измерений не может быть установлена для данного поста сразу, а вырабатывается постепенно в ходе его работы, по мере изучения режима водотока и накопления материалов наблюдений и результатов вычисления стока. В целях скорейшего установления оптимальной частоты и порядка измерений расходов на вновь открываемых постах, а также на постах, ранее производивших только уровенные наблюдения и приступивших к наблюдениям за стоком, в начальный период работы поста (в течение 1—2 лет) расходы измеряются с частотой, заведомо превышающей оптимальную.

Полученные в этот период работы поста результаты измерений подлежат анализу, при котором следует обращать внимание на гидравлические особенности потока при той или иной фазе режима, в частности, на изменение уклона водной поверхности при прохождении паводка, на явления переменного подпора со стороны водоприемника или впадающих ниже притоков, на колебания уровня вследствие влияния водной растительности и появления ледяных образований. При анализе следует выяснить также влияние деформаций русла на связи между расходом и уровнем, установить периоды относительной устойчивости русла и периоды резких деформаций в зависимости от величины расхода.

Таким путем в сравнительно короткое время достигается достаточно детальное изучение характера связей между расходом и уровнем в различные фазы режима реки, которое позволит уточнить последующие порядок и достаточную частоту измерений применительно к конкретным условиям створа.

В тех случаях, когда на действующих постах материалы наблюдений и вычисления стока недостаточны для установления оптимальной частоты и порядка измерений, на них также должны быть проведены в течение некоторого периода учащенные измерения.

В табл. 1.2 приведены ориентировочные данные о достаточной в среднем частоте измерений, которые могут оказаться полезными

Таблица 1.2

Ориентировочные сроки измерения уровней и расходов воды

Характеристика режима	В среднем достаточная частота регистрации уровня воды	В среднем достаточная частота опорных измерений расхода воды
Половодье и паводки		
Весеннее половодье в виде плавной одиночной волны, значительно растянутой во времени. Характерно для незарегулированных больших равнинных рек	В 8 и 20 ч ежесуточно	4—5 измерений на подъеме и 5—8 измерений на спаде приблизительно через равные приращения уровня воды

Характеристика режима	В среднем достаточная частота регистрации уровня воды	В среднем достаточная частота опорных измерений расхода воды
Весеннее половодье в виде одиночной быстроточной волны. Характерно для рек полупустынной и степной зон СССР	Самописец уровня или в 8 и 20 ч ежесуточно и, кроме того, между этими сроками через равные промежутки времени через 1, 2, 4 ч	То же
Половодье и дождевые паводки в виде ряда следующих одна за другой волн разной высоты и продолжительности. Характерно для рек Восточной Сибири, Дальнего Востока, а также для рек Причерноморья и некоторых других	То же	Одно измерение через 5—7 суток и, кроме того, 1—3 измерения на подъеме и 2—3 измерения на спаде каждого значительного паводка
Половодье в виде сравнительно мелких и частых волн, наложенных наподобие «гребенки» на значительно растянутой общей волне. Характерно для рек Средней Азии и Кавказа	»	Одно измерение через 4—5 суток, а в период интенсивной деформации русла, выражающейся в его блуждании, одно измерение через 1—2 суток
Период весеннего половодья небольших рек, когда вода течет в ледяном или снежном русле, постепенно углубляющемся	В 8 и 20 ч ежесуточно и, кроме того, между этими сроками через равные промежутки времени	Одно-два измерения в течение суток
Межень		
Сравнительно длительный период незначительных колебаний стока, наступающий после весеннего половодья на равнинных реках	В 8 и 20 ч ежесуточно	Одно измерение через 7—10 суток
Одиночные дождевые паводки в период межени на крупных равнинных реках	В 8 и 20 ч ежесуточно и, кроме того, между этими сроками через равные промежутки времени	Одно-два измерения на подъеме и 2—3 — на спаде каждого значительного паводка
Период с наличием ледяных образований		
Шугоход и ледоход перед длительным ледоставом и ледоход весенний, особенно в случае возможности образования заторов и зажоров	В 8 и 20 ч ежесуточно и, кроме того, между этими сроками через равные промежутки времени	Наиболее часто, насколько это практически представляется возможным по условиям производства работ

Характеристика режима	В среднем достаточная частота регистрации уровня воды	В среднем достаточная частота опорных измерений расхода воды
Ледостав устойчивый и длительный при плавном изменении уровня	В 8 ч ежесуточно	Одно измерение через 10—20 суток
Период интенсивного развития наледи на небольших реках в области многолетней мерзлоты и глубокого промерзания	Измерения уровня воды не производятся, ведутся наблюдения за развитием наледи	Одно измерение через 20—30 суток
Неустойчивая ледовая обстановка в течение всей зимы — ледоходы, шугоходы, кратковременные ледоставы сменяются сравнительно длительными периодами «чисто», бывают паводки от дождей и таяния снега. Характерно для рек южных районов Европейской территории СССР, Кавказа и частично для района Прибалтики	В 8 и 20 ч ежесуточно и, кроме того, во время паводков дополнительно через равные промежутки времени	Одно измерение через 7—10 суток и, кроме того, по 1—2 измерения на подъеме и спаде каждого значительного паводка

при установлении опытным путем, как указано выше, оптимальной частоты наблюдений для конкретного гидрометрического створа.

При наличии многолетних кривых зависимости расхода от уровня, однозначных или петлеобразных (при прохождении волны паводка), установленных на основании всего предшествующего периода наблюдений на действующих постах или в течение начального двухлетнего периода действия вновь открытых постов (Наставление, вып. 6, ч. III, глава 5), в дальнейшем выполняются контрольные измерения, обычно проводимые ежегодно или через 2 года в зависимости от результатов предыдущих контрольных измерений.

1.2.3. Наблюдения за уровнем воды

1.2.3.1. Наблюдения за уровнем воды на реках, как правило, связаны с общей задачей учета стока (на ГП-I), но в отдельных случаях могут иметь самостоятельное значение (на постах, расположенных на судоходных реках и каналах, вблизи крупных населенных пунктов, промышленных объектов, транспортных и гидротехнических сооружений, в местах водозабора для водоснабжения промышленных предприятий или для орошения и обводнения и т. д.).

1.2.3.2. Наблюдения за уровнем воды на гидрологических постах, ведущих учет стока, производятся в сроки применительно к указанным в табл. 1.2.

В период пересыхания реки в створе поста измерения высоты уровня, естественно, прекращаются, но участок поста ежедневно в утренний срок обследуется наблюдателем. Если пост расположен в плёсе и при пересыхании водотока оказывается в водоеме со стоячей водой, измерение высоты уровня продолжается в утренний срок, но не ежедневно, а через 1—3 суток или вовсе прекращается (по согласованию со станцией) в зависимости от размеров и хозяйственного использования водотока.

При промерзании реки в створе поста измерение высоты уровня, как и при пересыхании, прекращается, но посещение поста наблюдателем должно продолжаться. При устойчивой (без оттепелей) морозной погоде пост должен посещаться каждые 5—15 суток (по указанию станции), а при наступлении оттепелей — ежедневно, чтобы не упустить момент возобновления стока. Если после промерзания водотока пост оказывается в водоеме со стоячей водой, измерение высоты уровня продолжается в утренний срок, но не ежедневно, а через 5—10 суток или вовсе прекращается (по согласованию с УГМС).

В этом случае, если при промерзании или пересыхании водотока пост оказывается в водоеме со стоячей водой, для того чтобы не упустить момент возобновления или прекращения стока, станция указывает наблюдателю значение высоты уровня воды на посту, при достижении которой наблюдатель должен ежедневно обследовать нижележащий промерзающий или обсыхающий перекат в целях более точного определения момента возобновления или прекращения стока.

Во всех случаях появления стока после выпадения дождей, при оттепелях или в результате весеннего снеготаяния измерение высоты уровня немедленно возобновляется и производится в два срока или учащенно.

1.2.3.3. Наблюдения за уровнем воды на постах, не ведущих учета стока, но имеющих при этом самостоятельное значение производятся ежесуточно в 8 и 20 ч и в дополнительные сроки (по указанию УГМС, ГМО), устанавливаемые при необходимости в каждом случае особо для отдельных периодов года в зависимости от назначения данного поста. Если в течение 2—3 лет наблюдений на таких постах выявлено, что в период межени (летней и зимней) уровень устойчив, то (по согласованию с ГМО) наблюдения за уровнем в этот период могут производиться один раз в сутки в 8 ч. Наблюдения должны быть выполнены при любых экстремальных значениях уровня.

1.2.3.4. На постах, оборудованных самописцами, контрольные измерения производятся:

— при самописцах суточного действия типа «Валдай» и др. один или два раза в сутки (8 или 8 и 20 ч);

— при самописцах длительного действия типа 501, ГР-38 и др. в зависимости от масштаба записи времени один раз в двое суток, неделю, две недели или месяц.

1.2.4. Наблюдения за стоком наносов

1.2.4.1. Изучение стока наносов производится на станциях и постах в соответствии со стандартной программой для гидрологических постов (Наставление, вып. 2, ч. II, § 5).

Основой для изучения и учета стока наносов являются наблюдения за взвешенными, влекомыми и донными наносами.

Наблюдения за взвешенными и донными наносами производятся на всех станциях и постах, на которых ведется учет стока наносов. Наблюдения за влекомыми наносами ведутся на ограниченном числе станций по специальным указаниям УГМС (пп. 12.2.6.1—12.2.8.3).

Результаты наблюдений за наносами должны дать следующие их характеристики:

а) годовой сток взвешенных и влекомых наносов и распределение его внутри года;

б) гранулометрический состав взвешенных, влекомых и донных наносов;

в) содержание органических включений в составе взвешенных и донных наносов;

г) плотность частиц донных наносов и плотность донных наносов в естественном залегании.

Для получения указанных характеристик наблюдения за наносами включают следующие виды работ:

а) отбор единичных проб воды на мутность;

б) отбор проб воды на мутность по живому сечению для определения расхода взвешенных наносов и содержания в них органических включений;

в) отбор контрольных единичных проб воды на мутность при измерении расходов взвешенных наносов;

г) отбор проб для определения гранулометрического состава взвешенных, влекомых и донных наносов, а также для определения плотности частиц донных наносов и их плотности в естественном залегании.

1.2.4.2. Единичные пробы воды на мутность берутся, как правило, ежедневно в сроки водомерных наблюдений один (в 8 ч), два (в 8 и 20 ч), иногда учащенно — несколько раз в сутки. Односрочные наблюдения за мутностью производятся на всех реках, предназначенных к изучению стока наносов в период устойчивой летней и зимней межени и в период половодья только на больших реках при плавном нарастании уровня. Двухсрочные наблюдения производятся в периоды половодья и паводков на равнинных реках с площадями водосборов более 1000 км² и на горных реках с водосборами более 5000 км² при отсутствии в течение суток резких подъемов и спадов уровня воды. При наличии резких колебаний уровня воды в течение суток на средних равнинных и горных реках также предусматривается проведение многосрочных наблюдений. На реках с меньшими площадями водо-

сбора, где наблюдается суточный ход уровня, производятся многосрочные наблюдения за мутностью.

На малых реках в периоды кратковременных паводков учащенные наблюдения за мутностью производятся через 1 ч.

Оптимальные сроки наблюдений за мутностью в периоды половодья и паводков выбираются станцией на основании изучения суточного хода мутности по учащенным наблюдениям (см. п. 12.2.2).

Единичные пробы следует брать учащенно также на участках рек с зарегулированным водохранилищами режимом в периоды попусков.

В периоды устойчивой летней и зимней межени, когда значение мутности не превышает 50 г/м^3 и суммарный за период сток взвешенных наносов составляет менее 5% годового его значения, измерения ежедневной мутности не производятся.

Отбор ежедневных проб воды на мутность возобновляется сразу же с начала весеннего подъема уровня воды и при прохождении летних паводков.

1.2.4.3. Количество измерений расходов взвешенных наносов в течение года назначается в зависимости от режима реки и изученности стока наносов на данном посту. В среднем число измерений расходов наносов в первые 2—3 года наблюдений на равнинных реках назначается не менее 15—20, а на горных реках в первые 3—5 лет наблюдений — до 20—30 расходов. В последующие годы на основании анализа материалов наблюдений оно может быть уменьшено.

Наибольшее количество измерений расходов наносов должно производиться в период половодья и паводков, когда в реках переносится наибольшая доля годового стока наносов.

На равнинных реках с весенним или летним половодьем в первые 2—3 года наблюдений в течение половодья должно производиться не менее 8—10 измерений, по возможности равномерно распределенных по амплитуде уровня и фазам подъема и спада половодья.

При наличии дождевых паводков каждый из них освещается измерением по одному расходу на подъеме и спаде.

В летнюю межень в первые 2—3 года измерения расходов наносов производятся 1 раз в месяц и в зимнюю межень по одному расходу в 1—2 месяца в зависимости от мутности воды в реке.

На горных реках, обычно характеризующихся паводочным режимом, в первые 3—5 лет наблюдений измерения распределяются равномерно в течение всего паводочного периода с обязательным освещением фаз подъема и спада отдельных паводков.

Если в результате первых лет наблюдений выявится устойчивая связь между средней мутностью потока (по измеренному расходу наносов) и мутностью единичных контрольных проб, то в последующие годы производятся лишь контрольные измерения расходов наносов, приурочиваемые преимущественно к пе-

риоду половодья. Количество контрольных измерений в году и их повторность (ежегодно или через 1—2 года) устанавливаются станцией для каждого конкретного створа в зависимости от вида и степени устойчивости связи между средней мутностью потока и мутностью единичных контрольных проб.

При сильно деформирующемся русле, когда связь между средней мутностью потока и мутностью единичных контрольных проб не выявляется, следует производить учащенные измерения расходов наносов (4—6 в месяц) в зависимости от режима реки для возможности вычисления ежедневных расходов наносов путем интерполяции между измеренными значениями средней мутности.

В том случае, когда на основании не менее трех лет наблюдений на равнинных реках и пяти лет на горных реках установлено, что сток наносов в периоды устойчивой летней и зимней межени составляет суммарно не более 5% годового стока наносов, измерение расходов наносов в эти периоды прекращается.

Если за эти периоды сток наносов превышает 5% годового, то из общего периода летней и зимней межени следует выделить и рассмотреть отдельно зимний период, если он продолжается не менее трех месяцев. В том случае, если за этот период сток наносов составляет менее 5% годового, то измерения расходов в течение зимы прекращаются.

1.2.4.4. Определение относительного содержания органических веществ производится на каждом посту, ведущем наблюдения за стоком взвешенных наносов. Число определений органических включений должно быть порядка 30% количества измеренных расходов взвешенных наносов в году. Эти определения должны осветить все периоды режима реки.

1.2.4.5. Пробы для определения гранулометрического состава взвешенных наносов берутся на всех станциях и постах, на которых измеряются расходы взвешенных наносов.

Гранулометрический состав взвешенных наносов определяется 4—6 раз в год в зависимости от режима реки и мутности. При средней мутности потока в период половодья менее 50 г/м^3 определение крупности взвешенных наносов не производится, если на это не будет специального задания УГМС.

Пробы берутся в основном в периоды подъема, пика и спада половодья (по одному определению) и отдельных существенных паводков (одно-два определения), а также в периоды летней и зимней межени (по одному определению), если средняя мутность в эти периоды превышает 50 г/м^3.

1.2.4.6. Изучение влекомых наносов на равнинных реках осуществляется путем определения параметров донных гряд на прямолинейном участке реки. В течение года выполняется 4—6 серий определения высоты гряд и скорости их перемещения. Эти измерения производятся в основном в период половодья и продолжительных паводков. В межень производится одно определение (см. п. 12.2.8).

На горных незарегулированных реках измерения расходов влекомых наносов производятся батометрами-сетками. Количество измерений расходов влекомых наносов устанавливается в зависимости от режима реки, обычно не менее 10 измерений в год, с освещением периодов половодья и паводков (см. п. 12.2.6).

Измерение расходов влекомых наносов производится одновременно с измерением расхода воды и взвешенных наносов.

Для определения расходов влекомых наносов зарегулированных горных рек применяется суммарный способ, основанный на методе баланса наносов в водоеме (см. п. 12.2.7).

Пробы влекомых наносов для определения их гранулометрического состава отбираются из числа проб, взятых при измерении расходов влекомых наносов.

1.2.4.7. Для изучения донных наносов предусматривается применение различных приборов и способов на равнинных и горных реках с учетом специфики этих водных объектов.

Отбор проб донных наносов на равнинных реках производится 4—6 раз в году в разные фазы водного режима: на подъеме, пике и спаде половодья, в период летне-осенних паводков и в межень. Взятие проб донных наносов на гидростворе следует приурочивать к дням, когда берутся пробы взвешенных наносов для определения их гранулометрического состава. При мутности потока менее 50 г/м^3, когда определение гранулометрического состава взвешенных наносов не является обязательным (см. п. 1.2.4.5), отбор проб донных наносов приурочивается к дням измерения расходов взвешенных наносов.

Определение гранулометрического состава донных наносов горных рек производится 1—2 раза в году при низких уровнях в межень, когда достаточно хорошо просматривается дно или его часть на прибрежных участках, островах и косах, расположенных в районе поста.

На станциях и постах, где измеряются расходы влекомых наносов, одновременно также отбираются пробы донных наносов (равнинные реки) или определяется их гранулометрический состав по измерениям в полевых условиях (горные реки).

1.2.5. Наблюдения за температурой воды и воздуха

1.2.5.1. Наблюдения за температурой воды производятся на гидрологических постах по указанию станции (ГМО) и включают:

а) систематические измерения температуры воды в постоянной точке в створе гидрологического поста или в другом месте по указанию станции;

б) эпизодические специальные исследования на участке поста, связанные с выбором постоянного места измерений;

в) специальные измерения температуры воды, связанные с изучением явлений шугообразования и шугохода.

1.2.5.2. Систематические измерения температуры воды ведутся ежесуточно в 8 и 20 ч в период начиная с первых оттепелей и признаков таяния снега на льду весной и прекращаются осенью после 3—5 суток измерений при устойчивом ледоставе. В периоды оттепелей и временных нарушений ледяного покрова зимой наблюдения за температурой воды возобновляются.

На реках, где зимы характеризуются на всем своем протяжении неустойчивым ледовым режимом, без длительного устойчивого ледостава, а морозы чередуются с оттепелями, измерения температуры воды ведутся в течение всего года. На горных реках температура воды в период паводков при учащенных наблюдениях за уровнем измеряется также учащенно — при каждом измерении уровня.

1.2.5.3. Эпизодические специальные исследования производятся в первый год наблюдений для проверки правильности выбора места систематических измерений температуры воды, т. е. соответствия наблюденных значений температуры в постоянном месте измерений термическому режиму всей водной массы на участке поста.

Эти исследования состоят в производстве параллельных наблюдений в ряде точек стрежневой зоны по длине реки выше поста, а также в постоянном месте измерений у берега и на стрежне (в одном створе). Оба вида специальных исследований производятся в характерные фазы режима реки: в период половодья и в межень.

1.2.5.4. Наблюдения за температурой воды ведутся, кроме того, в составе специальных исследований на шугоносных реках при изучении условий шугообразования и шугохода. Измерения температуры воды в этом случае ведутся микротермометром с повышенной точностью (до 0,01° С) в сроки, устанавливаемые станцией в зависимости от метеорологической обстановки и режима реки.

1.2.5.5. Наблюдения за температурой воздуха производятся по указанию УГМС на некоторых гидрологических станциях и постах из числа тех, которые удалены от метеорологических станций на расстоянии свыше 30—50 км в зависимости от условий местности, и на таких станциях и постах, где сведения о температуре воздуха необходимы для службы гидрологических прогнозов или для других гидрологических исследований и расчетов.

Наблюдения за температурой воздуха производятся по сухому термометру аспирационного психрометра в соответствии с Наставлением, вып. 3, ч. I в сроки, устанавливаемые УГМС.

1.2.6. Наблюдения за ледовыми явлениями

1.2.6.1. Изучение ледового режима рек ведется на всех гидрологических станциях и постах, где могут наблюдаться ледовые явления (ежегодно или в отдельные годы).

1.2.6.2. Наблюдения за ледовой обстановкой организуются на тех гидрологических станциях и постах, на которых измеряется уровень воды, и ведутся на участке протяжением 0,2– 2,0 км ежедневно в тот период, когда на реке возможно появление ледяных образований.

Календарные сроки периода, в течение которого наблюдатель обязан записывать состояние реки независимо от того, имеются или отсутствуют на ней ледяные образования, назначаются станцией для рек определенного района исходя из многолетних данных о наиболее ранних (осенью) и поздних (весной) сроках наступления ледовых явлений на изучаемых реках с округлением до первого числа ближайшего месяца (с запасом).

Наблюдения ведутся в светлое время суток, по возможности во все основные и учащенные сроки измерений высоты уровня воды и дополнительно между ними в случаях быстрой смены гидрометеорологической обстановки и ледовых явлений.

1.2.6.3. Обследование ледовой обстановки в районе поста на участке бо́льшего протяжения, чем участок поста, производится преимущественно на гидрологических постах, ведущих наблюдения за стоком воды, и совмещается с выполнением паводочных (в период вскрытия) или осенних (в период замерзания) гидрометрических работ.

Обследование ведется по длине реки, выше и ниже гидрологического поста, на возможно большем протяжении: до 1—2 км на малых и до 3—5 км на средних и больших реках.

Сроки производства обследований ледовой обстановки (от одного раза в 3—5 дней до ежедневных) определяются гидрологической станцией и изменяются в зависимости от интенсивности развития ледовых явлений и колебания уровня воды на посту (если есть основание предполагать, что эти колебания вызваны не изменением водности, а ледовой обстановкой).

1.2.6.4. Наблюдения за толщиной льда в единичных точках на участке поста организуются на всех гидрологических станциях и постах, где наблюдается ледяной покров, и производятся наблюдателем на середине реки в створе поста или в другом месте по указанию станции.

Основными сроками производства измерений толщины льда при устойчивой зиме без оттепелей являются каждое 10, 20-е числа и последний день месяца.

В зимы с неустойчивыми морозами, чередующимися с оттепелями, толщина льда измеряется каждого 5, 10, 15, 20, 25-го числа и в последний день месяца.

После временных нарушений ледяного покрова (зимних вскрытий) наблюдения возобновляются в первый день безопасной ходьбы по льду, вне очередных сроков.

При толщине льда более 70 см измерения производятся ежедекадно, даже если наблюдались оттепели, но не было нарушения ледяного покрова.

Учащенные измерения (один раз в каждые пять дней) ведутся также:

а) на шугоносных реках со дня обнаружения подледной шуги до полного ее исчезновения;

б) на некоторых постах в течение всей зимы для целей гидрологических информаций и прогнозов (по указанию ГМО).

Одновременно с общей толщиной льда в точке измеряется толщина погруженного льда, слой снега на льду и толщина подледной шуги.

1.2.6.5. В особых случаях на участках рек, на которых в результате частых и значительных по объему наледей ледяной покров образуется в виде наледных полей и бугров, систематические измерения толщины льда на участке поста не ведутся. В этих случаях следует вести наблюдения за нарастанием наледного льда.

1.2.6.6. На участке зарегулированных рек, где учет стока воды производится в створах ГЭС, систематические измерения толщины льда в единичной точке организуются в верхнем бьефе плотины, вблизи нее. Наблюдения непосредственно на участках ниже плотин организуются только по заданию УГМС (ГМО).

1.2.6.7. Обследование толщины льда на участке поста (ледомерная съемка) производится на всех гидрологических станциях и постах, где ведутся систематические измерения наблюдателем толщины ледяного покрова, и имеют целью:

а) для рек с однообразными из года в год условиями формирования ледяного покрова выявить в результате съемок типичность выбранного места систематических измерений толщины льда для всего изучаемого участка реки;

б) для рек, на которых условия формирования ледяного покрова из года в год значительно меняются, дать основание для ежегодной оценки результатов систематических измерений толщины льда в единичной точке по сравнению с характером его залегания на всем изучаемом участке в данном году.

Ледомерные съемки на вновь открываемых постах производятся начиная с первого года их действия. На действующих постах подобные обследования производятся в том случае, если они не были выполнены ранее.

Очередность производства станцией ледомерной съемки на прикрепленных к ней постах устанавливается УГМС (ГМО) в зависимости от народнохозяйственного значения рек, на которых ведутся наблюдения.

1.2.6.8. Ледомерные съемки назначаются два раза в зиму: в начале ледостава при тонком льде, сразу после того, как ходьба по нему станет безопасной, и в конце зимы при наибольшей толщине ледяного покрова.

На реках районов, где условия формирования льда сравнительно однообразны и мало изменяются из года в год, ледомерная съемка на участке повторяется в течение двух-трех зим подряд

или в общей сложности, а затем прекращается. В дальнейшем съемки на этих постах повторяются с целью контроля один раз в 10 лет и, по указанию ГМО, в особо выдающиеся, необычные зимы (исключительно суровые или мягкие, много- и малоснежные и пр.).

На реках районов, где условия формирования льда непостоянны и значительно изменяются из года в год, после 2—3 лет проведения этих съемок в полном объеме они повторяются ежегодно, но по сокращенному количеству точек и профилей. Как правило, такие съемки ведутся в течение 10 лет, а при выявившейся большой изменчивости полученных данных и более продолжительное время (по заданию ГМО).

Ледомерную съемку на участках зарегулированных рек ниже плотин, где по заданию ГМО ведутся систематические измерения толщины ледяного покрова, рекомендуется производить ежегодно, согласно указаниям для рек и участков с неустойчивыми условиями формирования льда.

1.2.6.9. На малых реках (шириной менее 25 м при ледоставе) на участках без явно выраженных плёсов и перекатов в пределах до 1,5—2,0 км от поста сплошная ледомерная съемка по поперечникам заменяется ежедекадными наблюдениями за толщиной льда в пяти точках по длине реки.

При наличии на участке длиной до 1,5—2,0 км от поста ясно выраженных плёсов и перекатов ежедекадные измерения производятся отдельно на плёсовом и на перекатном участках в трех точках по длине реки на каждом из них.

Сроки производства ежедекадных измерений толщины льда на малых реках сохраняются в зависимости от условий формирования ледяного покрова на участке такие же, как и для ледомерных съемок на больших реках: эпизодически — в течение только 2—3 лет и в характерные зимы или ежегодно на протяжении 10 лет и более.

1.2.6.10. Специальные наблюдения за условиями образования шуги, за шугоходом, ледоходом, зажорами и заторами организуются по указанию ГМО на некоторых гидрологических станциях и постах, преимущественно на тех шугоносных реках, которым свойственно образование зажоров, и в первую очередь на участках, представляющих интерес для проектирования, строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений (мостов, ГЭС и др.).

В состав наблюдений за условиями шугообразования и за шугоходом входят:

1) производство в осенне-зимний сезон наблюдении за температурой воды микротермометром с целью выявить наличие переохлаждения в период ледообразования;

2) наблюдения за шугоходом, за густотой и степенью покрытия поверхности плывущей шугой, за количеством и скоростью движения шуги (льда).

1.2.6.11. В состав наблюдений за зажорами (заторами) входят:

1) наблюдения за уровнем воды в нескольких точках по длине зажорного участка для выявления характера колебаний уровня и определения уклонов водной поверхности в период зажора;

2) наблюдения за ледовой обстановкой и положением верхней кромки льда с целью получить характеристику процесса формирования зажора;

3) ледомерная съемка зажорного участка реки с целью определить размеры и форму тела зажора.

Для наблюдений за уровнем воды на зажорном участке и за уклонами водной поверхности на участке распространения зажора организуется несколько (пять-шесть) временных постов в местах характерных переломов продольного профиля реки. Наблюдения на этих постах ведутся с начала шугохода в разные сроки в зависимости от интенсивности зажорных явлений — от одного раза в 3—5 суток в начальный период шугохода до шести раз в сутки в период интенсивного формирования зажора при резких кратковременных колебаниях уровня, обычно связанных с подвижками ледяного покрова.

Наблюдения на постах прекращаются с наступлением устойчивого ледостава и рассасыванием зажора, когда на основном посту наблюдается систематическое понижение уровня в течение 2—3 суток.

С момента появления ледяных образований на участке ведутся наблюдения за ледовой обстановкой, согласно указаниям главы 10, которые прекращаются в те же сроки, что и наблюдения на временных постах. Наблюдения за положением кромки льда и за ее перемещением начинаются возможно раньше, когда она находится еще вне границ обследуемого участка. Местоположение кромки определяется относительно какого-либо ориентира на участке, условно принимаемого за начало отсчета расстояний по длине реки. В пределах участка такими ориентирами могут служить уклонные посты.

Ледомерные съемки на зажорном участке производятся дважды в зиму: вскоре после установления сплошного ледяного покрова и через 1—3 месяца для выявления убывания подледных масс шуги.

При организации наблюдений за зажорами для каждой реки и участка на ней разрабатываются особые план и программа работ применительно к местным особенностям гидрологического режима, размерам реки, предполагаемой протяженности участка зажора и прочим условиям конкретного объекта.

1.2.6.12. Разведка ледовой обстановки по длине больших рек с помощью самолетов производится УГМС с привлечением некоторых гидрологических станций по особому заданию преимущественно весной (перед вскрытием и в период ледохода)

и осенью (в период замерзания и в первые дни ледостава). Целью обследования является получение сведений о ледовых фазах реки для обеспечения гидрологических информаций, прогнозов и расчетов, а также для изучения особенностей ледового режима отдельных типичных рек.

Разведка ведется с самолета на участке до нескольких десятков и сотен километров по длине реки. В состав работ входит наблюдение за ледовой обстановкой (картирование) и аэрофотосъемка характерных ледовых образований.

План и программа обследования (протяженность участка, количество и сроки вылетов, степень подробности съемки и т. п.) разрабатываются в каждом отдельном случае особо в зависимости от цели обследования, размеров реки и участка, а также местных условий.

Предполагаемые сроки вылетов самолета на ледовую разведку заблаговременно сообщаются на сеть наблюдательных станций и постов, расположенных по трассе полета, для того чтобы в момент прохождения самолета над данным пунктом в последнем были произведены соответствующие наблюдения за ледовой обстановкой и измерена (или взята по ближайшему сроку наблюдений) толщина льда. Бортнаблюдатель при этом должен записать время прохождения самолета и производства наземных наблюдений.

Результаты наблюдений используются как исходные опорные данные при расшифровке сведений разведки с воздуха.

1.2.7. Наблюдения за химическим составом воды рек

1.2.7.1. В связи с организацией Общегосударственной службы наблюдений и контроля за загрязнением окружающей среды все пункты стационарной сети разделены на четыре категории в зависимости от значимости пункта, сложности и объема программы наблюдения, количества определяемых ингредиентов и показателей качества воды (подробнее см. главу 11).

1.2.7.2. На станциях (постах) проводятся наблюдения за химическим составом воды рек в пунктах категории 3 и 4 в соответствии с планом размещения сети пунктов и программой работ. В частности, на постах выполняются работы по отбору проб воды, проведению некоторых полевых химических определений, гидрологическому обеспечению этих работ, а также подготовке и отправке отобранных проб в лабораторию УГМС на полный химический анализ.

1.2.7.3. Сроки отбора проб для химического анализа и программа работ определяются категорией пункта наблюдений. В зависимости от категории пункта проводятся наблюдения ежедневные, ежедекадные, ежемесячные и в основные гидрологические фазы.

1.2.8. Изучение региональных особенностей гидрологического режима территории деятельности станции

1.2.8.1. Большое значение в деятельности гидрологической станции имеют специальные наблюдения и исследования, которые должны быть направлены на изучение гидрологического режима территории, на уточнение распределения по территории важнейших гидрологических характеристик, выявление роли азональных факторов и влияния хозяйственной деятельности, формирования и распространения ООЯ, исследование особенностей гидрологических процессов и явлений, изучение режима малых рек. В частности, большое значение имеет изучение:

— причин невязок стока по длине и в гидрографических узлах рек; исследование точности измерений на постах, производство периодических маршрутных измерений для оценки подземного водообмена и других факторов;

— распределения максимального и минимального стока по территории деятельности гидрологических станций с учетом роли азональных факторов (рельеф, гидрогеологические условия, карст, залесенность и др.);

— влияния мелиорации и агролесотехнических мероприятий на сток воды и наносов;

— распределения по территории и формирования выдающихся дождевых и снеговых паводков, маловодий;

— руслового процесса на участках рек, представляющих практический интерес;

— заторно-зажорных явлений, наледей;

— теплового загрязнения рек и водоемов;

— суточного хода мутности, минерализации и химического состава воды на горных реках;

— влияния прудов и лиманного орошения на сток малых рек в лесостепной и степной зонах (в частности, ежегодное определение суммарных объемов воды, задерживаемых весной этими водоемами);

— определение репрезентативности пунктов и уточнение сроков наблюдений на постах.

Выбор тематики для конкретной гидрологической станции определяется специфическими условиями территории и водных объектов, степенью их изученности, актуальностью для народного хозяйства.

1.2.8.2. Специальные наблюдения и тематические исследования проводятся по заданию УГМС, научно-исследовательского института-куратора или инициативе самой гидрологической станции и выполняются по соответствующим программам. В зависимости от сложности задач и объема работ они могут выполняться станцией самостоятельно, либо совместно с гидрографической партией УГМС, ГМО, НИИ.

1.2.8.3. Форма организации исследований в зависимости от их объема и характера поставленных задач может быть различной: организация специальных наблюдений на постах; организация постов на парных водосборах (залесенный, незалесенный, заболоченный, осушенный); организация экспериментальных бассейнов; гидрографические обследования, маршрутные измерения, организация временных постов и др.

1.2.8.4. Изучение максимального стока организуется путем установки максимальных реек, определения максимальных расходов воды по меткам высоких вод и открытия сезонных постов, действующих в период половодья. Определение максимальных расходов по меткам высоких вод на малых реках и логах производится на основе методических указаний ГГИ в двух вариантах: ежегодно на постоянных створах после весеннего половодья и наиболее значительных дождевых паводков и путем массового обследования водотоков после прохождения выдающихся половодий и паводков.

1.2.8.5. Изучение минимального стока производится путем маршрутных гидрометрических съемок в период глубокой межени и организации сезонных постов, установки минимальных реек.

ГЛАВА 2. ВЫБОР УЧАСТКА РЕКИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ПОСТА

2.1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К УЧАСТКУ РЕКИ

2.1.1. Место для проведения гидрологических наблюдений на посту должно удовлетворять трем условиям: 1) режим реки в этом месте должен быть характерным для достаточно большого участка (района), чтобы результаты наблюдений можно было использовать для гидрологических прогнозов, расчетов и информаций; 2) место (участок) должно быть удобно для производства наблюдений, обеспечивая наибольшую возможную их точность в данных условиях; 3) вблизи от участка должны быть средства связи (телефон, телеграф, радио), что особенно важно для информационных (оперативных) постов.

Место для оборудования гидрологического поста, удовлетворяющее первому условию, устанавливается с учетом перспективного плана рационализации размещения и развития пунктов гидрологических наблюдений на реках, озерах и водохранилищах, составляемых УГМС на основании современного использования водных ресурсов.

Характерность режима реки, удобство и обеспечение точности наблюдений должны быть с возможной полнотой оценены на месте при обследовании реки. Поэтому выбор участка является весьма ответственной работой, которая поручается опытному и квалифицированному специалисту станции, способному выбрать наивыгоднейшее место (участок) для организации стационарных гидрологических наблюдений.

Следует помнить, что неудачный выбор участка влечет за собой перенос наблюдений на другое место, связанный с большими материальными затратами и зачастую с нарушением непрерывности ряда наблюдений.

Выбирая место наблюдений, следует оценивать не только природные условия с точки зрения их соответствия наиболее удобному производству наблюдений в данном месте при разных состояниях режима, но нужно определить необходимость и реальную возможность осуществления разного рода искусственных мероприятий для повышения удобства наблюдений, таких, как, например, расчистка русла и поймы, устройство переправы, гидрометрических сооружений и др.

2.1.2. Участок реки, предназначенный для организации стационарных гидрологических наблюдений за стоком воды, должен быть прямолинейным по крайней мере на протяжении трехкратной ширины между бровками меженного русла реки, с однообразными по длине участка шириной, глубиной и продольным уклоном водной поверхности и по возможности с правильной

формой профиля поперечного сечения. На равнинных реках, характеризующихся чередованием плёсов и перекатов, предпочтение отдается плёсовым участкам, проведение наблюдений на которых удобнее и дает большую точность наблюдений в паводочный период.

На горных реках участок должен располагаться непосредственно выше стремнин и порогов и отличаться относительно спокойным течением и наиболее ровным, не загроможденным камнями руслом.

На участке, а также непосредственно ниже его, не должны впадать крупные притоки, находиться неустойчивые перекаты и острова, могущие вызывать косоструйность течения, поперечные уклоны, заторы и зажоры льда и другие явления, нарушающие правильность и однообразие течения.

Берега и русло должны быть возможно более устойчивыми, а также не подверженными значительному зарастанию растительностью. Пойма, если ее нельзя избежать, должна быть наименьшей ширины, по возможности ровная, без протоков, стариц, возвышенностей и свободная от древесной и кустарниковой растительности. Коренные берега должны быть по возможности параллельными между собою хотя бы на протяжении половины ширины разлива при высоком стоянии уровня воды.

На участке и непосредственно выше его не должно быть сбросов промышленных и канализационных вод и других отходов производства, могущих искажать естественный режим реки в отношении всех изучаемых элементов. На участке поста не должно быть лесных бирж и пристаней с большим грузооборотом.

При выборе участка для постов II и III разрядов, если в дальнейшем на данном участке не предполагается организация наблюдений за стоком воды, приведенные выше требования могут быть несколько смягчены с тем, однако, условием, чтобы выбранный участок резко не отличался от выше- и нижележащего участков реки.

Приведенные выше требования к участку наблюдений не могут распространяться на посты, организуемые со специальными целями, например, при изучении режима перекатов, исследованиях заторов, химического состава воды и термического режима в связи со сбросами промышленных вод и в других подобных случаях.

2.1.3. На участке реки, предназначенном для оборудования гидрологического поста, влияние переменного подпора должно сказываться в наименьшей степени. Переменный подпор выражается в независимых от естественных колебаний водности реки изменениях уровня и продольного уклона водной поверхности. При наличии переменного подпора связь между расходом и уровнем воды оказывается неоднозначной, вследствие чего учет стока значительно усложняется.

Причинами возникновения переменного подпора на участке реки могут быть:

а) расположенное ниже водохранилище, созданное плотиной, или озеро, уровни которых зависят от естественного баланса притока и стока воды в них, от искусственного регулирования наполнения и от ветровых денивеляций водной поверхности;

б) колебания уровня в реке, являющейся водоприемником изучаемой реки;

в) впадение ниже участка достаточно крупного притока;

г) наличие ниже по течению переката или скоплений наносов, подвергающихся деформациям;

д) переменное сопротивление в русле в результате скоплений льда и водной растительности, а также в результате сплава древесины и скоплений ее.

Как видно, переменный подпор — явление весьма широко распространенное. Выбрать такой участок, где в полной мере и всегда отсутствовал бы переменный подпор, почти невозможно, поэтому приходится искать место, в котором эффект переменного подпора наиболее ослаблен, т. е. где периоды наличия подпора сменяются наиболее длительными периодами отсутствия его и где переменный подпор характеризуется плавными и сравнительно медленными изменениями уровня и уклона водной поверхности.

Дальность распространения подпора от гидротехнического сооружения может быть выяснена из проекта сооружения, ранее произведенных изысканий и исследований или путем опроса персонала, обслуживающего сооружение, и местных жителей.

Если этих сведений не имеется, то дальность распространения подпора в метрах может быть приближенно оценена по формуле

$$L = a\frac{h_0 + z}{i},$$

где h_0 — средняя глубина при отсутствии подпора, м; z — значение подпора (разность уровней верхнего и нижнего бьефов), м; i — средний уклон водной поверхности при отсутствии подпора, выраженный в относительных единицах (не в промилле). При отсутствии данных об уклоне водной поверхности он может быть заменен осредненным значением уклона дна реки; a — коэффициент, зависящий от отношения $\frac{z}{h_0}$ и определяемый по следующим данным:

$\frac{z}{h_0}$	5,0	2,0	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	0,05
a	0,96	0,91	0,85	0,76	0,67	0,58	0,41	0,24

Оценку дальности распространения подпора по приведенной формуле следует произвести как для межени, так и половодья.

Дальность распространения подпора, возникающего вследствие колебаний уровня воды водоприемника (озера, основной реки), может быть приближенно оценена по этой же формуле, причем за величину z следует принимать полную амплитуду ко-

лебания уровня водоприемника. Иногда не представляется возможным достаточно уверенно оценить вероятность появления переменного подпора, особенно в том случае, когда причиной подпора являются деформации нижерасположенного переката. При этом рекомендуется предусмотреть устройство двух постов: первого — на участке гидрологических наблюдений и второго — у возможного источника подпора. В дальнейшем, в результате анализа материалов наблюдений по этим постам (путем построения графиков соответственных уровней) может быть сделано окончательно суждение о наличии переменного подпора.

При наличии переменного подпора выше гидротехнических сооружений, а равным образом неустановившегося режима ниже их, при суточном регулировании на ГЭС в большинстве случаев целесообразно организовать и проводить наблюдения, необходимые для учета стока непосредственно на гидротехнических сооружениях.

На реках, зарегулированных крупными водохранилищами ГЭС, учет стока организуется и ведется их персоналом по действующим инструкциям в системе Министерства энергетики и электрификации СССР, а материалы, согласно существующим инструкциям, передаются УГМС.

2.2. РЕКОГНОСЦИРОВОЧНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ УЧАСТКА РЕКИ

2.2.1. Выбор участка реки для производства гидрологических наблюдений, а также их организация в соответствии с имеющимся планом развития сети выполняется начальником станции или инженером-гидрологом.

Выбору участка должно предшествовать предварительное всестороннее ознакомление с районом по имеющимся литературным, архивным материалам и другим источникам и рекогносцировочное обследование реки.

Материалы обследования и предложения станции по выбору участка для производства гидрологических наблюдений представляются в УГМС на утверждение. Обследование участка должно быть произведено с достаточной заблаговременностью с тем расчетом, чтобы после утверждения УГМС выбора участка оборудование его и организация наблюдений были закончены к тому сроку, в какой по плану предусмотрено открытие поста.

В исключительных случаях, когда гидрологический пост организуется в труднодоступном и удаленном районе, поездка в который сопряжена с большой затратой средств и времени, допускается, по предварительному разрешению УГМС, принять на месте решение по выбору участка и приступить к его оборудованию и организации наблюдений с последующим представлением всех материалов в УГМС (ГМО).

2.2.2. В результате предварительного ознакомления с материалами по району выбираемого участка для производства гидрологических наблюдений необходимо выяснить:

1) основные черты гидрологического режима реки — характер колебаний уровня, расхода и мутности, характер ледовых явлений (замерзание, вскрытие, наледи), толщину льда, шугоносность;

2) гидрографические и морфометрические характеристики участка;

3) наличие существовавших и существующих поблизости постов ГУГМС и других ведомств;

4) современное состояние и перспективы развития водного хозяйства, наличие поблизости ГЭС, оросительных, мелиоративных, транспортных и других гидротехнических сооружений;

5) наличие знаков геодезической сети — высотных реперов, пунктов триангуляции и полигонометрии, могущих служить для высотно-плановой привязки геодезической основы участка;

6) наличие крупномасштабных карт, лоцманских карт (для судоходных рек), профилей реки и т. п.;

7) современное состояние путей сообщения и средств связи;

8) наличие и перспективы развития населенных пунктов;

9) наличие энергопитания.

На основании собранных сведений и имеющихся картографических материалов предварительно по карте намечается один или несколько участков реки, после чего производится рекогносцировка на месте и выбор (из числа предварительно намеченных) участка, наиболее пригодного для оборудования гидрологического поста.

2.2.3. Рекогносцировка производится не только в пределах предварительно намеченных участков для открытия поста, а на значительно большем протяжении вверх и вниз, например, до ближайших поворотов реки, устьев притоков, перекатов, порогов, разветвлений на рукава, ближайших искусственных сооружений — гидроузлов, ГЭС, мостов и т. п.

Таким образом, длина участка, подлежащего рекогносцировке, определяется исключительно местными условиями и особенностями водного объекта.

Предварительно рекогносцировочное обследование, как правило, производится дважды: при низком стоянии уровня воды (обычно в летнее время) и во время половодья или паводков (весной или летом). Для участков постов, имеющих широкую пойму, последнее обязательно, так как только при высокой воде и больших скоростях течения можно выявить ряд особенностей режима (наличие подпора и, в частности, заторных колебаний уровня, условия затопления поймы и пр.) и связанных с ними трудностей в проведении гидрометрических работ. Характеристики паводочного режима, полученные путем опроса местного населения в меженный период, нельзя считать достаточно надежными.

Для беспойменных участков допускается ограничить предварительное рекогносцировочное обследование одним выездом; в этом случае второе обследование в паводочный период производится в первый год работы поста

В процессе рекогносцировки участка реки с целью организации на нем гидрологического поста производятся следующие работы:

1) общий осмотр участка;

2) исправление выкопировки топографического плана или фотосхемы, промер глубин, определение скоростей и уклонов (при отсутствии необходимых топографических съемок или аэрофотоматериалов производится глазомерная съемка);

3) выяснение основных характеристик гидрологического режима реки (уровни, скорости, глубины) путем выполнения измерений и опроса местного населения.

Осмотр участка реки является первым этапом рекогносцировки, когда, руководствуясь внешними признаками и данными опроса местных жителей, не прибегая к трудоемким измерениям на местности, на реке выбирается место, наиболее удовлетворяющее требованиям пп. 2.1.1 и 2.1.2.

На горных реках с бурным течением, где могут наблюдаться большие пульсационные колебания уровня воды (измеряемые десятками сантиметров), для гидрологического поста и гидрометрического створа следует выбирать место с наименьшей пульсацией уровня. Для этого при рекогносцировочном обследовании реки при низких и высоких уровнях в нескольких (пять—семь) створах на обоих берегах проводятся кратковременные, по 10—15 мин (с отсчетами через 0,5—1 мин), наблюдения за уровнем воды по временным рейкам с определением амплитуды волновых колебаний уровня. Место для поста выбирается там, где при прочих равных условиях амплитуда волновых колебаний наименьшая.

В процессе осмотра выявляются возможные естественные и искусственные причины подпора, выявляются регулирующие сечения — пороги, места сужения русла и долины; оценивается степень устойчивости русла и берегов, характер грунтов, условия производства гидрометрических работ особенно зимою и в половодье.

Одновременно собираются дополнительные сведения о режиме реки и отыскиваются метки наивысшего уровня воды. Осмотр реки должен сопровождаться фотографированием и схематическими зарисовками, которые должны наглядно дополнить описание участка.

2.2.4. При сборе сведений о гидрологическом режиме реки путем опроса местного населения следует стремиться получить некоторые наиболее важные характеристики.

1. Характеристики годового хода уровня:

а) начало прибыли воды в половодье (обычный и крайний сроки), продолжительность и интенсивность периода подъема

и спада, наступление наивысшего уровня (обычный и крайний сроки), стояние высокого уровня (от ... до ... суток), конец половодья (обычный и крайний сроки);

б) летняя межень, ее характер (устойчивая, нарушается небольшими колебаниями уровня — до 0,2—0,3 м, неустойчивая, с резкими, довольно высокими подъемами и спадами уровня — свыше 0,5 м), продолжительность стояния высокой воды и летний минимум (сроки и высоты, обычные и крайние значения);

в) пересыхание реки, участки реки, где оно наблюдается наиболее часто (ежегодно, в отдельные годы, продолжительность периода);

г) паводки и сели, их происхождение (дождевые, от таяния ледников), количество за сезон, продолжительность, интенсивность подъема и спада;

д) зимняя межень, ее характер (устойчивая, с медленным падением или повышением уровня воды, с довольно резкими колебаниями уровня), начало межени (обычный и крайний сроки), продолжительность (средняя, наибольшая), наличие зажорных явлений (места образования, высота подъема воды при зажорах, их периоды и продолжительность), зимний минимум (сроки — обычный и крайние, высота — средняя и наибольшая);

е) подъемы уровня при заторах льда весной и осенью и при ледоставе, их высота, продолжительность и повторяемость; места образования заторов и зажоров.

2. Опасные гидрологические явления, вызываемые высокими подъемами или большими понижениями уровня: затопление и разрушение населенных пунктов, промышленных предприятий, инженерных сооружений, длительные перерывы в судоходстве, прекращение работ водозаборных сооружений и т. п.

Следует установить, как часто эти явления наблюдаются, при каких значениях уровня начинается опасность (затопление, размыв и т. п.) и происходят указанные выше явления (критическая и опасная отметки).

3. Ледовый режим:

а) замерзание реки — появление ледовых явлений осенью, начало осеннего ледохода (обычный и крайний сроки), его продолжительность (примерное число суток) и характер (лед идет спокойно, бурно, сопровождается заторами на каких участках, есть ли перерывы ледохода);

б) ледяной покров — его устойчивость (временные зимние вкрытия реки), характер (сплошной, с полыньями, обычные их места), характер поверхности (ровная, торосистая), наледи (время и места их образования, размеры), максимальная толщина льда на плёсах и перекатах, время ее наступления, структура льда (плотный, кристаллический, слоистый);

в) промерзание реки до дна — местоположение участков и частота (ежегодно, в отдельные годы), обычный период;

г) вскрытие реки — появление закраин и промоин (за сколько суток до ледохода и в каких местах они образуются), начало весеннего ледохода (обычные и крайние сроки, его продолжительность в сутках) и характер (спокойный, бурный, с заторами льда), с какой фазой половодья совпадает (подъем, пик, спад). Случаи вскрытия реки без ледохода — лед тает на месте. Разрушительное действие осеннего и весеннего ледоходов.

2.2.5. Сведения о гидрологических явлениях собираются также в расположенных вблизи реки населенных пунктах у местных жителей, которые по роду своей деятельности знают реку и ее режим: работников водного транспорта (бакенщиков и др.), сплавщиков, мельников, перевозчиков, рыбаков, дорожников и т. п. Для получения более достоверных данных в каждом пункте следует спрашивать не менее двух лиц отдельно, находясь на берегу реки (а не в помещении) и устанавливая высоты уровней в натуре.

Количество пунктов, в которых делается опрос, зависит от степени изученности режима реки, изменений ее водности и хозяйственного значения, но для каждого обследованного участка реки желательно иметь их не менее двух. Полученные таким образом сведения заносятся в полевой дневник с указанием пункта, к которому они относятся, и даты. Лучше, однако, фиксировать их в специальном акте, примерная форма которого дана в приложении 1. Оформляется опрос подписью лица, собирающего сведения (инженер, техник), и лица, дававшего их.

2.2.6. Другим этапом рекогносцировки является корректура крупномасштабных карт, если таковые имеются, с фиксацией изменений, происшедших в рельефе и глубинах русла, очертании берегов, характере рельефа и растительности на пойме и т. п. При отсутствии крупномасштабных карт или аэрофотоматериалов, как указано в п. 2.2.3, производится глазомерная съемка, в результате которой должен быть получен схематический план обследуемого участка с показанием очертаний меженного русла, коренных берегов, основных элементов рельефа поймы и характера растительности на ней. Особое внимание должно быть обращено на выяснение условий движения потока в половодье или паводок, для чего должны быть по возможности установлены положения урезов воды при наивысшем уровне, отмечены места отчленения от основного русла пойменных понижений и проток и места их сочленения с основным руслом, установлена степень связи их с основным руслом (при каких уровнях пойменные понижения и протоки начинают пропускать воду), отмечено наличие береговых валов и разрывов в них, как мест возможного оттока воды из основного русла в пойму или наоборот.

При рекогносцировке или глазомерной съемке производится промер глубин по стрежню через 50—100 м в зависимости от размера реки в пределах длины обследуемого участка и на нескольких поперечных профилях в характерных сечениях русла (на плё-

сах, перекатах, закруглениях); в тех же профилях измеряются скорости течения. На участке определяется также уклон водной поверхности, согласно изложенному в главе 5.

2.3. СОСТАВ ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ В УГМС МАТЕРИАЛОВ ПО ВЫБОРУ УЧАСТКА

Гидрологическая станция высылает материалы рекогносцировки со своими предложениями на утверждение УГМС (ГМО). Представляются следующие материалы рекогносцировки:

Рис. 2.1. План участка реки в районе намечаемого поста, составленный по глазомерной съемке.

1 — граница намеченного участка; *2* — урез воды при наивысшем уровне; *3* — профили.

1) выкопировка с карты крупного масштаба или фотоплан, исправленные и дополненные по материалам рекогносцировки, или план глазомерной съемки части реки в пределах, достаточных для подтверждения правильности выбора участка поста. На выкопировке с карты или плане глазомерной съемки показываются: выбранный участок в виде контура, урезы при наивысшем уровне, контуры меженного русла и коренных берегов, основные элементы рельефа поймы и ситуации (рис. 2.1);

2) поперечные профили на характерных сечениях русла, места которых должны быть показаны на выкопировке с карты или на плане глазомерной съемки;

3) описание обследованного участка реки и выбранного участка поста, которое включает:

а) сведения об основных чертах гидрологического режима реки и данные по морфологии участка дополнительно к тем, которые показаны на выкопировке с карты или плане глазомерной съемки;

б) сведения о водохозяйственном использовании реки;

в) данные о геологии;

г) данные о подъездных путях, связи (телефон, телеграф, энергоснабжение);

д) заключение о пригодности участка реки для организации на нем гидрологических наблюдений.

В разделе описания, касающемся сведений о режиме реки, приводятся краткие характеристики следующих наиболее важных явлений:

а) изменчивость русла и берегов, перемещения русла, образование и исчезновение мелей, кос, островов, случаи обвала и оползней берегов и пр.;

б) зарастание русла водной растительностью; засоренность русла валунами и их предельные размеры;

в) замерзание и вскрытие, характер ледостава, заторы и зажоры, наледи, случаи промерзания;

г) колебания уровня воды — наибольшая амплитуда, общий характер годового хода, подпор от искусственных сооружений и водоприемников, пересыхание водотока;

д) наличие суточного хода уровня.

Приводятся краткие данные по морфологии выбранного участка поста и непосредственно прилегающих к нему соседних участков реки (ширина и глубина русла, характер берегов и долины в целом), данные об уклоне водной поверхности в виде схематического продольного профиля. Особо отмечаются и подробнее характеризуются регулирующие сечения — пороги, перекаты, сужения и пр., а также места возможных естественных потерь и прибыли воды вследствие карстовых явлений и выходов грунтовых вод.

В разделе сведений о водном хозяйстве приводятся краткие описания и характеристики водохозяйственного использования водотока и гидротехнических сооружений, располагающихся на данной реке вблизи выбранного участка и на устьевых участках впадающих выше притоков. Особо отмечаются возможности подпора воды гидротехническими сооружениями, наличие отводов и сбросов промышленных и оросительных вод непосредственно выше или ниже выбранного участка, характер регулирования стока и пр.

В заключении, кроме общей оценки пригодности участка реки для гидрологических наблюдений, указываются наиболее рациональные для данных условий типы постовых устройств (пост свайный, реечный, самописец уровня и т. п.) и оборудования (мостик, люлечная переправа, паромная переправа, дистанционная установка и т. п.), указывается схема размещения устройств на участке и приводятся соображения о постановке дополнительных наблюдений, определяемых местными условиями.

Все разделы описания участка иллюстрируются фотографиями, зарисовками и схемами.

ГЛАВА 3. ТОПОГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ И ПОСТАХ

3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1.1. Топогеодезическая подготовка участка гидрологического поста производится, как правило, непосредственно после выбора участка. Подобные работы выполняются также и на существующих постах, если эти работы по каким-либо причинам не были сделаны ранее.

3.1.2. Топогеодезические работы на гидрологических постах производятся, как правило, специалистами станций, реже ГМО или сторонними организациями по договору с УГМС.

3.1.3. Цель этих работ сводится к геодезической привязке пунктов гидрологических наблюдений и к получению детального топографического плана участка гидрологического поста с нанесенными на нем планово-высотными характеристиками элементов водного объекта, всех гидрометрических сооружений и устройств и прилегающей к ним местности.

3.1.4. План участка служит для наглядного представления о характере речного русла, рельефе дна и окружающей местности, влияющих на условия движения водного потока, а также о местоположении и взаимном расположении гидрометрических сооружений, устройств и коммуникаций к ним на участке гидрологического поста. Он имеет большое значение для установления динамики речного русла и всего участка во времени путем сопоставления плана с последующими съемками участка, произведенными на той же плановой и высотной основе. В связи с этим на плане должны найти наглядное и точное отображение закрепленные на местности пункты планового и высотного обоснования, очертания и рельеф меженного русла, размеры поймы, наличие в ней проток, староречий, береговых валов и другие морфометрические характеристики, а также тип растительности, ее распределение в пойме с характеристикой плотности и высоты.

При съемке особенно важно отобразить на плане условия движения потока на выбранном участке реки при высоких уровнях, т. е. показать на нем очертания коренных берегов, установить отметки уровня, при которых начинают пропускать расход отдельные протоки, староречья и вся пойма в целом. Для того чтобы обеспечить характеристику этих условий без чрезмерного увеличения размеров участка, подлежащего топографической съемке, допускается дополнять план съемки выкопировкой с топографической карты крупного масштаба, приведенной на уровень современности путем рекогносцировки на местности. На этой выкопировке должны быть показаны очертания коренных и меженных

берегов выше и ниже участка поста, места отчленения и соединения с основным руслом отдельных проток и староречий.

В отдельных случаях (при сложном рельефе поймы) для обеспечения характеристики рельефа поймы на подходах к выбранному участку необходимо нивелирные ходы (продольные и поперечные) продолжить за пределы участка гидрологического поста.

3.1.5. Инструментальная топографическая съемка участка гидрологического поста производится с выполнением всех основных требований действующих инструкций ГУГК при Совете Министров СССР по нивелированию и топографической съемке в тех или иных масштабах. Она может быть осуществлена одним из существующих способов: мензульным, тахеометрическим или аэрофототопографическим.

Наиболее приемлемы и целесообразны для указанных целей первые два способа: мензульная или тахеометрическая съемка, поскольку участки гидрологических постов, как правило, незначительных размеров.

3.1.6. Глазомерная съемка участков гидрологических постов выполняется лишь в исключительных случаях, при невозможности провести инструментальную съемку из-за очень сложных местных условий или отсутствия технических возможностей, только с особого разрешения УГМС, ГМО. Во всех случаях план участка, полученный в результате глазомерной съемки, является временным и пригоден только для окончательного выбора участка и предварительного планирования размещения гидрометрических сооружений и устройств.

3.1.7. Топогеодезические работы на гидрологических постах относятся к разряду специализированных работ и выполняются прежде всего в соответствии с требованиями гидрологической науки, но с соблюдением основных технических требований действующих инструкций ГУГК при Совете Министров СССР.

3.1.8. Топографические планы участков гидрологических постов не подлежат массовому размножению путем офсетной печати или другими способами ввиду ограниченного их использования.

3.1.9. Средние ошибки в положении на плане водных объектов и контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек съемочного обоснования не должны превышать 0,5 мм, а в горных районах —0,7 мм. Средние погрешности съемки рельефа относительно ближайших точек геодезического обоснования не должны превышать по высоте: $^1/_4$ принятой высоты сечения рельефа при углах наклона до 2°; $^1/_3$ при углах наклона от 2 до 6° для планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000 и до 10° для планов масштабов 1 : 1000 и 1 : 500; $^1/_3$ при сечении рельефа 0,5 м на планах масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000.

На лесных участках местности эти допуски увеличиваются в 1,5 раза.

3.1.10. Точность планов оценивается по расхождениям положения контуров, высот точек, рассчитанных по горизонталям, с данными контрольных измерений. Предельные расхождения не должны превышать удвоенных значений средних погрешностей, приведенных выше, и количество их не должно быть более 10% общего количества контрольных измерений. Количество контрольных измерений должно быть не менее 10. Контрольные измерения производятся лицом, принимающим планшет съемки.

3.1.11. Координаты и высоты геодезических сетей вычисляются в системах координат и высот, представляемых органами государственного геодезического надзора, по запросу организации, производящей работы.

3.1.12. Топографический план участка гидрологического поста должен иметь формуляр (паспорт), в котором записываются все основные данные технологической схемы топогеодезических работ и их точности, а также список координат и высот пунктов долговременного закрепления.

3.1.13. Постоянные пункты геодезических сетей, установленные при производстве топографической съемки и нивелирования, сдаются под наблюдение за сохранностью по акту в соответствии с Инструкцией по охране геодезических знаков издания ГУГК.

3.2. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА УЧАСТКА ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ПОСТА

3.2.1. Съемка участка гидрологического поста выполняется в следующей последовательности:

а) определяются границы участка и выбирается масштаб съемки;

б) дается съемочное обоснование:

— плановое обоснование съемки (проложение теодолитного хода — магистрали, разбивка поперечных профилей и промерных поперечников);

— высотное обоснование съемки (нивелирование точек теодолитного хода и поперечников, нивелирование мгновенного продольного профиля водной поверхности);

в) закрепляются пункты на местности;

г) накладываются точки теодолитного хода (магистрали) и поперечников на планшет;

д) промеряются глубины и определяется их плановое положение;

е) строятся профили промерных поперечников, накладываются промерные точки на планшет и проводятся горизонтали;

ж) делается съемка ситуации и рельефа;

з) оформляется топографический план.

3.2.2. Для производства топогеодезических работ на гидрологическом посту следует иметь все необходимые для этого инструменты, оборудование и принадлежности.

3.2.3. Размеры участка гидрологического поста, подлежащего топографической съемке, определяются после уточнения его выбора по результатам рекогносцировки участка реки и окружающей местности как в пределах участка поста, так и выше и ниже по течению до ближайших объектов (повороты, перекаты, рукава, искусственные сооружения и т. п.), влияющих на направление и скорость течения. Ориентировочные размеры участка съемки в направлении русла для рек шириной меженного русла до 100 м должны составлять пятикратную ширину между бровками меженного русла, но не менее 100 м. По ширине размеры участка определяются расстоянием между точками, отметки которых на 0,5—1 м больше отметки самого высокого (исторического) уровня воды.

Если гидрометрический створ не совпадает со створом уровнемерного устройства гидрологического поста и при съемке они не могут быть изображены на одном плане в установленных выше размерах, то при значительном удалении гидроствора от створа поста (свыше 1,5—2-кратной рекомендуемой длины участка съемки) участок гидрометрического створа снимается отдельно. При меньшем удалении они снимаются на один план за счет увеличения общей длины снимаемого участка.

Для более широких рек длина участка съемки определяется в зависимости от местных условий и наличия крупномасштабных карт, позволяющих детально выявить конфигурацию русла и поймы за пределами выбранного участка, но она не должна быть меньше 2—3-кратной ширины между бровками меженного русла. При наличии широкой поймы длина участка, подлежащего съемке, как правило, не должна быть меньше ширины поймы. При очень широкой пойме (3—5 км и более) полоса ее, подлежащая съемке, устанавливается в каждом конкретном случае в зависимости от характера поймы, наличия крупномасштабных карт и имеющихся возможностей.

3.2.4. Масштаб плана выбирается с таким расчетом, чтобы меженное русло реки (без поймы) изображалось полосой, имеющей ширину не менее 4—5 см. Если выбранный масштаб для съемки очень широкой поймы не обеспечивает изображения на плане русла полосой требуемой ширины, то русло реки снимается отдельно в более крупном масштабе, используя то же съемочное обоснование. Для съемки участков гидрологических постов могут быть приняты масштабы планов от 1 : 100 до 1 : 25 000 в зависимости от величины и характера объекта.

3.2.5. Геодезическое съемочное обоснование создается с целью получения плановой и высотной основы с плотностью, обеспечивающей выполнение топографической съемки. Пункты планового съемочного обоснования определяются построением съемочных триангуляционных сетей, прямыми, обратными и комбинированными засечками или проложением теодолитных ходов.

3.2.6. Для создания планового обоснования съемки участка гидрологического поста наиболее целесообразно проложение тео-

долитного хода (магистрали) по одному, либо по обоим берегам реки (в пределах незатопляемой части) в виде замкнутого полигона.

3.2.7. Плановое обоснование создается в условных координатах и, как правило, не привязывается к пунктам государственной геодезической сети.

3.2.8. Съемочную сеть. теодолитный ход ориентируют по магнитному меридиану с помощью буссоли.

3.2.9. Направление теодолитного хода (магистрали) выбирается примерно параллельно общему направлению течения реки в пределах незатопляемой части берега, но как можно ближе к урезу воды. Проложение теодолитного хода осуществляется с относительной погрешностью не грубее 1 : 1000.

3.2.10. Предельно допустимые длины отдельных теодолитных ходов L м между исходными пунктами приведены в табл. 3.1.

Длины линий в теодолитных ходах не должны быть более 350 м и менее 20 м.

Таблица 3.1

Масштаб съемки	1 : 100	1 : 200	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000
L м	100	200	500	1000	1500	3000

3.2.11. Допускается проложение висячих теодолитных ходов длиной не более указанной в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Масштаб съемки	1 : 100	1 : 200	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5 000
L м	50	100	150	200	300	500

Число линий висячих теодолитных ходов должно быть не более трех.

3.2.12. Теодолитный ход должен прокладываться по местности, удобной для линейных измерений. Поворотные точки выбираются так, чтобы обеспечивались необходимые удобства постановки инструмента и хороший обзор для ведения топографической съемки.

3.2.13. Стороны теодолитных ходов измеряются оптическими дальномерами, редукционными тахеометрами, длиномерами и стальными 20-метровыми лентами и рулетками. Расхождения значений линии из прямого и обратного измерений не должно быть более 1 : 1000.

Инструменты, применяемые для измерения линий и углов, должны быть прокомпарированы. Введение в длину линии поправки за компарирование обязательно, если ее влияние на длину измеряемой линии более чем 1 : 10 000. При углах наклона линий более 1,5° измеряются вертикальные углы одним приемом и вводятся поправки за приведение линий к горизонту.

3.2.14. Углы поворотов в теодолитных ходах измеряются теодолитами точностью не менее 0,5′ одним полным приемом с пе-

рестановкой лимба между полуприемами на величину 90°. Колебания значений углов, полученных из двух полуприемов, не должны превышать 0,8′. Угловые невязки в теодолитных ходах не должны превышать $f = \pm 1' \sqrt{n}$, где n — число углов в ходе.

3.2.15. Разбивка поперечных профилей и промерных поперечников производится после или во время проложения теодолитного хода (магистрали). Поперечные профили располагаются примерно перпендикулярно направлению речной долины. Концы профилей на обоих берегах должны выйти на отметки высот, на 0,5—1,0 м превышающие самый высокий (исторический) уровень воды.

3.2.16. Количество поперечных профилей зависит от объема гидрологических наблюдений, планируемых для данного гидрологического поста. Если он предназначен только для уровенных наблюдений, разбивают один поперечный профиль, который целесообразно совмещать с уровнемерным устройством. Если кроме уровенных наблюдений будут измеряться расходы воды, то разбивают три поперечных профиля: один посередине участка и два — по его границам и в зависимости от ширины реки и характера русла разбивают необходимое количество промерных поперечников.

3.2.17. Расстояние между промерными поперечниками устанавливается с таким расчетом, чтобы в результате промера выявить все характерные особенности рельефа дна.

При сложной морфологии берегов, наличии поймы и протоков промерные поперечники должны быть проложены до незатопляемых отметок высот на обоих берегах. Данные нивелирования этих частей поперечников дают дополнительную характеристику рельефа и профиля долины реки.

3.2.18. Основной задачей высотного обоснования гидрологического поста является оборудование основными и контрольными (рабочими) реперами. При выполнении этой задачи необходимо руководствоваться следующими основными требованиями, предъявляемыми к проектированию основных и контрольных реперов гидрологических постов:

а) гидрологические посты оборудуют двумя реперами — основным и контрольным;

б) основной репер служит для проверки положения контрольного репера и для закрепления нуля поста.

В качестве основного репера поста может быть использован репер государственной нивелирной сети, находящийся не далее 3 км от гидрологического поста. Контрольный репер, предназначаемый для систематического контрольного нивелирования измерительных устройств, располагают в непосредственной близости от этих устройств и вне зоны затопления высокими водами;

в) основные и контрольные реперы постов закладывают, как правило, станции совместно с РМП, устанавливающие и оборудующие гидрологические посты. На каждом репере указывают номер и название УГМС, которому он принадлежит.

3.2.19. Вторая задача высотного обоснования заключается в получении высот точек съемочного обоснования, которые определяются нивелированием. Для получения высот точек планового обоснования съемки проводится нивелирование IV класса (см. п. 3.7). При нивелировании теодолитного хода (магистрали) и поперечных профилей определяются отметки высот поверхности земли во всех характерных точках изменения рельефа, а также отметки высот верха столбов и кольев, которыми закреплены магистраль и поперечники. Нивелирование производится в соответствии с требованиями действующей «Инструкции по нивелированию I, II, III, IV класса» изд. ГУГК при Совете Министров СССР.

3.2.20. Нивелирование мгновенного продольного профиля водной поверхности производится на участке поста и ниже его по течению до контрольного сечения нижней границы участка гидрологического поста или до источника подпора, если последний расположен не далее 10 км от участка поста. Нивелирование ведется по одному берегу ходом IV класса (или ходом III класса, если продольный уклон водной поверхности менее 5 см/км) по урезным кольям, забитым одновременно вровень с водой на промерных поперечниках, а вне участка поста по кольям, забитым через 100—200 м, если поперечный уклон водной поверхности меньше продольного. Расстояние между кольями измеряется дальномером или лентой. Если на участке поста водная поверхность имеет поперечный уклон больше продольного, в чем убеждаются нивелированием одновременного уровня воды на обоих берегах, то нивелирование водной поверхности реки производится по обоим берегам. Нивелирование мгновенного профиля водной поверхности может быть проведено одновременно с нивелированием теодолитного хода (магистрали), если он расположен вблизи уреза воды, или после промера глубин. По полученным отметкам урезных кольев строят мгновенный продольный профиль водной поверхности исследованного участка реки. К полученному уровню путем соответствующей срезки приводятся все измеренные глубины на поперечных профилях и промерных поперечниках.

3.2.21. Закрепление пунктов планового и высотного обоснования съемки на местности производится в соответствии с требованиями инструкции ГУГК «Центры и реперы государственной геодезической сети СССР» («Недра», 1973). Пункты закрепляются долговременными знаками с целью обеспечения сохранности пунктов для проведения контрольных нивелировок и повторных съемок и временными знаками с расчетом сохранности точек обоснования на время съемочных работ. Концы и углы поворота магистрали, точки пересечения магистрали с поперечными профилями и промерными поперечниками, концы поперечных профилей и промерных поперечников на обоих берегах закрепляются на местности долговременными знаками. Точка пересечения магистрали с гидрометрическим створом или створом уровенного поста, как

правило, закрепляется в виде постоянного контрольного репера (типы и правила закладки геодезических пунктов см. в приложении 2).

3.2.22. Мензульную съемку выполняют на планшетах из высококачественной ватманской бумаги, наклеенной на жесткую основу (лист алюминия, малодеформирующийся пластик, многослойная фанера и т. п.). Перед началом съемочных работ на планшете с помощью штангенциркуля, координатографа или линейки Дробышева разбивают сетку квадратов со сторонами 10 см, причем для масштабов 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000 такие квадраты строят в рамках с размерами 50×50 см, а для масштабов 1 : 5000 в рамках с размерами 40×40 см с полями на планшете соответственно 5 и 10 см. На подготовленный планшет наносят по координатам пункты геодезического обоснования. Разбивку координатной сетки, нанесение пунктов планового и высотного обоснования проверяют при помощи контрольной линейки. Расхождение сторон квадратов прямоугольной сетки от их теоретических размеров не должно превышать 0,2 мм, а сумма сторон трех и более квадратов — 0,3 мм. Расхождение диагоналей рамки плана не должно превышать 0,5 мм.

3.2.23. Мензульную съемку объектов местности и рельефа производят в полном соответствии с требованиями действующей (в настоящее время издания 1973 г.) «Инструкции по топографической съемке в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500» издания ГУГК.

Топографические планы участка поста в более крупном масштабе получаются путем увеличения плана масштаба 1 : 500.

3.2.24. В процессе топографической съемки ведутся все необходимые журналы и ведомости.

План участка гидрологического поста должен быть принят от исполнителя съемки непосредственно в поле с соответствующим контролем и фиксацией результатов приемки в приемочном акте.

В результате выполненных работ по топографической съемке участка должны быть представлены следующие материалы:

— полевой оригинал плана топографической съемки;
— формуляр;
— журналы съемки и съемочного обоснования;
— ведомости вычислений планового и высотного обоснования;
— акты контроля и приемки полевых работ.

3.3. ПРОМЕР ГЛУБИН

3.3.1. Промер глубин при съемке участка гидрологического поста для получения отметок глубин и поперечных профилей русла реки производится по поперечным профилям, разбитым по середине и концам участка, и по промерным поперечникам. Частота промерных поперечников и промерных точек на них уста-

навливается с таким расчетом, чтобы в результате промера выявить все особенности рельефа дна и с достаточной подробностью изобразить его на плане с помощью горизонталей или изобат.

Промерные работы наиболее целесообразно и удобно проводить при низких (меженных) уровнях.

3.3.2. Во время производства промера обязательно ведутся наблюдения за уровнем воды на постоянном или временном гидрологическом посту и на профилях по временным кольям или рейкам, отметки высот нулей наблюдения которых должны быть получены нивелированием. Частота наблюдений определяется в зависимости от характера колебаний уровня. При резких колебаниях ведутся учащенные наблюдения (ежечасно). Измерение глубин обязательно сопровождается определением планового положения промерных точек на створах или галсах, для чего используется плановое и высотное обоснование топографической съемки участка.

3.3.3. Для промера глубин применяются различные приборы: гидрометрическая штанга или наметка, рейка, лот ручной или механический и разные по конструкции эхолоты. Применение тех или иных приборов зависит от глубины, ширины и характера реки. Наметка, штанга и рейка применяются для измерения глубин менее 5 м; большие глубины измеряются лотом или эхолотом.

3.3.4. Плановое положение промерных точек также может быть определено несколькими способами, применяемыми в зависимости от ширины реки и используемого способа промера:

— по размеченному стальному канату, натянутому вдоль створа или галса (применяется на реках шириной до 200—300 м);

— по створу и прямым засечкам с берега одним инструментом;

— прямыми графическими засечками с берега двумя кипрегелями;

— прямыми засечками с берега двумя угломерными инструментами;

— по створу и обратным засечкам с катера одним секстаном;

— обратными засечками с катера двумя секстанами;

— теодолитным ходом по льду (при промере со льда);

— с применением радиодальномерных систем в вариантах фазового зонда или радиолага.

Способ координирования промера устанавливается в каждом отдельном случае, исходя из принятых способа и подробности промера, скорости течения воды в реке, удаленности участка промера от берега, масштаба съемки и в зависимости от наличия тех или иных приборов.

3.3.5. На участках рек, имеющих сложный рельеф русла, а также на реках с большими скоростями течения и глубинами, значительно усложняющими производство промеров по поперечникам, промеры глубин на участке целесообразно выполнять по продольникам. Продольники назначаются равномерно по ширине реки, приблизительно через 0,1—0,2 ее ширины со сгущением

к берегам. Число промерных точек на продольнике определяется скоростью течения и временем, потребным на одно измерение глубины. Промеры по продольникам производятся со свободно сплавляющейся по течению лодки, плота и пр. Положение промерных точек на продольнике определяется засечками двумя угломерными инструментами с берега или измерением пары смежных углов при помощи сéкстана с промерного судна. Допускается засекать лишь каждую вторую-третью промерные точки, а положение промежуточных находить интерполяцией.

3.3.6. На широких реках, где промер по одному поперечнику требует значительного времени, рабочий уровень воды фиксируется на каждом поперечнике забиванием кола на урезе вровень с водой в момент начала промеров на данном поперечнике. Колья нивелируются в процессе нивелирования продольного профиля водной поверхности или особо с привязкой к высотным реперам съемки. Фиксация рабочего уровня при промерах указанным способом обязательна в случае быстрого изменения уровня воды во время промеров, а также на реках, характеризующихся большим уклоном и сложным профилем водной поверхности.

3.3.7. Измерение глубин по поперечным профилям производится через равные расстояния в зависимости от ширины реки, согласно табл. 3.3.

Таблица 3.3

Ширина реки, м	Менее 20	20—30	30—40	40—60	60—80	80—100
Расстояние между промерными точками, м	0,5—2	2	3	4	6	8

Ширина реки, м	100—200	200—300	300—500	500—800	Более 800
Расстояние между промерными точками, м	10	20	30	40	50

Промеры производятся одним ходом и в одном направлении. В случае набега воды на наметку отсчет следует производить точно по горизонтальной поверхности воды с учетом повышения и понижения уровня воды, которые образуются вокруг наметки.

3.3.8. Отсчеты глубин по наметке производятся и записываются с точностью до 1—2 см, а при глубинах более 1 м, когда отсчеты с точностью 1—2 см становятся затруднительными, — с точностью 5—10 см. Измерять лотом глубины, доступные для наметки, не рекомендуется.

3.3.9. Одновременно с промером на каждом промерном профиле в четырех-пяти точках берутся пробы грунта дна и визуально определяется их состав — галька, гравий, крупный песок, ил и т. п.

3.4. ОФОРМЛЕНИЕ ПЛАНА УЧАСТКА

3.4.1. Оформление плана топографической съемки участка гидрологического поста должно быть произведено по действующим условным знакам, издания ГУГК, для соответствующих масштабов планов.

3.4.2. На окончательно оформленном плане топографической съемки должны быть показаны:

1) плановая и высотная основы съемки — реперы, магистраль и поперечные профили и отметки высот реперов;

2) линии урезов воды по мгновенному занивелированному уровню и границы разлива при самом высоком (историческом) уровне воды с выписанными отметками высот;

3) рельеф русла, поймы и берегов, изображенный горизонталями и отметками высот характерных точек земной поверхности. Сечение горизонталей принимается через 0,25; 0,5 или 1,0 м в зависимости от сложности рельефа и выбранного масштаба и может быть различным для подводной части русла и берегов;

4) ситуация (болото, луг, пашня, кустарник, лес и пр.), а также дороги, мосты, переправы, пристани, лесные биржи, водохозяйственные сооружения, населенные пункты и т. п.;

5) расположение устройств для гидрологических наблюдений: створов уровенных постов, гидрометрических створов, самописцев уровня, мостиков, переправ и т. д.;

6) названия реки, протоков, островов, урочищ, сооружений, населенных пунктов, телефонные линии, линии электропередачи и др. У дорог подписываются названия населенных пунктов, которые соединяются этими дорогами, а стрелками указываются направления;

7) сведения о привязке высотной основы съемки к реперу государственной сети: дата привязки, местоположение и номер репера, его отметка, длина связующего хода; нестандартные условные обозначения, принятые на плане

8) заглавная надпись — УГМС, станция, название гидрологического поста; дата съемки, а также фамилии исполнителей и начальника станции (см. образец, приложение 3).

3.4.3. Одновременно с оформлением плана топографической съемки на миллиметровой бумаге составляются и прикладываются к плану поперечные профили по середине и концам участка, выполненные на основании нивелирования берегов и промера русла. На поперечных профилях должны быть нанесены рабочий уровень и высший исторический уровень и выписаны их отметки. Под профилем должны быть выписаны расстояния от постоянного начала, отметки глубины (от рабочего уровня), грунты и угодья.

3.4.4. Повторную топографическую съемку участка гидрологического поста необходимо производить по мере необходимости, возникающей при значительных переформированиях берегов и

долины реки, но не реже, чем через 10—15 лет в зависимости от динамичности данного района.

Сроки повторных съемок поперечного профиля реки по гидрометрическому створу гидрологических постов определяются в соответствии с интенсивностью процессов изменения рельефа дна и поймы реки.

Применительно к средним условиям интенсивности переформирования рельефа речной долины съемку профиля с нивелированием берегов рекомендуется производить не реже одного раза в 5—10 лет. Промер глубин по створу производится не реже одного раза в год при практически устойчивом русле и не реже двух-трех раз в год при деформирующемся русле.

Во всех случаях при определении сроков повторных съемок профилей по гидрометрическому створу необходимо, чтобы профиль был достаточно точный и современный на данный момент времени.

3.5. ВЫСОТНАЯ ПРИВЯЗКА РЕПЕРОВ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПОСТОВ К ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕТИ

3.5.1. Основные и контрольные реперы гидрологических постов должны быть привязаны к реперам государственной нивелирной сети. Для привязки реперов гидрологических постов выбираются ближайшие к посту реперы государственной нивелирной сети, имеющие отметки высот в Балтийской системе и вошедшие в каталог нивелировок I, II, III, IV класса.

3.5.2. Наличие и местоположение таких реперов устанавливается заблаговременно путем запроса в территориальную инспекцию государственного геодезического надзора. Привязка основных и контрольных реперов выполняется соответствующими специалистами станций или сторонними организациями по договору с УГМС (в зависимости от длины хода).

3.5.3. При длине хода до 50 км привязка производится нивелированием IV класса в одном направлении, а свыше 50 км — нивелированием III класса в прямом и обратном направлениях. Привязку основного репера следует производить по двум реперам государственной сети нивелирным ходом от одного репера к другому через основной репер гидрологического поста. В исключительных случаях допускается привязка к одному реперу государственной сети замкнутым ходом (при нивелировании IV класса). Прокладывать «висячие» нивелирные ходы во всех случаях не разрешается.

3.6. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОСТОВЫХ (УРОВНЕМЕРНЫХ) УСТРОЙСТВ

3.6.1. Нивелирование уровнемерных устройств производится также применительно к требованиям нивелирования IV класса (см. п. 3.7) и имеет целью определить высотное положение всех

постовых устройств (рейки, сваи и др.) относительно реперов. Нивелирование уровнемерных устройств ведется замкнутым ходом в одном направлении от основного репера через контрольный к уровнемерным (водомерным) устройствам и от них к основному реперу. Обычное контрольное нивелирование уровнемерных устройств гидрологического поста производится от контрольного репера к устройствам и от них к контрольному реперу.

3.6 2. Контрольный репер периодически (один раз в 1 -2 года) проверяется от основных реперов. При этом в случае свайного поста необходимо иметь в виду, что изменение отметок высот свай на одну и ту же близкую величину указывает на изменение высотного положения контрольного репера, а следовательно, на необходимость его проверки от основного репера. Если в результате проверки будет установлено, что отметка контрольного репера изменилась на величину, не превышающую допустимой невязки, то она не меняется. В противном случае отметка репера принимается в соответствии с произведенной новой нивелировкой. Допустимая невязка (в миллиметрах) определяется по формуле

$$\Delta h = \pm 3\sqrt{n},$$

где n — число станций в ходе.

3.6.3. При нивелировании уровнемерных устройств поста нивелир во всех случаях устанавливается в створе поста или в стороне от него на равных расстояниях от связующих точек. Расстояния от связующих точек должны быть не менее 5 м и не более 40 м. Если связующая точка не является репером или сваей поста, рейка ставится на прочно забитый вровень с землей кол, костыль, на специальный нивелировочный башмак, выступ скалы или устойчиво лежащий валун. Ставить рейку в связующей точке прямо на землю или подкладывать под нее камень категорически запрещается. При нивелировании поста свайного типа должны быть охвачены все сваи, за исключением свай, находящихся глубоко под водой (более 1 м), если нивелирование производится при высоких уровнях воды.

3.6.4. При нивелировании уровнемерного устройства реечного типа определяются отметки для всех имеющихся реек. Нивелирная рейка при этом ставится на верхний обрез водомерной рейки или на гвоздь, забиваемый в рейку на границе целых дециметровых делений. Если представляется возможным, отсчет при нивелировании делают непосредственно по водомерной рейке.

3.6.5. При нивелировании самописца уровня определяются отметки свай или нулей реек, по которым производятся контрольные отсчеты уровня воды, и отметка площадки столика самописца для контроля его устойчивости.

3.6.6. При нивелировании уровнемера передаточного мостового типа, имеющего горизонтальную водомерную рейку, определяется отметка уреза воды (превышение уровня над нулем графика) при одновременном отсчете по горизонтальной рейке

в момент, когда груз касается уровня воды. По этим данным вычисляется приводка нуля горизонтальной рейки к нулю графика.

3.6.7. При нивелировании постовых уровнемерных устройств любого типа одновременно нивелируется уровень воды в створе поста по колу, забитому вровень с поверхностью воды. Одновременно с забивкой кола отсчитывается уровень воды на посту обычным для данного типа поста способом и отмечается время, когда это сделано.

3.6.8. Отметки высот постовых устройств — нулей водомерных реек, головок свай и др. — и их приводки к нулю графика поста, полученные в результате обработки журнала нивелирования, переписываются в техническое дело поста с точностью до 1 мм и в полевую книжку уровнемерных (водомерных) наблюдений (приводка с округлением до 1 см) О порядке изменения приводок при незначительном изменении отметок свай или реек см. п. 4.4.2. Результаты нивелирования постовых уровнемерных устройств оформляются в виде профиля, который прилагается к техническому делу гидрологического поста и его копиям. После переустановки устройства, капитального ремонта или переоборудования профиль пересоставляется заново по результатам нового нивелирования. Результаты последующих контрольных нивелировок выписываются в строчки под имеющимся профилем с указанием даты. На профиле должны быть показаны:

1) контрольный репер;

2) все уровнемерные устройства;

3) рабочий уровень воды (горизонтальной чертой с отметкой и датой);

4) положение нуля графика поста (горизонтальной чертой с отметкой);

5) высший и низший исторические уровни воды (горизонтальной чертой с отметкой и датой).

Под профилем должны быть выписаны:

1) номера постовых реперов, реек и свай;

2) расстояния от постоянного начала до свай, реек и реперов с точностью до 0,1 м;

3) приводки, т. е. высоты репера, головок свай и нулей реек над нулем графика поста с точностью до 1 см.

3.6.9. Контрольное нивелирование постовых уровнемерных устройств производится в сроки, устанавливаемые в зависимости от способа и надежности установки этих устройств и в зависимости от характера местных условий, оцениваемых на основании анализа результатов всех ранее произведенных нивелировок.

В качестве ориентировочных сроков производства контрольных нивелировок, уточняемых в каждом отдельном случае в зависимости от местных условий, могут быть рекомендованы следующие:

а) для постовых уровнемерных устройств реечного типа с рейками, укрепленными на каменных или бетонных мостовых опорах,

стенках набережных и других капитальных гидротехнических сооружений, а также для постовых уровнемерных устройств свайного типа, если анализ нивелировок за прошлые годы указывает на устойчивость свай, один раз в год перед наступлением половодья или периода паводков;

б) для постовых уровнемерных устройств реечного типа с рейками, укрепленными на свайном основании или на деревянных сооружениях, для устройств свайного типа, а также для постовых уровнемерных устройств всех типов, расположенных в районах с суровым климатом, с глубоким промерзанием грунта и в районах распространения многолетней мерзлоты, если анализ нивелировок за прошлые годы показывает существенное изменение отметок высот, происходящее по тем или иным причинам, — два-три раза в год в зависимости от обнаруженной периодичности изменений отметок высот и величины этих изменений.

Кроме того, контрольное нивелирование постовых уровнемерных устройств производится сразу же после получения от наблюдателей извещения о неисправности или повреждении устройств, а также после обнаружения значительных невязок, вызванных изменением высотного положения нулей наблюдения.

3.7. НИВЕЛИРОВАНИЕ IV КЛАССА

3.7.1. Работы по нивелированию IV класса начинаются с ознакомления с той местностью, по которой должен быть проложен нивелирный ход. Намечают наиболее удобное и выгодное направление линии нивелирования, по возможности минуя косогоры, скалы, крутые подъемы, места с рыхлым грунтом, болота, кустарники и другие неудобные места, а также посевы.

3.7.2. Для выполнения нивелирования IV класса из современных нивелиров можно применять нивелиры НВ-1, Н3, НГ и нивелиры с компенсатором НС3, НС4, NiB-3, 4, 5, 6, Ni025. Рейки применяются трехметровые шашечные с установочным уровнем.

3.7.3. Перед началом полевых работ нивелиры исследуют и поверяют. Для нивелиров НВ-1, Н3, НГ выполняют:

а) определение коэффициента дальномера;

б) поверку установочных уровней;

в) поверку плавности вращения верхней части инструмента;

г) поверку установки сетки нитей;

д) поверку установки цилиндрического уровня.

Для нивелиров НС3, НС4, NiB-3, 4, 5, 6, Ni025 выполняют:

а) определение коэффициента дальномера;

б) поверку установочного уровня;

в) определение и устранение ошибки в установке линии визирования;

г) устранение ошибки недокомпенсации.

Рейки исследуют при помощи контрольной линейки. Определяют:

а) ошибки дециметровых делений;

б) среднюю длину метра комплекта реек;

в) разность высот нулей реек.

Определяют разность нулей («пяток») реек, поверяют установочные уровни на рейках. В период полевых работ у нивелиров ежедневно поверяют установочные уровни и не реже одного раза в 15 суток установку цилиндрического уровня (у нивелиров НВ-1, Н3) и определяют и устраняют ошибки в установке линии визирования у нивелиров с компенсатором. Исследования и поверки нивелиров и реек записывают в журнале нивелирования.

3.7.4. Нивелирование IV класса выполняют, как правило, в одном направлении между двумя исходными реперами или, в исключительных случаях, замкнутым ходом от одного репера. Нивелирование IV класса производится из середины. Нормальная длина луча визирования 100 м. Если нивелирование выполняют инструментом, у которого труба имеет увеличение не менее 30×, то при отсутствии колебаний изображений разрешается увеличивать длину луча до 150 м. Расстояние от нивелира до реек можно измерить шагами. Неравенство расстояний от нивелира до реек на станции допускают до 5 м, а накопление их по ходу — до 10 м. Высота луча над подстилающей поверхностью должна быть не менее 0,2 м.

Во время наблюдений нивелир защищают от солнечных лучей при помощи зонта.

Рейки устанавливают отвесно по уровню на костыли, башмаки или деревянные колья (длиной не менее 30 см, толщиной 5 см). На участках с рыхлым и заболоченным грунтом колья делают длиннее.

На заболоченных участках рекомендуется применять нивелиры с компенсатором.

3.7.5. При перерывах нивелирование заканчивают на трех костылях (кольях), забитых в дно ям глубиной 0,3 м. Нивелирование на обеих станциях выполняют по обычной программе, после чего костыли покрывают травой и засыпают землей.

После перерыва выполняют нивелирование на последней станции, а при необходимости — и на предпоследней. Из сравнения результатов нивелирования до и после перерыва устанавливают, какой костыль сохранил свое первоначальное положение, и от него продолжают нивелирование дальше. Костыли считаются сохранившими свое первоначальное положение, если полученные до и после перерыва значения превышения на станции различаются не более чем на 5 мм. В обработку принимают наблюдения, выполненные до и после перерыва. При больших расхождениях нивелирование по секции выполняют заново от постоянного знака.

3.7.6. Наблюдения на станции выполняются в такой последовательности:

а) устанавливают нивелир в рабочее положение с помощью установочного или цилиндрического уровня;

б) наводят трубу на черную сторону задней рейки (у нивелиров с цилиндрическим уровнем приводят пузырек уровня на середину) и делают отсчеты по верхней и средней нитям;

в) наводят на черную сторону передней рейки и делают отсчеты по верхней и средней нитям;

г) поворачивают переднюю рейку красной стороной и делают отсчет по средней нити;

д) наводят трубу на красную сторону задней рейки и делают отсчеты по средней нити.

Результаты наблюдений на станциях записывают в журнал установленной формы.

Образец записи в журнале нивелирования IV класса с рейками, имеющими сантиметровые деления на черной и красной сторонах, приведен в табл. 3.4.

Числами в скобках указана последовательность заполнения журнала. Вычисление дальномерных расстояний (7) и (8), накопление неравенства расстояний от нивелира до реек (9), разности нулей реек, пяток (10) и (11), превышений по черным сторонам (12), по красным — (13), по разностям пяток (15) производится обязательно на станции, пока не сдвинут нивелир и рейки. Только после того, как вычислены перечисленные величины, снимается нивелир и переходят на следующую станцию.

3.7.7. Расхождения значений превышений на станции, определенных по черным и красным сторонам реек, допускают до 5 мм с учетом разности высот нулей пары реек. При большем расхождении наблюдения на станции повторяют, предварительно изменив положение нивелира по высоте на 3—5 см. Если неравенство расстояний от нивелира до реек (7) — (8) > 5 м или накопление неравенств расстояний от нивелира до рейки (9) больше 10 м, то наблюдения на станции повторяют, предварительно изменив плечи от нивелира до реек. В этих случаях вся запись наблюдений зачеркивается, на полях журнала пишут, почему станция переделана и ниже записывают повторные наблюдения.

Журнал заполняется простым карандашом, чернилами, шариковой ручкой. Карандаши по твердости подбираются в зависимости от состояния атмосферы. Слишком твердый карандаш будет царапать и резать бумагу, а мягкий размазываться. Записи в журнале должны быть сделаны четко и ясно. Стирать и подчищать отсчеты нельзя. Если неверно записан отсчет, он зачеркивается и строчкой ниже записывается правильный или зачеркивается и переделывается вся станция. Ошибочные записи в вычислениях аккуратно зачеркивают и сверху записывают правильные.

Далее чернилами заполняют графу «Среднее превышение» и на каждой странице тоже чернилами делают постраничный конт-

Таблица 3.4

Образец записи в журнале нивелирования IV класса

Ход. *От грунт. реп. 606 до грунт. реп. 186*

Начало: *7 ч. 10 мин.* Конец: *10 ч. 50 мин.* Дата: *2 июля 1975 г.*

Погода: *Ясно, слабый ветер.* Изображение: *Спокойное*

№ станций / № реек	Дальномерные расстояния до задней и передней реек	Отсчеты по рейке		Превышение, мм	Среднее превышение, мм
		задняя	передняя		
1	2	3	4	5	6
1 / *грунт. реп. 606*	*375* (7)	*1185* (1)	*1058* (3)		
	372 (8)	*1560* (2)	*1430* (4)	*+130* (12)	*+130* (14)
1—2		*6247* (6)	*6217* (5)	*+30* (13)	
	1/0 (9)	*4687* (10)	*4787* (11)	*+100* (15)	
2	*250*	*1005*	*1209*		
2—1	*263*	*1255*	*1472*	*—217*	*—218*
		6041	*6159*	*—118*	
	0/2	4786	*4687*	—99	
Постраничный	*L* = (7) + (8)	$\Sigma_з$ = (2) + (6)	$\Sigma_п$ = (4) + (5)	$\Sigma 2h$	$\Sigma h_{ср}$
	1260 (22)	$\Sigma_з$ = *15 103* (16)	$\Sigma_п$ = *15 278* (17)	*—174* (18)	*—88* (19)
				—87 (21)	
		$\Sigma_з - \Sigma_п$ = *—175* (20)			
Контроль по ходу:	*290 110* Σ (22)	*414 508* Σ (16)	*402 784* Σ (17)	*+11 724* Σ (18)	*+5862* Σ (19)
		—402 784 Σ (17)		*+5862* (24)	
		+11 724 (23)			

L = *5,8 км* (25)
n = *32 шт.* (26)

Измеренное превышение . . . . . *h'* = *+5862 мм* (27)
Поправка за среднюю длину метра реек . . . *δh* = *+3 мм* (28)

Исправленное превышение . . . . . *h* = *+5865 мм* (28)
h = *+5,865 м* (29)

роль: подсчитывают длину хода L, суммы отсчетов по средней нити по черной и красной сторонам каждой рейки $\sum_з$ и $\sum_к$, сумму $\sum 2h$, (12) + (13) + (15) = (18), $\sum h$ и $\sum h_{ср}$, затем вычисляют разность $\sum_з - \sum_к$ (20). Контроль заключается в том, что эта разность должна равняться $\sum 2h$ (18), а $\sum h$ (21) должна равняться $\sum h_{ср}$ (19).

После того как сделан постраничный контроль, аналогично ему выполняется контроль по ходу, только для всего хода вычисляется длина, суммы отсчетов по задней и передней рейкам, двойное превышение, превышение и среднее превышение по ходу.

В измеренное среднее превышение вводится поправка за среднюю длину метра реек, в результате чего получается исправленное превышение.

Затем по линии между исходными пунктами или по замкнутому ходу от одного пункта подсчитывают невязку, которая не должна превышать ± 20 мм $\sqrt{L}$, где L — число километров в ходе. Если невязка допустимая, составляется ведомость превышений и высот пунктов нивелирования IV класса (табл. 3.5).

Невязка разбрасывается в превышения пронивелированных пунктов в виде поправок со знаком, обратным невязке, а по величине прямо пропорциональных числу километров в секции. По исправленным превышениям от исходных пунктов вычисляют высоты пронивелированных пунктов.

3.7.8. Нивелирование IV класса через водное препятствие шириной 200—400 м разрешается выполнять по урезу воды. На реке выбирают прямолинейный участок со спокойным течением. Вблизи уреза воды на обоих берегах выкапывают отводные канавы с ковшами. По сигналу в ковшах забивают по одному колу, чтобы срезы кольев оказались одновременно на уровне воды. Работу выполняют в тихую погоду. Колья в канавах тотчас же связывают нивелированием по ходу с реперами на берегах. Превышения между реперами на берегах равны сумме превышений по ходу. Нивелирование по урезу воды производят дважды. Расхождения между двумя значениями не должны превышать 20 мм.

3.7.9. Нивелирование через препятствия значительной ширины (более 400 м) по линиям III и IV класса выполняется методами и инструментами, предусмотренными для нивелирования II класса, используя способы, приведенные в «Инструкции по нивелированию I, II, III и IV класса». Как правило, оно выполняется специализированными организациями.

3.7.10. В исключительных случаях нивелирование через значительные водные препятствия производят зимой по льду с соблюдением следующих условий:

а) нивелирование выполняют по наиболее короткому пути;

б) на обоих берегах реки заблаговременно закладывают по два постоянных репера;

в) перед началом нивелирования по льду трассу очищают от снега;

Таблица 3.5

Ведомость превышений и высот пунктов нивелирования IV класса

№ секций	Тип и номер нивелирного знака, тип центра	Описание местоположения нивелирного знака	Расстояние между смежными знаками, км	Расстояние от начального пункта, км	Число штативов	Измеренное превышение, м	Высота над уровнем моря, м	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Ход: *От грунт. реп. 606 до грунт. реп. 186*							
	Исполнитель: *И. И. Иванов*				Дата: *1/VI 1975 г.*			
1	*Грунт. реп. 606, тип 118*	*Березовка, с., в 5,5 км к вост. от него, в 2,2 км к зап. от с. Матвеевка, к сев. от дороги*		*0,0*			*251,768*	
			6,2		*31*	*+16* *+2,678*		
2	*Грунт. реп. 110, тип 118*	*Семеновское, с., в 3,5 км к сев.-вост. от него, в 1,5 км выше устья р. Быстрая, в 100 м от правого берега р. Серебрянки*		*6,2*			*254,462*	
			0,4		*4*	*+1* *+1,267*		
3	*Грунт. реп. 111*	*Семеновское, с., в 3,5 км к сев.-вост. от него, на площадке гидрометстанции*		*6,6*			*255,750*	
			3,2		*18*	*+9* *—0,982*		
4	*Грунт. реп. 186, тип 121*	*Осиновка, с., в 2 км к зап. от него, к югу от дороги в с. Матвеевка*		*9,8*			*254,757*	
		Сумма	*9,8*		*53*	*+2,963*		

Разность высот исходных пунктов . . . $H_к - H_н = 2{,}989$

Полученная невязка хода . . . . . $V_{пол} = -26$ *мм*

Допустимая невязка . . . . . $V_{доп} = \pm 20\sqrt{9{,}8} = \pm 62$ *мм*

Поправка на 1 км хода . . . . . $-\frac{V}{L} = +2{,}7$ *мм*

Вычислял: *техник Петров*

Считали: *читал техник Петров, слушал ст. техник Иванов*

г) расстояния от нивелира до реек должны быть те же, что и при обычном нивелировании; в местах для постановки реек пробивают во льду отверстия, в которые вмораживают деревянные колья длиной 20 –30 см и диаметром 8 10 см с вбитыми в их торцы гвоздями со сферической шляпкой; в местах постановки нивелира для каждой ножки штатива вмораживают колья длиной 10 –15 см и толщиной 8 –10 см;

д) порядок наблюдений и допуски на станциях такие же, как при обычном нивелировании.

Нивелирование по льду выполняют дважды в прямом и дважды в обратном направлениях. Расхождения между средними значениями превышения из двух прямых и двух обратных ходов допускается не более ± 20 мм $\sqrt{L}$ (L — длина хода) при нивелировании IV класса. Нивелирование по льду производят в возможно кратчайший срок в периоды наименьших суточных колебаний льда.

3.7.11. Во всех случаях при нивелировании через водные препятствия значительной ширины выбирают наиболее узкие места с однообразными в топографическом отношении берегами, с наличием островов и отмелей, на которых возможна установка инструмента. Высота луча визирования над водой должна быть не менее 3 м.

ГЛАВА 4. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА УРОВНЕМ ВОДЫ

4.1. УСТРОЙСТВО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ПОСТА

4.1.1. Уровнем воды в водном объекте называется высота водной поверхности над условной горизонтальной плоскостью сравнения. Эту плоскость, неизменную по высоте, принимают за нуль графика гидрологического поста.

Наблюдения за уровнями воды на гидрологических постах должны быть организованы таким образом, чтобы материалы наблюдений на одном посту были сравнимы за весь период его действия и давали возможность сопоставления результатов по ряду постов, расположенных на одном водном объекте.

4.1.2. Уровни, измеряемые на гидрологическом посту, приводятся к нулю графика, высотная отметка которого остается постоянной для всего периода действия поста. Отметка нуля графика выбирается при устройстве поста с таким расчетом, чтобы плоскость нуля графика находилась не менее чем на 0,5 м ниже самого низкого уровня воды в водотоке, который можно ожидать в створе поста. На реках с неустойчивым руслом отметку нуля графика поста необходимо назначать с учетом возможной глубинной эрозии (размыва) русла. При малых глубинах русла отметка нуля графика может быть приурочена к наинизшей отметке дна реки в створе поста или несколько ниже ее. При наличии постов, расположенных на коротком участке реки, имеющей небольшое падение, целесообразно для всех постов назначать общий нуль графика.

В отдельных случаях все же может возникнуть необходимость изменения отметки нуля графика. Изменение высотного положения плоскости нуля графика производится в случаях:

1) переноса поста на значительное расстояние, что равносильно открытию нового поста;

2) неудачного первоначального назначения отметки нуля графика выше наинизшего уровня воды;

3) резкого изменения уровенного режима, например, при создании водохранилища.

Кроме того, может возникнуть необходимость изменить отметку нуля графика при фактической неизменности его высотного положения, т. е. неизменности превышения репера над нулем графика. Это бывает в тех случаях, когда изменяются отметки постовых реперов:

1) при переходе от условной системы отметок к Балтийской;

2) при пересчете отметок исходных реперов органами ГУГК;

3) после повторной нивелировки постовых реперов, если при этом выявятся расхождения, превышающие допустимые невязки нивелирного хода.

4.1.3 Помимо нуля графика на постах имеется один или несколько (при наличии ряда реек или свай) нулей наблюдений.

Под понятием «нуль наблюдений» подразумевается та высотная плоскость, от которой производится отсчет уровня воды в момент наблюдения. На реечном посту — это плоскость нуля рейки, на свайном — головка сваи, по которой в этот момент ведут наблюдения, на мостовом передаточном — постоянная закрепленная точка и т. п.

Превышение нулей реек, головок свай или постоянно закрепленной точки над нулем графика поста называется приводкой этих нулей наблюдений.

4.1.4. Наблюдения на гидрологическом посту могут быть начаты только после того, как будут выполнены следующие работы:

1) установлены постовые репера с приданием им отметок;

2) назначена отметка нуля графика поста;

3) нивелированием от репера поста установлены отметки нулей наблюдений;

4) вычислены приводки всех нулей наблюдений над нулем графика поста, т. е. разности отметок всех нулей реек, головок свай, постоянно закрепленных точек на передаточных постах и отметки нуля графика.

4.1.5. По конструкции устройства для измерения уровня воды подразделяются на следующие типы: реечные, свайные, реечно-свайные, передаточные, автоматические дистанционные.

Выбор того или иного типа устройства для измерения уровня воды определяется величиной годовой амплитуды колебания уровня, особенностями строения берега реки, наличием мостов и гидротехнических сооружений и другими местными условиями, а также требованиями к точности результатов наблюдений.

4.1.6. Реечные устройства для измерений уровня находят применение при достаточно крутых берегах или на стенках гидротехнических сооружений. Для устройства постов этого типа необходимо, чтобы выбранные участки рек отвечали условиям, обеспечивающим сохранность реек от повреждений волнением, ледоходом, при сплаве леса и пр. Реечные посты целесообразно устанавливать на реках, каналах и озерах с небольшими (до 2—4 м) годовыми амплитудами колебания уровня. На реках с большими годовыми амплитудами колебания уровня воды реечные посты применяются лишь в том случае, если рейку можно прикрепить к мостовой опоре или гидротехническому сооружению.

Кроме вертикальных реек применяют и наклонные, устанавливаемые в местах, где имеется искусственное крепление береговых откосов.

Рейки бывают металлические, эмалированные, чугунные и деревянные. Описание реек приведено в Наставлении, вып. 2, ч. II, § 20 (Л., Гидрометеоиздат, 1975).

Рейки для измерения уровня воды устанавливаются на существующих гидротехнических сооружениях (стенках набережных и шлюзов, устоях мостов, на плотинах и т. п.), на специально за-

биваемых сваях и кустах свай, а при обрывистых берегах рейка может быть прикреплена к скале.

К вертикальной стенке каменного (бетонного) сооружения металлические рейки прикрепляют при помощи луженых болтов с гайками. Болты предварительно заделывают в стенках на цементе. Так как при изменениях температуры несколько изменяется длина рейки, то не следует пригонять болты слишком туго; до полного отказа завинчивают гайку лишь у нуля рейки. Если металлическая рейка прикрепляется к деревянной стойке, то болты пропускают через стойку. Желательно рейки устанавливать в специально выбранных пазах заподлицо с поверхностью стенки.

Чтобы прикрепить рейку к наклонной каменной стенке или скале, в них заделывают консоли. Для этого в стенке (скале) долбят отверстия глубиной 20—25 см. Затем консоли заделывают в отверстия на цементном растворе с таким расчетом, чтобы выступающие свободные концы консолей располагались на отвесной линии. Рейки крепят к консолям болтами.

Деревянная рейка у каменной стенки устанавливается на болтах так же, как и металлическая. При установке такой рейки на сваях или у деревянных стенок применение гвоздей не рекомендуется.

При отсутствии гидротехнических сооружений и скал, пригодных для крепления рейки, последнюю прикрепляют к сваям. Рейка может быть прикреплена болтами к двум сваям, соединенным металлическими хомутами, или к одной свае. Одна свая для большей устойчивости может быть укреплена тремя-четырьмя растяжками из каната.

Для предохранения рейки от повреждения ледоходом, бревнами и другими плывущими предметами она должна быть защищена специальным ограждением-ледорезом.

4.1.7. Свайные устройства для измерения уровня воды наиболее удобны для равнинных рек со значительной амплитудой колебания уровней.

Положение свай предварительно намечается на чертеже поперечного профиля берега и лишь после этого переносится на местность. Подробные указания по оборудованию постовых устройств свайного типа даны в Наставлении, вып. 2, ч. II, § 21. Здесь же приводятся лишь дополнительные сведения, необходимые для работников станций.

В настоящее время свайные посты оборудуют стандартными металлическими винтовыми сваями (ПИ-20). При отсутствии стандартных свай последние можно изготовлять из дерева прочных пород (дуб, сосна, лиственница), а для временных — использовать отрезки труб и балок.

4.1.8. Способы установки свай могут быть различными. В зависимости от типа свай и грунта сваи завинчиваются, забиваются или закапываются. Металлические винтовые сваи завинчиваются в грунт специальным ключом. Деревянные сваи в мягкие и тор-

фяно-илистые грунты забиваются ручной бабой (деревянной или металлической) массой 60—80 кг. Под воду сваи забиваются с помощью подбабка, представляющего собой отрезок бревна, наращенный на сваю боковыми накладками. Верхняя часть подбабка находится над водой и принимает удары бабы; после забивки свай на требуемую глубину подбабок и накладка снимаются.

Чтобы сваи не изменяли своего высотного положения при замерзании и оттаивании грунта, их следует завинчивать или забивать так, чтобы в мягкие грунты они углубились не менее чем на 0,5 м в непромерзающий слой, а в слабые торфяно-илистые грунты — не менее чем на 0,5 м в подстилающий плотный грунт.

При наличии плотных (щебень, валуны) и мелкозернистых грунтов (ил, глина, суглинок) сваи не забиваются, а закапываются на глубину не менее 1,5 м. Для большей прочности деревянные сваи закапываются с крестовиной размером 0,5×0,5 м, а нижний конец металлических свай заделывается в бетонный монолит. Выкопанный котлован после установки сваи засыпается не естественным грунтом, а каким-либо крупнозернистым материалом (галька, щебень — из естественного камня или кирпичного гравия) с трамбовкой его по слоям; верхняя часть котлована засыпается слоем естественного грунта и задерновывается. В случае насыщенного водой грунта, препятствующего проведению земляных работ, рекомендуется сваи устанавливать зимой, постепенно откапывая и промораживая котлован.

В каменистых грунтах сваи устанавливаются на глубину не менее 1,0—1,5 м.

В зонах распространения многолетней мерзлоты сваи должны быть установлены так, чтобы их основание было расположено не менее чем на 0,5 м ниже глубины протаивания грунта.

Требования к глубине установки во всех зонах, в том числе и в зонах распространения многолетней мерзлоты, менее жесткие, чем к реперам и поэтому при сезонном промерзании и протаивании грунта (когда возможно изменение отметки сваи) необходимо 3—4 раза в год нивелированием проверять их высотное положение.

При наличии укрепленных берегов со ступенчатыми, капитально сооруженными спусками, вместо свай могут быть использованы сами ступени (каждая или через одну-две ступени) с закреплением на них мест для измерения уровня тем или иным способом (установкой марок, краской и т. п.). В коренной, не трещиноватой скале сваи заменяются вертикальными металлическими штырями, которые укрепляются на цементном растворе в отверстия, пробуренные в скале.

Сваи нумеруются по порядку начиная с верхней от репера вниз. При переустройстве поста производится новая порядковая нумерация всех постовых свай.

Сваям, устанавливаемым взамен пришедших в негодность или уничтоженных, присваиваются номера заменяемых свай. Временным сваям или кольям, устанавливаемым наблюдателем поста,

до замены их постоянными сваями присваиваются номера ближайших вышерасположенных постоянных свай с добавлением обозначения «вр» (временная) или «к» (кол).

Сваи окрашиваются белой краской; черной краской с двух сторон надписывается номер сваи. На деревянных сваях номер может вырезаться сбоку и окрашиваться. Если при наличии скалы сваи заменены металлическими штырями, заделанными в скалу, то номер наносится масляной краской или вырубается на поверхности скалы рядом со штырем.

4.1.9. Высота уровня воды на свайном посту измеряется переносной рейкой. Рейки могут быть металлические (ГР-104), деревянные, а также с успокоителем (ГР-23). Описание реек дано в Наставлении, вып. 2, ч. II, § 21.

4.1.10. Передаточные устройства могут быть мостовые, тросовые (канатные), с непрерывной регистрацией уровня при помощи самописцев уровня воды.

Передаточные мостовые и тросовые посты устраиваются на участках рек с высокими крутыми берегами, где доступ к воде затруднен. Высота уровня на таких постах измеряется от постоянно закрепленной точки, расположенной выше поверхности воды, например, на ферме моста.

Описание передаточных постов приведено в Наставлении, вып. 2, ч. II, § 23.

4.1.11. Самым распространенным передаточным постом является устройство с непрерывной регистрацией уровня воды при помощи СУВ.

Самописцы уровня воды могут быть суточного действия с ежедневной сменой лент наблюдателем и длительного — со сменой лент через 2, 4, 8, 16, 32 суток.

Прибором суточного действия является самописец уровня воды «Валдай», который устанавливается вблизи населенных пунктов, где установка может ежедневно посещаться наблюдателем.

Из самописцев длительного действия наиболее распространен самописец типа ГР-38. Он предназначается для непрерывной регистрации высоты уровня воды при продолжительности действия без смены ленты в течение 8, 16 и 32 суток. ГР-38 устанавливается на опорно-режимных постах с посещением наблюдателем для смены лент в установленные сроки. Кроме того эти самописцы могут быть использованы на временно открываемых экспедиционных постах в летний период без наблюдателя, что дает возможность экспедиции расширить объем работ при том же составе исполнителей.

Самописец уровня воды длительного действия типа 501 (производство Чехословацкой фирмы «Метра») предназначается для непрерывной регистрации колебаний уровня воды при продолжительности действия без смены лент в течение 2, 4 и 8 суток.

Описание самописцев «Валдай», ГР-38 и типа 501, принцип их действия, установка, уход за ними при эксплуатации и хранении приведены в приложениях к Наставлению, вып. 2, ч. II.

4.1.12. В конструктивном отношении установки СУВ делятся на два типа:

1) островной, когда сооружение с самописцем устанавливается непосредственно в водотоке;

2) береговой, когда все сооружение устанавливается на берегу в колодце, сообщающемся с водотоком соединительным устройством.

При выборе типа и конструкции установки самописца необходимо учитывать гидрологический режим водотока, форму берегов и состав слагающих их грунтов, наличие гидротехнических сооружений, характер использования водного объекта в районе установки, экономические соображения. Пределы возможного колебания уровня воды определяют глубину заложения приемного колодца и соединительной трубы, а также общую высоту установки. Интенсивность колебаний уровня воды, размеры волн, приливов, скорости течения определяют размеры отверстий для пропуска воды из водоема или водотока в колодец. Характеристики режима вскрытия, замерзания, толщины льда, ледохода, шуги определяют размер и характер защитных сооружений и мероприятий по предохранению установки от разрушения и по обеспечению ее нормальной работы. Характеристики наносов и устойчивости русла определяют мероприятия, необходимые для предохранения установки от разрушения и заиления. Форма берегов и характер грунта, а также наличие постоянных гидротехнических сооружений и намечаемый срок действия установки определяют ее тип, а наличие судоходства и сплава — необходимые мероприятия по ограждению установки.

При строительстве гидротехнических сооружений или реконструкций в районе поста старых необходимо принимать меры, чтобы в общий проект было включено устройство установки самописца уровня воды.

Согласно постановлению Совета Министров СССР за № 739 от 19 апреля 1954 г., все министерства и ведомства, осуществляющие проектирование, строительство и эксплуатацию гидротехнических сооружений на реках, должны предусматривать в проектах и сметах на строительство новых и реконструкцию существующих гидроузлов, судоходных каналов и шлюзов, мостовых переходов, мелиоративных систем и др. строительство гидрометбюро, станций и постов, необходимых для изучения водного баланса и гидрометеорологического обеспечения строительства и эксплуатации указанных сооружений.

Перечень объектов гидротехнического строительства, на которых должны создаваться соответствующие подразделения Гидрометслужбы (гидрометбюро, станций или постов), а также их количество и расположение на данном объекте устанавливается заинтересованными министерствами и ведомствами совместно с Главгидрометслужбой и согласовывается с Госстроем СССР. Согласно этому постановлению, в проектах гидротехнических

сооружений должно предусматриваться возведение и оборудование установок СУВ.

Безотказная работа установки самописцев уровня воды зависит прежде всего от правильности выбора ее конструкции и компоновки (с учетом конкретной гидрологической обстановки) и от правильности ее технической эксплуатации.

Типы установок СУВ, рекомендации по их выбору в зависимости от условий применения, методы борьбы с заилением даны в Наставлении, вып. 6, ч. II (Л., Гидрометеоиздат, 1972), а также в Альбоме типовых проектов установок СУВ, изданном ГГИ в 1970 г., и во «Временных методических указаниях по эксплуатации гидрометрических установок» (изд. ГГИ, 1971).

4.1.13. Установки СУВ оборудуют двумя контрольными постами, один из которых (внешний) располагается непосредственно в водотоке или водоеме вблизи от места ввода в колодец соединительной трубы; другой (внутренний) — в колодце. Их назначение — обеспечить проверку наличия одинаковой высоты уровня в реке и колодце.

По внешнему контрольному посту производятся отсчеты уровня при смене лент самописца и эти данные являются основой при обработке лент.

Внутренний контрольный пост является индикатором состояния колодца. Отсчеты по внутреннему контрольному посту берутся при установке самописцев уровня воды, в случаях, если по обработанной ленте обнаружена невязка по уровню, периодически в половодье и паводки (периоды наиболее вероятного заиления колодца).

При установке СУВ с самописцем «Валдай» внутренний контрольный пост можно оборудовать крючковой рейкой, грузиком, подвешенным на размеченной токопроводящей жиле, с электроконтактом и др. При установке самописца уровня ГР-38 функции внутреннего контрольного поста выполняет поплавковое устройство. Поплавковое устройство жестко связано с индексом, передвигающимся по шкале пропорционально изменению уровня. Индекс устанавливается на шкале по уровню, приведенному к нулю графика поста. При смене лент (через неделю, две недели, месяц) наблюдатель должен сличать показания индекса на шкале с показаниями внешнего контрольного поста. При обнаружении невязки следует принять меры для восстановления нормальной гидравлической связи колодца с водотоком.

При установке самописца типа 501 функции внутреннего контрольного поста может выполнять счетчик с поплавковым устройством. На цифровом счетчике для этого устанавливается уровень над нулем графика, измеренный на внешнем посту при начале работ. При смене лент надо сличать показания счетчика с показаниями внешнего контрольного поста.

4.1.14. В последнее время в системе Гидрометслужбы предпринимались попытки создания автоматического гидрологичес-

кого поста. Были созданы три модели такого поста: АРРГП, АДГП и «Перекат».

В настоящее время на сети эксплуатируются лишь опытные образцы указанных приборов. АРРГП (ГР-103) — автоматический режимный регистрирующий пост — стационарная автономная установка — предназначен для автоматического измерения уровня и температуры воды с заданной дискретностью. Рекомендуется к установке на режимных постах, где требуется систематическое накопление режимной информации в течение заданного промежутка времени (не менее месяца). Диапазон измерения уровня воды от нуля до 6 м с предельной погрешностью ±4 см. Более подробные сведения о приборе и его эксплуатации — см. Методические указания № 87, 1973 г. Прибор в настоящее время заводским способом не изготовляется.

АДГП — автоматический дистанционный гидрологический пост — предназначен для автоматического измерения уровня и температуры воды и передачи результатов по проводной связи на расстояние до 20—30 км. При этом АДГП обеспечивает измерение и передачу информации при ручном вызове с приемной станции без регистрации информации на техническом носителе. АДГП целесообразно устанавливать на оперативных постах. Диапазон измерения уровня воды 0—6 и 0—12 м (два типа датчика). Предельная погрешность не превышает ±0,5% измеренной амплитуды колебания уровней. Прибор серийно не изготовляется.

Радиоуровнемер «Перекат» обеспечивает автоматическое измерение уровня воды и передачу данных по радио (на расстояние до 300 км). Диапазон измерения уровней 10 м, погрешность измерения ±2 см. Одновременно с передачей по радио данные записываются на бумажную перфоленту. Радиоуровнемер «Перекат» находит применение на устьевых участках северных рек. Серийно не изготовляется.

Во всех трех моделях гидрологического поста принцип действия датчика уровня — гидростатический (гидростатическое давление тем или иным способом преобразуется в электрические сигналы).

4.1.15. Для определения предельных — высшего и низшего — положений уровня применяются отметчики различных типов. Наиболее распространенными являются простейшие отметчики, регистрирующие только высокие уровни между сроками наблюдений, так называемые максимальные рейки. На каждом гидрологическом посту устанавливаются постоянные максимальные рейки. При отсутствии такой возможности могут устанавливаться временные рейки: на подъеме уровня по склону берега — выше, а на спаде — ниже. Максимальные рейки желательно (а на некоторых постах обязательно) устанавливать и в створах уклонных постов.

Описание максимальных реек, применяемых на гидрологических постах, приведено в Наставлении, вып. 2, ч. II, § 32—35.

4.2. ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ

4.2.1. Точность измерения уровня воды зависит от технических данных приборов, условий измерения и предъявляемых требований.

По техническим данным приборов, применяемых на гидрологических постах, точность измерения уровня воды находится в пределах 0,1—6 см.

Крючковая рейка позволяет измерять высоту уровня воды с точностью до ±0,1 см при амплитуде колебаний уровня до 1—1,5 м.

Рейка переносная с успокоителем ГР-23 применяется для измерения уровня воды при высоте волны до 0,4 м и обеспечивает точность отсчета до ± 0,5 см.

Рейки переносные (металлическая ГР-104, деревянная) дают точность измерения ±0,5 см при цене деления 1 см.

Постовые рейки металлические, эмалированные, чугунные в зависимости от цены деления позволяют измерять уровень воды с точностью ±0,5—1 см.

Наклонные рейки размечаются на деления (в сантиметрах), равные $\frac{2}{\sin \alpha}$, где α - - угол наклона рейки к горизонту. В этом случае одно деление наклонной рейки будет соответствовать 2 см вертикальной рейки и, следовательно, обеспечивается точность отсчета ±1 см. Применяются там, где имеется искусственное крепление береговых откосов.

Уровенный пост передаточного типа с тросовым (канатным) передаточным устройством позволяет отсчитывать уровень воды с точностью ±2—3 см, а при применении электроконтакта точность повышается до ±1 см.

Самописец уровня воды «Валдай» (модель 1952 г.) имеет четыре масштаба записи уровня: 1 : 1, 1 : 2, 1 : 5, 1 : 10 и регистрирует амплитуду колебания уровня до 6 м. Предельная погрешность регистрации уровня воды по техническим данным прибора не превышает при указанных масштабах записи соответственно ±0,3, ±0,5, ±0,7, ±1 см.

Самописец уровня воды ГР-38 имеет три масштаба записи уровня воды: 1 : 5, 1 : 10, 1 : 20 и соответственно регистрирует амплитуду колебания уровня 1,5; 3,0; 5,0 м.

Предельная погрешность регистрации уровня при масштабе записи 1 : 5 составляет ±0,5 см, при 1 : 10 — ±1 см, при 1 : 20 — ±2 см.

Самописец уровня типа 501 имеет четыре масштаба записи уровня: 1 : 5, 1 : 10, 1 : 20, 1 : 40 и соответственно регистрирует амплитуду колебания уровня 1,25; 2,5; 5,0; 10 м. Предельная погрешность регистрации уровня при масштабе записи 1 : 5 составляет ±0,5 см; при 1 : 10 — ±1 см, при 1 : 20 — ±2 см, при 1 : 40 — ±4 см.

Стрелочный указатель уровня[1] У-52 позволяет измерять уровень с точностью ±1 см и автоматически отмечает наивысший и наинизший уровни между сроками.

Рейка максимальная ГР-45 рассчитана на амплитуду колебания уровня 1,5 м и обеспечивает точность измерения ±1 см.

4.2.2. Условия измерения уровня не всегда позволяют обеспечивать точность измерения в соответствии с техническими данными приборов.

Для определения реальной точности измерения уровня в условиях волнения, больших скоростей и крупномасштабной пульсации необходимо провести несколько сравнительных опытных измерений с применением эталона (на свайных и реечных постах может быть использована рейка с успокоителем ГР-23), а также среднеарифметическое значение уровня из большого числа отсчетов в течение 5—10 мин (не менее 10 гребней и ложбин). По результатам сравнительных измерений вычисляется абсолютная средняя квадратическая погрешность σ_H в сантиметрах по формуле

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{\sum (H_i - \overline{H})^2}{n-1}},$$

где $\overline{H} = \sum_1^n H_i/n$ — среднее арифметическое значение уровня; H_i — единичное измерение уровня (полусумма отсчетов каждого гребня и ложбины); n — число измерений (не менее 10).

Погрешность, вычисленная по приведенной формуле, будет характеризовать возможную точность измерения уровня воды при заданных условиях. Эта погрешность должна быть вычислена для различных уровней.

4.2.3. Для каждого гидрологического поста должна быть установлена требуемая точность измерения уровня (для большинства постов на больших и средних реках она составляет 1 см), определены возможности ее достижения с использованием установленных приборов или необходимость замены приборов на другие, обеспечивающие более высокую точность измерения уровня. Точность измерения уровня на одном и том же гидрологическом посту может быть различной в зависимости от поставленных задач. Например, на одном и том же посту могут быть поставлены требования точности ежедневных измерений уровня в 1 см и более высокие (до 0,5 см) при измерении уровня для определения уклона водной поверхности.

4.3. ПЕРЕНОС ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ПОСТА

4.3.1. Ввиду большой ценности непрерывных длительных наблюдений в однообразных условиях водного режима и на одном

[1] В настоящее время серийно не изготовляется.

месте всякий перенос гидрологического поста является нежелательным и допускается, когда дальнейшее производство наблюдений за уровнем в данном месте становится нерациональным по следующим причинам:

а) угроза разрушения постовых устройств, например, вследствие оползания или подмыва берега;

б) нарушение свободного водообмена между участком расположения поста и действующим руслом, например, в результате заиления основного русла и превращения его во второстепенный проток;

в) наличие нежелательных местных искажений уровня, выявившихся в результате наблюдений, которых можно избежать на другом месте, например, переменный подпор, зарастание русла и т. п.

4.3.2. В связи с развитием строительства гидроэлектростанций, лесосплавных плотин и других сооружений, резко нарушающих режим уровня, часто возникает необходимость в переносе или устройстве дополнительных гидрологических постов. В этих случаях необходимо руководствоваться следующими положениями

1. Размещение сети постов в районах крупного гидротехнического строительства проектируется заранее по особым заданиям при участии УГМС (ГМО) и научно-исследовательских институтов ГУГМС.

Если существующий гидрологический пост попадает в зону будущего затопления, необходимо своевременно его переоборудовать на расчетную высоту затопления, чтобы была обеспечена непрерывность наблюдений в течение всего периода заполнения чаши водохранилища. В этих случаях створ поста может быть несколько смещен в зависимости от конфигурации берега и удобства расположения поста.

Вопрос переоборудования поста до отметки затопления согласовывается станцией с ГМО. В некоторых случаях целесообразно перенести учет стока непосредственно на гидротехническое сооружение.

2. Если учет стока на сооружениях по их состоянию, конструктивным особенностям и режиму работы оказывается нецелесообразным, пост вместе с гидроствором переносится выше по течению — на участок вне зоны влияния подпора или ниже по течению — на участок, где в меньшей степени сказывается влияние неустановившегося режима при регулировании. В том и другом случае чаще будет иметь место не перенос поста с сохранением ряда наблюдений, а открытие нового поста.

3. Если наблюдения за уровнем на посту, попадающем в результате постройки плотины в зону подпора, имеют самостоятельный практический интерес для характеристики не искаженного подпором режима уровня участка реки, то перенос его на участок, не испытывающий влияния подпора, должен быть осуществлен заблаговременно, т. е. до начала работ по постройке плотины, для

проведения параллельных наблюдений на старом и новом месте и их увязки.

4.3.3. Решение о переносе поста может быть принято только после изучения и анализа имеющихся материалов наблюдений и проведения рекогносцировки, в результате которой должно быть найдено новое место, действительно в большой степени удовлетворяющее требованиям, предъявляемым к участку наблюдений.

При переносе поста новое место выбирается возможно ближе к прежнему. Желательно подобрать новый участок расположения поста, сходный с прежним по ширине реки, глубинам и уклону водной поверхности. Участок реки между двумя постами должен быть беспритоочным, так как основное требование — равенство расходов в створах старого и нового постов.

Для увязки результатов наблюдений на новом и прежнем местах производятся в течение не менее полугода одновременно, охватывающие полностью фазы паводка и межени, наблюдения за уровнем на обоих постах. Одновременные наблюдения обязательны в тех случаях, когда наблюдения на новом посту могут явиться продолжением ряда лет наблюдений на старом посту и характеристики уровня имеют самостоятельное практическое значение. Во всех случаях, когда результаты наблюдений за уровнем имеют лишь вспомогательное значение и используются только для вычисления стока (без задачи использования результатов наблюдений за уровнем для последующего вычисления стока за предыдущие годы) или когда режим уровня в новом месте будет не сравним с режимом на прежнем месте, например, в результате резкой деформации при блуждании русла или вследствие регулирования реки, одновременные наблюдения не производятся. Одновременные наблюдения также не производятся, если пост переносится на небольшое расстояние в пределах однообразного участка при условии, что величина падения между постами не более 5—10 см.

В случаях, указанных в п. 4.3.1 (а, б), пост переносится непосредственно по решению начальника станции с последующим уведомлением ГМО и с подробным объяснением причины переноса. В остальных случаях перенос поста производится лишь по согласованию с ГМО.

Перенос постов, привлеченных к обслуживанию ведомственных организаций, должен быть согласован УГМС (ГМО) с этими организациями.

Все обстоятельства и условия переноса, так же как и все необходимые сведения по посту на новом месте, отражаются в техническом деле поста.

4.3.4. При переносе поста и его устройстве на новом месте рекомендуется до начала производства параллельных наблюдений произвести высотную привязку реперов нового поста к основному реперу старого поста и определить падение уровня между постами. Если расстояние переноса не превышает несколько сотен метров, основной репер старого поста может быть оставлен в качестве

основного; для нового поста устраивается лишь контрольный репер.

В том случае, когда привязка реперов нового поста произведена до начала параллельных наблюдений, отметка нуля графика поста на новом месте назначается первоначально больше или меньше отметки нуля графика старого поста на величину падения уровня между постами. При этом, если новый пост расположен выше по течению, величина падения уровня прибавляется к отметке нуля графика старого поста, а если новый пост расположен ниже по течению — вычитается.

Если высотная увязка реперов не осуществлена до начала параллельных наблюдений (что допускается в исключительных случаях), то отметка нуля графика нового поста, первоначально условная, назначается с таким расчетом, чтобы высоты уровня на старом и новом постах над нулем графика в день начала одновременных наблюдений были равны между собой.

Рис. 4.1. График связи уровней старого и нового постов.

I — новые наблюдения полностью увязаны с прежними; *II* — новые наблюдения только согласованы, но не являются продолжением прежних.

По результатам параллельных наблюдений на старом и новом постах строится график связи уровней на обоих постах.

При анализе графика связи уровней по старому и новому постам могут встретиться три случая:

1) связь получилась в виде однозначной прямой с небольшим разбросом точек, проходящей под углом 45° к осям координат (рис. 4.1, прямая *I*).

Это означает, что режим уровня на прежнем и новом местах одинаков, т. е. наблюдения полностью увязаны. Ряд наблюдений не разрывается — наблюдения на новом месте считаются продолжением прежних и помещаются в одной годовой таблице с ежедневными уровнями старого поста.

Окончательная отметка нуля графика поста после переноса принимается равной первоначально назначенной отметке с поправкой на величину ΔH, равной отрезку на оси уровней нового поста от начала координат до точки пересечения линии связи с этой осью.

Если при назначении первоначальной отметки нуля графика нового поста были выполнены приведенные выше рекомендации, эта поправка не должна превышать нескольких сантиметров;

2) связь получилась в виде однозначной прямой, проходящей под углом к осям координат, не равным 45° (рис. 4.1, прямая *II*),

или в виде однозначной кривой. Это означает, что режим уровня на прежнем и новом местах не вполне однороден (например, при переносе поста с широкого участка реки на более узкий, при изменении уклона на новом участке и пр.). Ряд наблюдений считается прерванным; по результатам наблюдений на старом и новом постах составляются отдельные таблицы ежедневных уровней.

Окончательная отметка нуля графика нового поста устанавливается так же, как и в первом случае;

3) связь получилась неоднозначной (разным фазам режима свойственны самостоятельные линии связи) или на графике связи наблюдается большой разброс точек, который нельзя объяснить ошибками и неточностью наблюдений.

Это свидетельствует о значительной неоднородности режима реки на старом и новом местах вследствие резких деформаций русла, наличия приточности, водозабора или регулирования стока на участке переноса. В этом случае перенос рассматривается как закрытие прежнего и открытие нового поста.

4.4. КОНТРОЛЬ МАТЕРИАЛОВ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА УРОВНЕМ

4.4.1. Контроль материалов наблюдений за уровнем производится на гидрологической станции ежемесячно сразу же по получении полевых материалов (книжек КГ-1М, таблиц ТГ-11, лент СУВ).

Контроль книжки КГ-1М заключается в следующем:

1) просмотр записей наблюдателя и выборочная проверка произведенных им вычислений и выборок с целью установления правильности ведения наблюдений и их обработки. Если за проверяемый месяц на посту было проведено контрольное нивелирование, то в случае изменения приводок должны быть соответственно исправлены вычисленные ранее средние суточные значения уровня воды и проверены выборки значений за все предыдущие месяцы со дня установленного срока действия новой приводки;

2) построение хронологических графиков колебания уровня, температуры воды, ледовых фаз и толщины льда на комплексном графике результатов гидрометеорологических наблюдений (рис. 4.2.), по которому проводится анализ хода уровня и его взаимосвязи с другими элементами гидрологического режима;

3) построение хронологических графиков уровня воды, совмещенных по всем постам, прикрепленным к данной гидрологической станции, и проведение анализа согласованности хода уровня между соседними постами (рис. 4.3).

4.4.2. Приводки нулей наблюдений к нулю графика вычисляются на посту сразу же после контрольного нивелирования; работник, проводящий нивелирование, должен располагать све-

дениями об обметках и приводках по грем—пяти предыдущим нивелированиям и по нивелированию, принятому за исходное. Если по результатам контрольного нивелирования приводки изменились, в ряде случаев целесообразно нивелирование сразу же повторить еще раз.

Вычисление приводок нулей наблюдений к нулю графика производится в следующем порядке:

1) вычисленные по последнему нивелированию отметки нулей наблюдений и их приводки к нулю графика сличаются с прежними отметками и приводками по предыдущим контрольным нивелированиям;

2) в случае изменения величины приводок тщательно просматриваются книжки наблюдений КГ-1М за все время между контрольными нивелированиями, выясняются причины и устанавливаются даты изменения приводок (или производится интерполяция приводок во времени).

Отметки нулей наблюдений вычисляются и выписываются в справочную табличку книжки КГ-1М с точностью до 1 мм, а приводки к нулю графика — с точностью до 1 см или 0,5 см (при установленной точности измерения уровня на посту 0,5 см).

При точности измерения уровня в 1 см приводка изменяется только в том случае, если отметка нуля наблюдений изменилась по сравнению с исходным нивелированием на 10 мм и более, а при точности измерения уровня в 0,5 см — на 5 мм и более.

Для того чтобы найти моменты изменения приводок, необходимо тщательно просмотреть полевые книжки наблюдений, обращая внимание на записи наблюдателя о случаях повреждения постовых устройств. Если окажется, что такие случаи действительно имели место, изменения приводок следует отнести к датам повреждения постовых устройств; до повреждения принимаются одни приводки, после повреждения — другие. Если же в книжках КГ-1М записей о повреждениях постовых устройств не обнаружено, то следует обратить внимание на все случаи, когда изменения в высоте положения нулей наблюдений были наиболее вероятны — на периоды ледоходов, замерзания и оттаивания почвы, интенсивного сплава леса, случаи причала плотов и судов в районе поста и т. п. Для свайных постов следует выбрать из книжек случаи одновременных отсчетов высоты уровня по соседним сваям и по ходу изменения превышений одной сваи над другой попытаться установить даты изменения приводок.

Необходимо тщательно проанализировать ход уровня по записям наблюдателя; скачкообразное изменение уровня в период, когда колебания уровня маловероятны, будет свидетельствовать об изменении приводки.

Если в период между нивелированиями вероятно постепенное изменение отметок устройств для измерения уровня (например, вследствие зимнего выпучивания свай), то даты изменения приводок через каждый сантиметр по высоте находятся путем прямо-

Рис. 4.2. Комплексный график результатов

1 — расход воды; *2* — расход воды и взвешенных наносов; *3* — расход воды, взвешенных и течений; *7* — взятие проб воды на химический анализ; *8* — отбор проб на гранулометри ных наносов; *10* — отбор проб на грануломет

ГРАФИК
наблюдений за 1974 г.

р Паша
с Часовенское

Примечания.
В период 5 V–29 VIII наблюдался подпор уровня от лесосплавной запани и Ладожского озера.
Подъем уровня в период 29 XI–11 XII вызван зажором ниже поста 200 м.
За период 29 XI–11 XII сток подсчитан по интерполяции.

гидрометеорологических наблюдений.

донных наносов; *4* — промер русла; *5* — контрольная нивелировка поста; *6* — съемка ческий состав взвешенных наносов; *9* — отбор проб на гранулометрический состав донрический состав взвешенных и донных наносов.

Рис. 4.3. Совмещенные графики колебания уровня воды на реках бассейна р. Сясь.

линейной интерполяции между датами начала и конца выпучивания свай, а при невозможности установления указанных дат — между датами нивелирований.

Интерполяция приводок производится только для тех свай и реек, по которым велись наблюдения в период между нивелированиями. При этом обязательно используются результаты параллельных наблюдений при переходе с одной сваи на другую.

При значительных изменениях приводок следует для проверки правильности их интерполяции построить график связи между значениями уровня воды, наблюденными на соседнем и на данном постах. При построении такого графика следует использовать ряд наблюдений, охватывающий значительно больший период времени, чем тот, который вызывает сомнения в отношении приводок. Кроме графика связи рекомендуется построить совмещенные по времени хронологические графики уровня воды для тех же постов и проанализировать степень их согласованности. Несогласованный ход уровня на этих графиках, необъяснимый естественными причинами изменений элементов режима на участке между постами, будет указывать на моменты изменения приводок, на характер этих изменений и их значения.

При вычислениях приводок принимается, что репер станции сохраняет свою отметку, а все изменения в значениях приводок являются результатом изменения высот нулей наблюдения — реек, свай. Следует иметь в виду, что иногда изменения в приводках могут быть обусловлены изменением высоты репера; на изменение высоты репера свайного поста указывает согласное (на одно и то же значение) изменение приводок всех или большинства свай. В этом случае обязательно производится повторное нивелирование между контрольным и основным реперами и при необходимости — связующие нивелирование от репера государственной сети.

В случае выявления неправильно вычисленных или принятых по времени приводок вычисления значений уровня воды за предыдущие месяцы (за все время применения неправильных приводок) соответственно исправляются. Результаты прежних вычислений и выборок перечеркиваются так, чтобы они все легко читались.

4.4.3. Просмотр полевой книжки наблюдений КГ-1М производится с целью установления правильности наблюдений и обработки в соответствии с требованиями Наставления, вып. 2, ч. II.

В паводочные периоды проверяется, своевременно ли начаты установленные для данного поста учащенные наблюдения. На свайных постах выявляется устойчивость свай по одновременным наблюдениям при переходе со сваи на сваю. Обращается внимание на четкость записей, полноту замечаний о явлениях, могущих изменить режим уровня воды в районе поста или вызвать местное искажение уровня, если таковые имели место.

При выборочной проверке выполненных наблюдателем поста вычислений и выборок дополнительно просматриваются книжки

для записи измерений расходов воды и журналы нивелирований за данный месяц. Если записанные в них уровни были выше или ниже крайних его значений, отмеченных в книжке наблюдений, то эти уровни учитываются и выборки высшего и низшего значений уровня в проверяемой книжке соответственно исправляются с указанием источника, на основании которого они исправлены.

Результаты визуальных наблюдений за ветром, волнением, водной растительностью и другими явлениями в жизни реки, самостоятельно не обрабатываемые, служат как при просмотре полевых книжек, так и при последующем анализе для оценки их влияния на точность измерения уровня и используются в дальнейшем при оценке точности вычислений стока.

После просмотра и выборочной проверки вычислений производится оценка работы наблюдателя поста, которая сразу же сообщается ему вместе с подробными указаниями ошибок и путей по устранению обнаруженных недостатков в наблюдениях и обработке. При выявлении необходимости проведения контрольного нивелирования или переноса поста, дополнительного обучения наблюдателя и в других срочных случаях организуется внеочередная инспекция поста.

4.4.4. Комплексный график результатов гидрометеорологических наблюдений, на котором изображается годовой ход элементов гидрологического режима по наблюдениям на данном посту и ход температуры воздуха и осадков в речном бассейне, строится в карандаше на миллиметровой бумаге (см. рис. 4.2). График охватывает текущий календарный год и для преемственности последнюю декаду предшествующего и первую декаду последующего года. Комплексный график строится в течение всего года по мере поступления с постов материалов наблюдений и проведения контрольной проверки на гидрологической станции.

Для постов с полным комплексом гидрологических наблюдений на комплексный график наносится гидрограф по средним суточным расходам с показанными на нем точками измеренных расходов, график колебания мутности единичных проб по средним суточным (пентадным, декадным) значениям с показанными на нем значениями средней мутности по измеренным расходам наносов. На него наносятся также графики колебания уклона водной поверхности и вспомогательные графики переходных коэффициентов $K_{зим}$ и $K_{зар}$, служащие не только для анализа результатов наблюдений, но являющихся и рабочими графиками при вычислении стока. Кроме указанных данных, на график наносятся условными знаками даты выполнения отдельных видов работ на посту — измерений расхода воды, взвешенных и донных наносов, промеров, контрольных нивелировок, взятия проб воды на химический анализ и проб взвешенных наносов и донных отложений на гранулометрический анализ и т. п. Даты измерения расходов отмечаются флажками на графике уровня с указанием порядкового номера измерения. Основание флажка помещается на высоте расчет-

ного уровня, к которому отнесен расход, а не на линии графика, построенного по средним суточным значениям уровня. Даты выполнения других видов работ отмечаются внизу соответствующими условными знаками.

График средней температуры воздуха строится по данным ближайшей метеостанции, даже если она расположена за пределами данного водосбора.

Суточные суммы осадков наносятся по одной из метеостанций или посту, характеризующих средние условия увлажнения водосбора, замыкаемого данным постом. Для равнинных рек этому условию обычно будет удовлетворять метеостанция или пост, расположенные в средней части бассейна. В горных районах, где количество и режим выпадения осадков существенно изменяются с высотой местности, графики осадков следует строить по двум станциям или постам, расположенным в различных высотных зонах.

Рис. 4.4. Условные обозначения фаз ледового режима.

1 — сало; *2* — заберег; *3* — сало при заереге; *4* — редкий шугоход; *5* — средний шугоход; *6* — густой шугоход; *7* — редкий ледоход; *8* — средний ледоход; *9* — густой ледоход; *10* — ледостав; *11* — вода течет поверх льда; *12* — закраины; *13* — разводья; *14* — подвижка льда; *15* — затор льда ниже поста; *16* — затор льда в створе и выше поста; *17* — зажор ниже поста; *18* — зажор в створе и выше поста (условные знаки *17*, *18* ставятся в начале и конце периода зажора).

При построении комплексного графика необходимо пользоваться следующими общими правилами:

1) горизонтальный масштаб (по оси времени) принимается общим для всех элементов: 1 мм соответствует 1 суткам;

2) для удобства сравнения графиков за ряд лет вертикальный масштаб для изображения хода каждого элемента назначается из года в год постоянным;

3) хронологический график уровня воды строится в таком масштабе, чтобы многолетняя амплитуда колебаний уровня занимала по высоте не более 10—12 см. Масштабы по оси уровня примерно определяются табл. 4.1.

Таблица 4.1

Амплитуда, м . .	до 1,0	1—2	2—5	5—10	более 10
Масштаб	1 : 10	1 : 20	1 : 50	1 : 100	1 : 200

4) фазы ледового режима отмечаются в виде отдельной полосы шириной 4 мм, помещаемой над графиком уровня, с условными обозначениями согласно рис. 4.4;

5) хронологические графики температуры воды и воздуха вычерчиваются в вертикальном масштабе: 1 мм соответствует 1° С. На графике температуры воздуха для наглядности положитель-

ные значения температуры следует выделять красным карандашом, а отрицательные — синим;

6) хронологический график толщины льда и снега на льду вычерчивается в масштабе: 1 мм соответствует 2 см. Общая толщина льда подразделяется черной сплошной линией на непогруженный и погруженный лед;

7) график осадков вычерчивается в вертикальном масштабе 1 мм = 1 мм. Жидкие осадки изображаются черными столбиками, твердые — незалитыми.

При построении всех хронологических графиков следует придерживаться общего правила — откладывать на чертеже значение того или иного элемента на линии, ограничивающей справа миллиметровое деление, отвечающее данным суткам.

4.4.5. Хронологические графики уровня, совмещенные по всем постам, прикрепленным к данной гидрологической станции, строятся по образцу рис. 4.3.

Для удобства последующего анализа графики, относящиеся ко всем постам одной реки, следует строить на одном листе. Шкала времени для всех графиков назначается общей. В верхнем правом углу каждого листа помещается схема расположения постов.

При расположении графиков на листе следует руководствоваться следующими правилами:

1) между графиками по постам на основной реке, находящимся выше и ниже значительного притока, помещается график по самому нижнему посту на притоке;

2) для рек, вытекающих из озер, сначала помещается график хода уровня на озере, а затем график по верхнему посту на реке;

3) если нижний пост расположен на приустьевом участке реки в зоне возможного подпора от водоприемника (главной реки, озера, водохранилища), желательно поместить график ухода уровня на этом водоприемнике.

Графики строятся с таким расчетом, чтобы они, как правило, не пересекались, для чего нули шкал уровня воды смещаются. Масштабы графиков (горизонтальный и вертикальный) принимаются такими же, как и для комплексного графика.

Для одного листа масштаб по оси уровня назначается однообразным для всех совмещенных графиков и сохраняется постоянным из года в год.

Границы месяцев показываются вертикальными линиями.

Над графиком колебаний уровня воды для каждого поста дается графическое изображение ледовых фаз теми же условными обозначениями, как и на комплексном графике; с левой стороны надписывается название реки, пункта и площадь водосбора.

В процессе анализа на графиках прослеживаются по длине реки или сравниваются с другими реками развитие и затухание паводков, наступление и характер междупаводочных периодов, ход изменения уровня в периоды ледообразования и. т. п. Оцени-

вается степень согласованности в ходе уровня и ледовых явлений на отдельных постах и выявляются причины, нарушающие эту согласованность в отдельные периоды. Рекомендуется в процессе анализа данного года обращаться также к материалам прошлых лет, особенно для оценки высоты уровня на периоды летней и зимней межени и в междуповодочные периоды.

4.4.6. Обнаруженные случаи несогласованности хода отдельных элементов гидрометеорологического режима не могут являться основанием для внесения каких бы то ни было исправлений в полевые данные. Эти случаи должны служить для станции лишь сигналом к тому, чтобы повторить проверку результатов наблюдений, а при отсутствии ошибок в вычислениях еще раз внимательно просмотреть весь материал, чтобы выявить другие причины, могущие вызвать несогласованность данных. В этих случаях основное внимание должно быть обращено на проверку правильности организации и технику производства наблюдений, состояние постовых устройств, качество и полноту полевых записей.

В результате гидрологического анализа по комплексному графику и совмещенным графикам уровня воды могут быть выявлены недостатки в организации работ и обнаружены ошибки, не вскрытые при просмотре и выборочной проверке вычислений.

Краткие замечания об особых условиях, определяющих точность и надежность наблюдений, и пояснения к факторам, обусловливающим особенности водного режима реки в отдельные периоды и дни, записываются прямо на чертежах между графиками, но так, чтобы эти записи не затрудняли чтение самого чертежа. На комплексных графиках более подробные замечания и необходимые выводы по результатам гидрологического анализа записываются на свободной полосе в правой части чертежа.

Если недостатков в записи, производстве и обработке наблюдений не было обнаружено и замеченные случаи нарушения согласованности или взаимной связи анализируемых элементов гидрологического режима работником, производящим анализ, не могли быть объяснены какими-либо естественными или искусственными причинами, то результаты наблюдений должны быть взяты под сомнение и на графиках подчеркнуты волнистой красной чертой.

В тех случаях, когда при анализе были выявлены какие-либо особенности режима, которые должны быть учтены в процессе вычисления стока, они записываются на правом свободном поле комплексного графика.

Следует иметь в виду, что все записи на чертежах комплексных и совмещенных графиков являются рабочими, вспомогательными материалами, а потому, стремясь изложить их кратко, не следует отказываться от записей кажущихся «мелочей», которые часто как раз и являются основными.

4.4.7. Если на посту в отдельные периоды производятся многосрочные наблюдения за уровнем воды более чем в четыре срока, то дополнительно к книжке КГ-1М на период многосрочных на-

блюдений составляется таблица ТГ-11 с небольшими изменениями (см. приложение 4 Наставления, вып. 2, ч. II).

Определение среднего суточного уровня при многосрочных наблюдениях через равные промежутки времени производится по формуле

$$H_{\text{ср. сут}} = \left(\frac{H_0 + H_{24}}{2} + H_1 + H_2 + \ldots + H_{24-n}\right) : \frac{24}{n},$$

где H_0 и H_{24} — значения уровня воды соответственно в 0 и 24 ч; H_1, H_2 и т. д. — значения уровней через равные принятые промежутки времени (исключая 0 и 24 ч); n — принятый интервал времени.

4.4,8. С постов, оборудованных самописцами уровня воды, на гидрологические станции поступают обработанные ленты за сутки, двое суток, неделю, две недели или месяц в зависимости от типа установленного прибора. Ленты СУВ подвергаются критическому просмотру с точки зрения полноты и качества записи, затем по данным контрольных нивелировок проверяется правильность записи уровней над нулем графика для контрольных засечек и наличие всех необходимых записей. Примеры обработки лент самописцев уровня воды «Валдай», ГР-38 и типа 501 приведены в Наставлении, вып. 2, ч. II. При выборочной проверке обработанных лент целесообразно применять различные технические приемы, сокращающие затраты времени. Например, можно использовать передвижную шкалу, которая изготовляется из ленты самописца. Вырезается несколько полосок шириной 1—3 см, которые склеиваются в одну длинную полосу с таким расчетом, чтобы на ней размещалась шкала уровня в масштабе записи самописца от наинизшего уровня до наивысшего. Контрольный уровень у засечки на ленте в один из сроков совмещается с таким же уровнем на передвижной шкале и затем определяются уровни у часовых интервалов или характерных точек. Использование передвижной шкалы дает возможность быстро проверить записи наблюдателя на ленте.

При выборочной проверке обработанных лент самописцев длительного действия (а иногда и суточного) можно довольно быстро определить значение среднего суточного уровня графическим путем (планиметрированием фигуры, ограниченной линией записи). Полученное число делений планиметра, умноженное на соответствующий коэффициент, даст среднесуточное приращение уровня над условной ординатой. Переходный коэффициент легко получить путем обвода планиметром квадрата на ленте для соответствующего масштаба записи.

Целесообразно использовать также графический способ разверстки невязки, который позволяет без дополнительных вычислений снимать с ленты уровень воды, исправленный на значение невязки по уровню. Сущность способа заключается в следующем: на ленте параллельно оси времени прочерчивается смещен-

ная абсцисса таким образом, чтобы отсчет по линейке, приложенной нулем к засечке в 8 ч, показывал уровень над нулем графика в 8 ч или значение, пропорциональное этому уровню (например, в 10 раз меньшее и т. п.). В конце записи на ленте, до которой разверстывается невязка по линейной интерполяции, на перпендикуляре к смещенной абсциссе откладывается значение невязки в масштабе записи уровня (положительная — вниз, отрицательная — вверх). Начало абсциссы (по времени совпадающее с началом записи) и конец отрезка невязки, отложенного на перпендикуляре к абсциссе, соединяются прямой, которая уже непараллельна оси времени. Таким образом, получается «треугольник невязки». Ординаты уровня воды отсчитываются от полученной «исправленной» абсциссы с помощью обычной линейки и поправки вводятся автоматически.

Проверяются также правильность заполнения таблицы ТГ-11 и вычисления среднего суточного уровня. При обработке лент по способу равных интервалов надо пользоваться формулой, приведенной в п. 4.4.7. При обработке лент по методу характерных точек, а также для многосрочных наблюдений с неравными интервалами используется формула

$$H_{\text{ср. сут}} = \left(\frac{H_1 + H_2}{2} T_{1-2} + \frac{H_2 + H_3}{2} T_{2-3} + \ldots + \right.$$

$$\left. + \frac{H_{n-1} + H_n}{2} T_{(n-1)-n}\right) : 24,$$

где H_1, H_2, ..., H_n — высоты уровня в характерных точках; T_{1-2}, ..., $T_{(n-1)-n}$ — промежуток времени между соседними точками. Надо иметь в виду, что H_1 всегда будет соответствовать уровню на ленте в 0 ч, а H_n — в 24 ч.

При наличии систематических расхождений между отсчетами по ленте и контрольными измерениями уровня воды на посту, превышающих удвоенную точность измерения уровня, следует провести инспекцию поста и принять меры по устранению расхождений.

4.4.9. При обработке результатов измерений по отметчику — по максимальной рейке — проверяется правильность вычисления ее приводки и уровней.

4.4.10. После просмотра, проверки и анализа результатов наблюдений за уровнем, записанных в книжках КГ-1М и в таблицах ТГ-11 (для многосрочных наблюдений и обработанных лент СУВ), производится дальнейшая обработка данных в соответствии с рекомендациями «Наставления гидрометеорологическим станциям и постам», вып. 6, ч. III (Л., Гидрометеоиздат, 1958). По результатам наблюдений за уровнем составляются таблицы «Ежедневные уровни воды». Эти таблицы составляются постепенно в течение всего года, по мере проверки полевых записей и окончательно оформляются после анализа материалов.

ГЛАВА 5. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ПРОДОЛЬНЫМИ УКЛОНАМИ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

5.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

5.1.1. Продольным уклоном водной поверхности на некотором участке реки называется разность отметок уровней (падение ΔH), отнесенная к длине участка S, т. е. $I = \frac{\Delta H}{S}$. Уклон может выражаться в отвлеченных единицах или в метрах на километр (промилле).

5.1.2. Наблюдения за продольными уклонами водной поверхности должны быть организованы в тех створах, где в отдельные периоды времени с целью повышения точности учета стока необходимо производить определение расхода методом «уклон—площадь».

К таким случаям относятся:

— недостаточная освещенность измерениями верхней части кривой расходов;

— наличие переменного подпора, обусловленного различными причинами (подпор от впадения нижерасположенного притока или от реки-водоприемника, в которую впадает данная река, от заторно-зажорных явлений и т. п.);

— наличие интенсивных русловых деформаций;

— резко выраженное неустановившееся движение потока (при расположении поста ниже крупных гидротехнических сооружений, осуществляющих попуски, на реках с наличием ливнедождевых паводков и др.);

— наличие затапливаемой в половодье или паводок широкой поймы;

— замена измерений расходов воды их вычислением по уравнению неравномерного движения или формуле Шези по всей амплитуде колебания уровня или только при паводочных уровнях (уровнях половодья).

Наблюдения за уклоном водной поверхности организуются также на реках-аналогах для получения значения коэффициента C уравнения неравномерного движения или формулы Шези и для пойм — значения коэффициента шероховатости n в целях распространения полученных данных на неизученные реки.

5.1.3. Частота измерений уклонов зависит от гидравлического режима потока, условий измерений и требуемой точности. Уклоны измеряются в таком количестве, чтобы получить достаточно обоснованную кривую зависимости уклона от уровня. При этом измерения уклона должны осветить зависимость $I = f(H)$ по возможности по всей амплитуде колебания уровня воды и обязательно дать данные об уклонах в следующие фазы режима:

— начало весеннего подъема уровней;

— наступление уровней, соответствующих отметке выхода воды на пойму (при наличии последней);

— на пике половодья;

— среднее затопление поймы при спаде половодья;

— летняя межень (высокая, низкая);

— начальный период ледостава, его середина и период перед вскрытием реки.

При наличии переменного подпора частота измерений уклонов определяется быстротой изменения подпорных уровней. Иногда в такие периоды требуются ежедневные измерения уклонов. Вопрос о частоте измерений в этом случае решается гидрологической станцией.

5.1.4. Для производства наблюдений за уклонами водной поверхности в соответствии с рекомендациями, изложенными ниже, выбирается участок реки, по концам которого оборудуются уклонные посты. По своей конструкции — это обычные уровенные посты, тип которых выбирается в соответствии с местными условиями (характер русла, профили берегового откоса и т. д.). При наличии самописцев уровня воды желательно уклонные посты оборудовать ими.

Обычно один из уклонных постов (особенно верхний) стремятся совместить со створом основного (гидрологического) поста, но иногда основной пост оказывается расположенным в промежутке между уклонными.

Наблюдения за уровнем воды на уклонных постах следует проводить по возможности одновременно. При наличии одного наблюдателя и значительной длины базиса (расстояния между уклонными постами) для возможности приведения наблюдений к одному моменту времени наблюдатель поста должен записывать время производства наблюдений на каждом посту. При этом в периоды быстрого изменения уровней можно рекомендовать следующий порядок отсчетов по водомерным устройствам: на основном посту, на верхнем уклонном посту, на основном посту, на нижнем уклонном посту, на основном посту. Для случаев резкого изменения уровня воды при любом количестве постов на основном посту должны быть выполнены измерения уровня в начале работ по измерению уклона, в конце и в промежутке между наблюдениями.

При обработке наблюдений на уклонных постах строится график изменения уровня во времени по данным наблюдений на основном посту, по которому находится поправка к уровню на уклонных постах.

5.1.5. Уклоны водной поверхности могут быть получены с различной степенью осреднения по длине. Для некоторых видов гидравлических расчетов применяется уклон, осредненный в пределах морфологически однородных участков русла (включающих ряд плёсово-перекатных пар). Для тех целей, которые определены п. 5.1.2, используется значение м е с т н о г о уклона, т. е. того уклона, который наряду с другими гидравлическими характеристиками (средняя глубина, площадь водного сечения и пр.) определяет пропускную способность русла в данном створе. Мест-

ные уклоны получаются осреднением по длине участка, репрезентативного для условий протекания потока через данный гидроствор. Чем короче участок, выбранный для измерения уклона, тем больше оснований считать, что он будет репрезентативным. Поскольку основной характеристикой уклона является падение ΔH на участке, то при малой длине последнего и малом падении значение уклона будет соизмеримо с погрешностями измерения уровня воды на уклонных постах. С этой точки зрения репрезентативный участок надо выбирать по возможности длиннее.

5.2. ВЫБОР РЕПРЕЗЕНТАТИВНОГО УЧАСТКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УКЛОНА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

5.2.1. Наиболее физически обоснованным подходом к выбору репрезентативного участка для измерения местного уклона водной поверхности является использование уравнений, описывающих движение воды в естественных потоках. В общем случае движение в реках является неустановившимся, но в большинстве случаев (нет выраженных паводочных петель или петель от искусственных попусков на кривой расходов) его можно рассматривать как установившееся неравномерное.

Уравнение установившегося неравномерного движения для участка потока, записанное в конечных разностях, имеет вид

$$I = \frac{v_{ср}^2}{C^2R} + \frac{\alpha_н v_{ср.\,н}^2 - \alpha_в v_{ср.\,в}^2}{2gS},$$

где I — уклон водной поверхности на участке; $\frac{v_{ср}^2}{C^2R}$ — член, выражающий уклон трения; $\frac{\alpha_н v_{ср.\,н}^2 - \alpha_в v_{ср.\,в}^2}{2gS}$ — инерционный член, характеризующий изменение средних скоростей по длине потока; $v_{ср.\,н}$, $v_{ср.\,в}$ — средние скорости в створах нижнего и верхнего уклонных постов: $\alpha_н$ и $\alpha_в$ — соответственно коэффициенты Кориолиса в этих же створах; C — коэффициент, характеризующий гидравлическое сопротивление; S — расстояние между створами уклонных постов; g — ускорение свободного падения; R — гидравлический радиус, который при широком русле обычно заменяется средней глубиной.

Неравномерность движения потока характеризуется вторым членом правой части приведенного уравнения, т. е. характером изменения средних скоростей по длине участка. Чтобы участок был репрезентативным, изменение скоростей на нем должно быть однообразным (либо увеличение, либо уменьшение). Поскольку скорости изменяются обратно пропорционально площадям сечений, указанное условие относится также к площадям, т. е. в пределах репрезентативного участка площади живых сечений дол-

жны либо убывать, либо возрастать. В ряде случаев за счет изменения формы живого сечения площади могут мало меняться; в то же время наличие мезоформ (гряд) большого масштаба, создающих вертикальное сжатие и расширение потока, приводит к существенному изменению режима движения. В таких случаях следует соблюдать дополнительное условие — места расположения уклонных постов по отношению к гидроствору надо выбирать так, чтобы между уклонными постами было обеспечено однообразное изменение средних глубин, т. е. уклонные посты должны располагаться на гребне и впадине мезоформы или в промежутке между ними (рис. 5.1).

Рис. 5.1. Схема расположения створов для измерения уклонов водной поверхности.

1 — гидроствор; *2* — правильное положение уклонных створов на репрезентативном участке; *3* — неправильное положение уклонных створов.

Коэффициент α, входящий в уравнение неравномерного движения, в пределах одного участка значительных изменений не претерпевает. Коэффициент C при паводочных уровнях на беспойменных участках рек практически постоянен.

Для обоснованного выбора репрезентативного участка с целью производства наблюдений за уклонами необходимо иметь план русла в горизонталях на значительном расстоянии или хотя бы серию поперечников, привязанных к магистрали на берегу. Если гидроствор расположен на плёсе, участок должен захватывать либо выше-, либо нижележащие перекаты. При отсутствии таких планов места расположения уклонных постов в первом приближении можно установить на основе рекогносцировочного обследования по ширинам русла в паводок, учитывая, что изменения ширин по длине коррелятивно связаны обратным соотношением с изменением средних глубин. При этом места расположения уклонных створов по отношению к гидроствору выбираются так, чтобы они не выходили за границы выше и нижележащих больших расширений и сужений русла.

По изменениям площадей живого сечения в пределах участка (при наличии плана русла в горизонталях) или ширин (полученных по рекогносцировочному обследованию) следует заранее составить представление о характере изменения уклона (измеренного на репрезентативном участке) с увеличением уровня при паводочных наполнениях русла. При увеличении площади живого сечения ниже гидроствора и соответственно при расширении русла — уклон возрастает с повышением уровня. При уменьшении площади живого сечения и соответственно при сужении русла ниже гидроствора — уклон уменьшается с ростом уровня. На

сравнительно прямолинейном однообразном участке значительного протяжения — уклон при паводочных наполнениях не зависит от изменения уровня, т. е. практически постоянен. Указанные закономерности могут нарушаться при наличии условий, вызывающих дополнительные гидравлические сопротивления, например, наличие переменного подпора, кустарников и деревьев, создающих дополнительную шероховатость и т. д.

На рис. 5.2 приведен конкретный пример по выбору репрезентативного участка для измерения уклона водной поверхности при наличии схематического плана русла на протяжении 1 км при паводочных наполнениях, нескольких измерений уклона нивелированием, измерений площадей живого сечения и ширин. Как видно на рис. 5.2 *а*, гидроствор расположен на сравнительно прямолинейном участке небольшой длины. Ниже гидроствора имеется расширение русла, из чего следует, что уклон при паводочных наполнениях должен возрастать с повышением уровня. Верхний уклонный пост расположен в 160 м выше гидроствора. Необходимо установить нижнюю границу репрезентативного участка. В соответствии с вышеизложенным граница участка не должна выходить за пределы наибольшего расширения, т. е. положение нижних уклонных створов I и II — будут на репрезентативном участке, а III и IV — на нерепрезентативном. Эти выводы подтверждаются данными рис. 5.2 *б*, где приведены продольные профили дна и водной поверхности на рассматриваемом участке и график изменения ширин по длине при паводочных уровнях. Примерно на расстоянии 600 м от верхнего уклонного поста (в. у. п.), что соответствует положению нижнего уклонного поста (н. у. п.) II, имеет место резкий перелом в ширине русла при уровнях половодья и в продольном профиле дна (построен по отметкам средних глубин). Из данных рис. 5.2, *в* видно, что на участке в. у. п.— н. у. п. I и в. у. п.— н. у. п. II уклон возрастает с возрастанием уровня; на участке в. у. п.—н. у. п. III уклон уменьшается с возрастанием уровня; на участке в. у. п.—н. у. п. IV уклон не зависит от изменения уровня, т. е. постоянен. Из данных рис. 5.2 *г* видно, что при использовании данных об уклоне на репрезентативном участке в. у. п.—н. у. п. II — коэффициент C формулы Шези, начиная с уровня 170 см над нулем графика практически постоянен и равен 46 $м^{1/2}$ с, а при использовании уклона, измеренного на нерепрезентативном участке в. у. п. — н. у. п. III — коэффициент C возрастает.

После окончательного выбора участка на уклонных постах, как и на гидростворе, следует нивелированием и путем промера получить профили поперечного сечения до уровня высоких вод.

5.2.2. На горных реках, как и на равнинных, движение воды описывается уравнением установившегося неравномерного движения.

Однако на горных реках имеются особенности, отличающие их от беспойменных участков равнинных рек. На малых горных

Рис. 5.2. Схематический план участка (*а*): *б* — продольные профили дна (*1*), водной поверхности (*3*) и график изменения ширин реки по длине участка (*2*); *в* — зависимости от уровня воды параметра $M = \frac{v_{ср}}{\sqrt{h_{ср}}}$ по гидроствору и уклонов водной поверхности на участках разной длины; *г* — зависимости от уровня воды коэффициента *C* формулы Шези, вычисленного при уклонах, измеренных на репрезентативном (*1*) и нерепрезентативном (*2*) участках.

реках наличие крупных валунов в русле или у берегов вносит изменения в характер движения потока; на значительных по величине горных реках выступы скал на берегах могут создавать иногда даже зоны с обратными течениями, не характерными для условий протекания основной массы потока. Поэтому на таких реках при выборе репрезентативного участка для измерения уклона водной поверхности следует в основном придерживаться условия однообразного изменения площадей живых сечений и учитывать местные особенности. В общем случае для горных рек можно привести некоторые дополнительные рекомендации. Независимо от падения уровня протяженность участка наблюдений должна быть не менее 30 м на малых реках (шириной до 15 м) и не менее удвоенной ширины русла на реках больших размеров. При существующих гидрологических постах на малых горных реках возможны отступления от изложенных рекомендаций о длине участка при наличии выше и ниже гидроствора на берегах валунов, частично или полностью затопляемых при высоких уровнях и вносящих изменения в гидравлические условия протекания потока. В таких случаях участок можно выбирать меньшей длины, но надо увеличивать число измерений уклона для получения надежной осредненной зависимости уклона от уровня.

Для учета местных условий на каждой конкретной реке следует проводить нивелирование уклона водной поверхности по обоим берегам и если разница в измерении уклона по одному берегу не будет отличаться более чем на 10—15% по сравнению с его средним значением по обоим берегам, то измерения производятся на одном берегу.

На горных реках с неровными (в плане) скальными берегами и извилистой береговой линией уклоны, измеряемые по обоим берегам, даже на значительном протяжении зачастую существенно различаются между собой. При этом надо иметь в виду, что иногда полученные уклоны отражают не условия протекания основной водной массы, а изменения, вносимые выступами скал в береговой зоне (за выступами скал может наблюдаться зона обратного течения). Для таких рек можно рекомендовать выбирать участок для измерения уклонов после проведения нивелирования уровня по обоим берегам в местах, где поблизости отсутствуют выступы скальных пород, и затем решать вопрос об измерении уклона на одном берегу.

На горных реках с одним пологим берегом, а другим — с выступами скальных пород следует провести такие же съемки, как и при наличии обоих скальных берегов. При этом может оказаться, что посты для измерения уклона надо оборудовать вдоль пологого берега.

5.2.3. Если гидрологический пост оказался выбранным на участке реки с широкой поймой, затапливаемой в половодье (паводок), что допустимо в виде исключения, то вопрос выбора репрезентативного участка по измерению местного уклона водной

поверхности представляет собой сложную специальную задачу.

В общем случае при расположении гидроствора в сужении долины границы створов уклонных постов не следует выносить за пределы резких расширений или сужений долины, расположенных ниже или выше гидроствора. На участке (и особенно на гидростворе) ось главного русла не должна составлять большой угол с осью долины. Целесообразно участок выбирать с односторонней поймой, где главное русло прижато к одному из берегов. Если большая часть расхода воды при высоких уровнях проходит по пойме, можно менее строго относиться к требованиям выбора участка для измерения уклона главного русла, и участок выбирать так, чтобы можно было обеспечить определение расходов воды на пойме. Схема расположения уклонных постов, в минимальной мере обеспечивающая получение продольных уклонов в главном русле, продольных и поперечных уклонов в пойме для простейшего случая параллельности осей главного русла и поймы, приведена на рис. 5.3.

Рис. 5.3. Примерная схема расположения уклонных постов на створах с широкими поймами.

1 — гидроствор; *2* — створы уклонных постов; *3* — уклонный гидрологический пост; *4* — основной гидрологический пост; *5* — коренной берег.

Следует также иметь в виду, что на пойменных участках рек репрезентативные участки для измерения уклона водной поверхности могут быть разными для русловой зоны до выхода воды на пойму и после выхода. При невозможности оборудования двух участков предпочтение следует отдать репрезентативному участку при высоких уровнях.

5.2.4. Установив границы репрезентативного участка для измерения уклона водной поверхности, следует найти длину участка (базиса), определяющую общее значение падения уровня в его пределах. Измеренные уклоны должны обладать определенной заданной точностью. Последняя находится в зависимости от длины участка, точности нивелирования, связывающего водомерные устройства в створах уклонных постов, значения измеряемого уклона и погрешности, с которой измеряется уровень воды на уклонных постах. Эти параметры связаны формулой

$$S = \frac{\eta^2 + \sqrt{\eta^2 + 800\sigma_{0I}^2 I^2 \sigma_H^2}}{200 I^2 \sigma_{0I}^2},$$

где η — средняя квадратическая погрешность нивелирования на длине базиса (для нивелирования IV класса $\eta = \pm 10$ мм на 1 км двойного хода); σ_{0I} — относительная средняя квадратическая погрешность измерения уклона, $^0/_{00}$; σ_H — средняя квадратическая

погрешность измерения уровня воды, мм; S — расстояние между уклонными створами, км; I — значение измеряемого уклона, ‰.

Для применения приведенной формулы уклон определяется в результате рекогносцировочного обследования. В формулу следует вводить уклон, измеренный в половодье (паводок); при изменяющемся с уровнем уклоне ориентировочно берется уклон при половодье (паводке) средней высоты.

Если значение вычисленного базиса окажется больше, чем длина репрезентативного участка, выбранного по гидравлическим условиям протекания водной массы потока, то необходимо повысить точность измерения элементов, входящих в приведенную формулу, в такой мере, чтобы расчетная длина базиса не превышала длину репрезентативного участка. Точность измерения уровня на уклонных постах можно повысить путем применения рейки с успокоителем ГР-23; повышения точности измерения уклона или, вернее, более точное проведение осредненной кривой зависимости уклона от уровня можно достичь путем учащенных наблюдений за уклоном; точность нивелирования — путем повышения его класса.

Для наиболее часто встречающихся условий на основе формулы для определения длины базиса составлена табл. 5.1, в которой приведены длины базиса S для различных значений уклонов, погрешностей их измерения и погрешностей измерения уровней.

Таблица 5.1

Расстояние между уклонными постами S (км) при измерении местных уклонов водной поверхности

I ‰	$\sigma_{0I} = 7\%$		$\sigma_{0I} = 10\%$		$\sigma_{0I} = 15\%$	
	$\sigma_H = 5$ мм	$\sigma_H = 10$ мм	$\sigma_H = 5$ мм	$\sigma_H = 10$ мм	$\sigma_H = 5$ мм	$\sigma_H = 10$ мм
0,05	8,7	9,8	4,5	5,5	2,2	3,0
0,06	6,1	7,2	3,2	4,1	1,6	2,3
0,08	3,6	4,6	2,0	2,7	1,0	1,6
0,10	2,5	3,3	1,4	2,0	0,7	1,2
0,20	0,8	1,3	0,5	0,9	0,3	0,5
0,30	0,4	0,8	0,3	0,5	0,2	0,3
0,40	0,3	0,5	0,2	0,4	0,1	0,3
0,50	0,2	0,4	0,2	0,3	0,1	0,2
0,60	0,2	0,4	0,2	0,3	0,1	0,2
0,80	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1
1,0	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1
1,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

5.3. ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ПО ИЗМЕРЕНИЮ УКЛОНА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

5.3.1. Первичная обработка данных наблюдений за уклонами водной поверхности производится на гидрологическом посту сразу же после наблюдения. На гидрологической станции выборочно

проверяются обработанные материалы, поступившие с поста, и в первый год наблюдений выполняется анализ с оценкой репрезентативности выбранного участка и возможностей использования данных об уклоне в целях экстраполяции кривых $Q = Q(H)$, расчетов расходов по уравнению неравномерного движения или формуле Шези.

5.3.2. Первичная обработка на посту заключается: а) в вычислении измеренных значений уклона путем деления падения ΔH между уклонными постами (после приведения к одному моменту времени) на длину базиса S; б) в построении зависимости значений измеренного уклона от уровня. Если точка измеренного уклона резко отклоняется от общего направления кривой $I = I(H)$, то измерение надо повторить или выяснить причину отклонения.

5.3.3. На гидрологической станции для постов, расположенных на беспойменных участках рек, на которых возможно получить площади живого сечения в створах верхнего и нижнего уклонных постов и значения коэффициента Кориолиса, в значение измеренного уклона вводится поправка за счет неравномерности движения потока на участке измерения. Поправка вычисляется по формуле:

$$H_{ин} = \frac{\alpha Q^2}{2g}\left(\frac{1}{\omega_н^2} - \frac{1}{\omega_в^2}\right),$$

где Q — расход воды, протекающей на участке в момент измерения уклона; $\omega_в$, $\omega_н$ — площади живых сечений соответственно в створах верхнего и нижнего уклонных постов; α — коэффициент Кориолиса.

Вычисленная инерционная поправка вводится в значение падения лишь в том случае, если она составляет не менее 5% величины падения. В формулу Шези в этом случае подставляется уклон с поправкой. При этом, если $\omega_н < \omega_в$, поправка вводится в измеренное значение падения со знаком минус, а при $\omega_н > \omega_в$ — со знаком плюс.

5.3.4. Для оценки репрезентативности выбранного участка по измерению местного уклона водной поверхности по материалам первого года наблюдений дополнительно к кривой уклонов $I = I(H)$ строятся зависимости от уровня параметра $M = \frac{v_{ср}}{\sqrt{h_{ср}}} = C\sqrt{I}$ и коэффициента C формулы Шези, $C = \frac{v_{ср}}{\sqrt{h_{ср} I}}$ (рис. 5.4).

Вид зависимости $I = I(H)$ или $I = I(h_{ср})$ в первом приближении проверяется на основе заранее составленных представлений по морфометрическим данным и гидрологическим условиям протекания потока на участке. Например, если ниже гидроствора имеется расширение, уклон должен возрастать с повышением уровня; если ниже гидроствора впадает приток, который создает

переменный подпор, зависимость уклона от уровня имеет сложную форму и т. п.

Вид кривой уклонов при паводочных уровнях для репрезентативного участка позволяет оценить кривая зависимости параме-

Рис. 5.4. Зависимости параметра $M = \frac{v_{ср}}{\sqrt{h_{ср}}}$, местного уклона водной поверхности I, коэффициента $C = \frac{v_{ср}}{\sqrt{h_{ср} I}}$ от средней глубины (р. Нея — д. Буслаево).

тра M от уровня. $M = C\sqrt{I}$ и поэтому при постоянном значении коэффициента C характер изменения M с увеличением уровня (на беспойменных участках рек) пропорционален изменению $\sqrt{I}$. Если при паводочных наполнениях русла M (вычисленное как $M = \frac{v_{ср}}{\sqrt{h_{ср}}}$) возрастает, убывает, постоянен или зависимость $M = M(H)$ имеет сложную форму, то аналогичным образом изменяется и уклон водной поверхности. Если такого соответствия нет, то в первую очередь надо проверить репрезентативность выбран-

ного участка для измерения уклона, а также наличие факторов, создающих дополнительное сопротивление. Указанное соответствие в ходе изменения параметра M и уклона может не наблюдаться в случаях, если коэффициент C формулы Шези не постоянен с изменением уровня.

Устойчивость коэффициента C может не прослеживаться на беспойменных участках рек в следующих случаях:

— на малых реках со средними глубинами в половодье (паводок), не превышающими 1 м, вследствие продолжающегося при этих глубинах уменьшения относительной шероховатости (увеличения коэффициента C) и недостижения условий компенсирующего влияния;

— при наличии дополнительного гидравлического сопротивления при высоком половодье (паводке), обусловленного наличием кустарника и деревьев на берегах, что приводит к уменьшению C;

— при интенсивных паводках, когда переформирование дна отстает от хода изменения уровня воды;

— при большой деформации русла, приводящей к резким изменениям величины и формы площадей живых сечений;

— при резко выраженном неустановившемся движении.

Постоянное значение коэффициент C принимает, начиная с некоторой глубины, которую можно назвать глубиной выравнивания; она примерно на 1—2 м больше средних меженных глубин.

Построенная зависимость $C = C(H)$ анализируется с точки зрения закономерностей изменения коэффициента C (постоянство при уровнях половодья или паводка) и соответствия величины C характеру донных отложений и степени устойчивости русла. Например, если для малой горной реки с галечно-валунным руслом получено $C = 50$ м$^{1/2}$/с, то это должно быть сигналом о нерепрезентативности выбранного участка для измерения уклона. Ориентировочно оценку полученного значения C для беспойменных участков рек можно произвести путем ее сравнения с зависимостями $C = C(H)$ на основе данных об уклоне, характере донных отложений и степени устойчивости русла (рис. 5.5). Кривые всех видов, приведенные на рис. 5.5, не применяются для временных водотоков, для участков равнинных рек с каменистым дном и в условиях резко выраженного неустановившегося движения. Эти кривые можно применять и для створов с широкими поймами для оценки значения C главного русла на уровне бровки.

5.3.5. Створы с широкими поймами имеют особенности по сравнению с беспойменными створами, с точки зрения гидравлики.

1) Различные части русла — главное русло, пойма, рукава и протоки — резко различаются между собой по морфометрии и характеру шероховатости. Иногда в них наблюдаются различные продольные уклоны, приводящие к возникновению поперечных уклонов.

2) Кривая зависимости продольных уклонов от уровня в большинстве случаев меняет направление, свойственное русловой зоне. Наиболее типичен случай, когда при выходе воды на пойму уклон начинает резко возрастать, так как гидроствор обычно

Рис. 5.5. Зависимости коэффициента C формулы Шези от уклона водной поверхности. Цифры у точек — коэффициенты устойчивости русел Лохтина, пунктир — границы 10%-ных отклонений.

Кривая I ($C = 18{,}5I^{-0{,}1}$) применима для беспойменных участков рек с подвижным дном, уклонами от 0,0002 до 0,0055, шириной русла в паводок или половодье $B > 100$ м, средней глубиной более 3 м и коэффициентом устойчивости русел Лохтина $1 < \frac{d}{I} < 5$. Кривая II ($C = 22\ I^{-0{,}07}$) применима для малых рек с уклонами от 0,00002 до 0,0005, шириной русла в паводок или половодье $B < 100$ м и средней глубиной более 1 м. Кривая III ($C = 7{,}2I^{-0{,}25}$) относится к малым горным рекам с галечно-валунным руслом, уклонами от 0,002 до 0,011 и шириной русла в паводок или половодье не менее 50 м. Кривая IV ($C = 19{,}6$) относится к равнинным рекам с шириной русла в межень не более 25 м, средними глубинами не более 2 м и берегами, заросшими сплошным кустарником. Кривая V применяется для рек с коэффициентом устойчивости русел Лохтина $0{,}03 < \frac{d}{I} < 0{,}6$ (получена на основании использования материалов по рекам США).

стремятся располагать в сужении долины. Но встречаются случаи и устойчивости уклона.

3) Между потоками в главном русле и на пойме имеет место взаимодействие, которое выражается в возникновении дополнительных гидравлических сопротивлений на границе соприкосновения потоков. При этом пропускная способность главного русла уменьшается, а потока на пойме — увеличивается.

4) Между русловым и пойменным потоками, как правило, вдоль рассматриваемого участка происходит перераспределение расхода: или отток масс воды из главного русла на пойму, или перетекание с поймы в русло.

5.3.6. Для учета первой особенности для створов с широкими поймами кривые гидравлических элементов (уклона водной поверхности, параметра M, коэффициента C и др.) строятся отдельно для главного русла, поймы, протока, рукава. В отдельных случаях при больших наполнениях поймы допускается использование для всех частей русла уклонов главного русла (если измерений уклонов на пойме нет).

Учет третьей особенности позволяет составить представление о виде кривой коэффициента C для главного русла с изменением уровня. Сначала устанавливается значение C для русла при уровнях, близких к отметке пойменной бровки, и для этого уровня анализ проводится так же, как и для беспойменных створов. При уровнях более высоких коэффициент C главного русла уменьшается по сравнению с его значением на бровке. Уменьшение C зависит от величины угла пересечения осей главного русла и поймы (чем больше угол пересечения, тем больше уменьшение C) и от перераспределения расхода между этими потоками (приток воды в главное русло с поймы обусловливает уменьшение C, а отток — увеличение).

Для определения уменьшения коэффициента C при заданном уровне по сравнению с его значением на бровке может быть использована следующая приближенная эмпирическая формула:

$$C_0 = (A - 4{,}8\,\eta)\,C_б,$$

где C_0 — коэффициент, характеризующий сопротивление трения и влияние явления взаимодействия между русловыми и пойменным потоками; $C_б$ — значение коэффициента C на уровне бровки; A — параметр, характеризующий эффект торможения потока главного русла вследствие пересечения осей этого потока и потока поймы; η — параметр, характеризующий торможение потоков главного русла вследствие потерь энергии на вихреобразование на границе между пойменными и русловыми потоками.

Параметр A определяется по табл. 5.2 в зависимости от угла пересечения потоков главного русла и поймы $\alpha_п$ и соотношения между расходами потоков (соответственно $Q_р$ и $Q_п$).

Параметр η для односторонней поймы вычисляется по формуле

$$\eta = \frac{\left[1 - 0{,}5\left(\frac{h_б}{h_{ср}}\right)^{2/3}\right] h_б}{\sqrt{\omega}},$$

где $h_{ср}$ — средняя глубина; ω — площадь живого сечения главного русла; $h_б$ — глубина на пойменной бровке главного русла.

Главным из рассмотренных факторов является угол пересечения осей главного русла и поймы. Ориентировочно можно устано-

вить пределы уменьшения C до наивысшего уровня по сравнению с его значением на бровке. При $\alpha_п > 60°$ предел уменьшения составляет 0,3—0,6$C_б$, при $\alpha_п = 10 \div 30°$ — предел уменьшения до 0,6—0,7$C_б$.

Подробный анализ зависимостей коэффициента C от уровня для створов с широкими поймами приведен в «Пособии по экстраполяции кривых расходов воды до наивысших уровней» (Л., Гидрометеоиздат, 1966).

Таблица 5.2

Определение параметра

$\alpha_п$	$Q_п \geqslant {}^1/_2 Q_р$	$Q_п < {}^1/_2 Q_р$
$< 10°$	1,0	1,0
10°	0,9	1,0
20°	0,8	0,9—1,0
30°	0,7	0,8—0,9
40°	0,6	0,7—0,8
50°	0,5	0,6—0,7
60°	0,4	0,5—0,7

5.3.7. Для любых створов характер изменения уклона с уровнем должен соответствовать заранее составленным представлениям на основе изучения морфологических, гидрологических и гидравлических условий на участке, а характер изменения коэффициента C — соответствовать установленным закономерностям. Проведение такого анализа позволяет более широко использовать данные об уклонах, полученные по меткам высоких вод.

Для анализа в конкретных случаях могут быть привлечены и зависимости от уровня других гидравлических элементов, например, ширины русла, средней глубины, изменения площадей на участке, изменения средних скоростей и т. п.

ГЛАВА 6. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДОВ ВОДЫ

6.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

6.1.1. Расходы воды естественных водотоков измеряются в настоящее время следующими способами:

а) способом «скорость—площадь», при котором тем или иным путем определяется средняя скорость в живом сечении потока и посредством промеров глубин устанавливается площадь водного сечения. Для измерения скорости течения обычно применяют гидрометрические вертушки или поверхностные (также глубинные) поплавки; в последнем случае — иногда с применением аэрометодов;

б) способом «уклон—площадь», при котором измерению подлежат продольные уклоны водной поверхности потоков и площади водного сечения, а расходы получают расчетным путем по формуле Шези или уравнению неравномерного движения. Этот способ находит применение при экстраполяции кривых расходов до наивысших уровней, а также при определении прошедшего максимального расхода по его следам (меткам) на берегах;

в) путем сооружения на реках гидрологических расходомеров-контрольных русел, гидрометрических лотков и водосливов; эти расходомеры позволяют получать расход непосредственно по значению измеренного уровня воды на основании соответствующей теоретической (гидравлической) или тарировочной зависимости. Применяются для учета стока малых водотоков; методика использования расходомеров изложена в Наставлении, вып. 6, ч. II (Л., Гидрометеоиздат, 1972);

г) способом смешения (разбавления) потока, при котором в поток вводится определенное количество того или иного индикатора (обычно используется поваренная соль), который после достаточно полного перемешивания с потоком затем обнаруживается в пробах воды, взятых в некотором створе ниже по течению от места пуска индикатора. По уравнению баланса вещества-индикатора находят значение расхода водотока. Этот метод применим в основном на малых горных реках с расходами, не превышающими 15—20 $м^3/с$ (см. Наставление, вып. 6, ч. II);

д) использованием гидротехнических сооружений ГЭС, гидроузлов, насосных установок. Методика измерения расходов указанными сооружениями является важной составной частью системы государственного учета вод (СГУВ); она излагается в специальных инструкциях и рекомендациях. Общие организационно-методические положения ее приведены в главе 7 настоящего выпуска.

В настоящей главе излагается методика измерения расходов воды способом «скорость—площадь», являющимся основным методом измерения расходов воды на средних и больших реках. Он

подразделяется на две разновидности в зависимости от способа измерения скоростей: вертушечный и поплавочный.

6.1.2. Измерение расходов воды (с последующим вычислением) производится, как правило, наблюдателями постов, которые при этом руководствуются Наставлением, вып. 2, ч. II. В отдельных случаях при наличии сложных гидрологических условий (во время половодья на больших реках, при ледоходе и лесосплаве и т. п.) расходы измеряются специалистами станций, а наблюдатель поста на этот период является их помощником.

В обязанности гидрологической станции входит: организация работ, разбивка, оборудование, периодическая проверка гидрометрического створа и перенос его в случае необходимости; обучение и инструктаж наблюдателей; проверка выполненных ими работ; текущий контроль и анализ материалов.

Измерения и вычисления расходов воды станция проводит:

а) в тех гидростворах, в которых вследствие сложных условий работы измерения расходов воды в течение всего года не могут самостоятельно производиться наблюдателем поста;

б) в тех гидростворах, в которых в периоды половодья и паводков наблюдатель, самостоятельно производящий измерения, на указанные периоды нуждается в помощи и руководстве со стороны станции;

в) только в первый год действия гидростворов, когда измеряется не менее 10 расходов воды многоточечным способом. Измерения расходов 2-точечным способом, как правило, производятся самостоятельно наблюдателем поста как в первый год, так и в последующем;

г) измерения контрольных расходов в течение года в порядке руководства и проверки работы наблюдателя в зависимости от степени его подготовки и квалификации.

6.2. РАЗБИВКА И ОБОРУДОВАНИЕ ГИДРОМЕТРИЧЕСКОГО СТВОРА

6.2.1. Гидрометрический створ представляет собой закрепленный на местности поперечник через реку, в водном сечении которого ведутся измерения расхода воды и наносов.

На участке станции (поста) должен быть, как правило, один гидрометрический створ, совпадающий со створом гидрологического поста или находящийся в непосредственной близости от него.

Для постов, на участке которых не представляется возможным назначить только один створ, удовлетворяющий в равной степени техническим условиям производства работ при любых возможных состояниях режима реки, необходимо устраивать несколько створов для работы при низком и высоком уровне воды, наличии ледяных образований или водной растительности в русле и при от-

сутствии их и пр., но так, чтобы между отдельными створами не было сколько-нибудь заметного увеличения потерь стока.

Если река имеет протоки, то гидрометрические створы должны быть устроены как в главном русле, так и в протоках.

При значительной отдаленности створа от гидрологического поста и в том случае, если участки основного поста и гидроствора заметно различны по ширине и глубине, в гидрометрическом створе оборудуется дополнительный пост, на котором производятся наблюдения за уровнем лишь при измерении расхода воды.

При наличии нескольких обособленных проток, если уровень воды в них отличается от уровня в главном русле, то, кроме поста в главном русле, во всех протоках, пропускающих более 20% общего расхода воды в половодье или паводок, также оборудуются дополнительные посты, по которым ведутся наблюдения за уровнем во время измерения расхода воды.

6.2.2. Местоположение гидрометрического створа при неизменных условиях течения потока должно, как правило, оставаться постоянным. В случае заметных изменений условий течения, например, увеличения косины струй потока, образования у берегов водоворотных зон или мертвых пространств, надвигания осередков и побочней и т. п., ухудшающих технические условия работы и снижающих точность измерения расхода воды, изменяется направление створа или он переносится на новое место, удовлетворяющее требованиям пп. 2.1.1—2.1.3, с занесением в Техническое дело и последующим извещением ГМО.

На реках с блуждающим руслом изменение направления или перенос створа осуществляется сразу же, как только гидрометрический створ оказывается непригодным для достаточно точных определений расхода воды.

Наблюдатель и ИТР станции, обслуживающие гидрометрический створ, должны следить за всеми изменениями условий течения потока и немедленно извещать станцию о необходимости изменения направления или переноса гидроствора, указывая и новое место, куда целесообразнее его перенести.

Если гидроствор окажется в зоне переменного подпора от расположенного ниже гидротехнического сооружения или в зоне неустановившегося режима при суточном регулировании вышерасположенной установки (ГЭС, гидроузел), то должно быть произведено обследование участка реки и названных сооружений; в некоторых случаях по согласованию с ГМО створ целесообразно перенести на новое место, где эти нарушения режима сказываются в меньшей степени, либо учет стока перенести на сооружение.

6.2.3. На вновь организуемых гидрологических постах постоянному гидроствору, находящемуся в створе основного поста, или самому близкому к нему придается № 1.

При переносе гидроствора новому створу, а также другим створам, разбиваемым для работ при каком-то определенном состоянии режима реки, присваиваются следующие порядковые номера.

Для рек с неустойчивым руслом, когда гидроствор приходится переносить очень часто, нумерация створов ведется в пределах календарного года, т. е. нумерация створов ежегодно начинается с № 1. На реках с блуждающим руслом, где гидростворы с постоянным оборудованием вообще отсутствуют, нумерация створов не производится. Дополнительным гидростворам в протоках придается тот же номер, что и створу в основном русле.

6.2.4. Гидрометрический створ назначается перпендикулярно среднему направлению течения, которое определяется следующим образом.

Первоначально створ назначается на глаз перпендикулярно общему направлению течения реки, ориентируясь на очертания берегов. Затем в 8—10 точках, равномерно распределенных по ширине реки, определяется направление течения при помощи измерителя течений ГР-42, бифилярного подвеса (ГР-6), привязными поверхностными поплавками или по траекториям движения поверхностных поплавков. Наилучшим способом будет являться тот, который обеспечивает получение осредненного по вертикали направления течения (приборами ГР-42 или ГР-6). Одновременно измеряется скорость течения вертушкой.

Рис. 6.1. Разбивка гидрометрического створа с учетом направления течения.

Значения полученных скоростей наносятся на план в определенном масштабе, выбранном для скорости течения, в виде векторов, т. е. под соответствующим углом к линии гидроствора *АБ*, полученным при измерениях направления течения указанными выше способами (рис. 6.1). Затем к первому от берега вектору пристраиваются последовательно с сохранением измеренного направления и линейных размеров все остальные векторы. Прямая *ВГ*, соединяющая начало первого и конец последнего векторов, и будет являться равнодействующей и показывать среднее направление течения.

Перпендикуляр *АД* к равнодействующей *ВГ* будет означать правильное положение гидроствора, которое при оборудовании гидроствора и должно быть закреплено на местности.

Если после назначения створа по линии, перпендикулярной среднему направлению течения, на некоторых скоростных вертикалях останется косина, то в зависимости от ее величины принимаются следующие решения.

1) Направления скоростей на отдельных вертикалях отклоняются от среднего направления не более чем на 10°. При этом косина струй может не учитываться, так как возможная погрешность в определении расхода не превысит 1,5%. Все же в данном

случае предпочтительно производить измерения скорости вертушкой, закрепленной на штанге перпендикулярно гидроствору.

2) Направления скоростей на отдельных вертикалях отклоняются от среднего направления более чем на 10°, но не свыше 30°. В этом случае обязательно измеряется угол между направлением течения и перпендикуляром к гидроствору (одним из способов, указанных в начале данного пункта).

3) Направления скоростей на отдельных вертикалях отклоняются от среднего направления более чем на 30°. В этом случае местоположение гидроствора признается неудовлетворительным и створ выбирается на новом месте, где могут быть достигнуты условия, соответствующие пунктам 1 и 2.

6.2.5. На участках рек, расположенных в долинах с широкой поймой, могут встретиться случаи, когда при затопленной пойме общее направление течения в ней и в коренном русле не будет совпадать, а составит угол более 10°, или же когда в пойме будут намечаться несколько обособленных токов воды, отличающихся по направлению течения более чем на 10°.

В этих случаях принимаются следующие решения:

1) если средние направления течения в пойме и главном русле различаются менее чем на 30°, то гидрометрический створ разбивается перпендикулярно течению в главном русле, не считаясь с направлением течения в пойме;

2) если средние направления течения в пойме и главном русле различаются более чем на 30°, то гидрометрический створ разбивается в виде ломаной линии, участки которой в пойме и в главном русле перпендикулярны к соответствующим направлениям течения.

В обоих случаях скорости течения в пойме следует измерять вертушкой, закрепленной на штанге перпендикулярно гидроствору или подвешенной на канате.

6.2.6. Для проверки правильности положения створа на всех существующих створах периодически в зависимости от степени устойчивости русла в паводок и в межень определяется направление течения на всех скоростных вертикалях.

Если после проверки окажется, что косина струи в среднем не превышает 10°, а на отдельных вертикалях 30°, и изменение направления гидроствора связано с большими работами по его переоборудованию, то положение створа в виде исключения может не меняться. При больших отклонениях направление створа обязательно изменяется так, чтобы он был перпендикулярен среднему направлению течения в соответствии с условиями п. 6.2.4.

В тех случаях, когда намеченное направление гидроствора удовлетворяет поставленным выше условиям только для одного какого-то состояния реки, положение створа для другого состояния реки должно быть соответственно изменено. Например, створ для паводочных работ может иметь одно направление, а створ для межени — другое.

6.2.7. Местоположение гидрометрического створа закрепляется на местности прочными столбами-реперами. При небольшой ширине реки, позволяющей измерять расход воды с применением перетянутого через реку стального каната, на каждом берегу устанавливается по одному столбу. При большей ширине на обоих или на одном берегу в зависимости от рельефа берегов и видимости при различных уровнях устанавливается по два столба со створными вехами.

Крепление ездового каната за столбы, закрепляющие створ, и особенно за репер, обозначающий постоянное начало, не допускается. Для крепления ездового каната применяются особые столбы-опоры или специальные анкерные устройства.

6.2.8. Полоса берега на 5—10 м выше и ниже линии гидроствора (в пределах возможного его затопления) расчищается от кустарниковой растительности. Вновь появляющаяся высокая луговая растительность и кустарниковая поросль должны периодически выкашиваться, чтобы в любое время можно было измерить скорость течения по всей ширине реки.

6.2.9. После закрепления на местности гидрометрического створа производится промер глубин в нем и нивелирование до незатопляемых отметок.

Таблица 6.1

Расстояния между промерными вертикалями по гидроствору при измерении расходов воды

Ширина реки, м	Расстояния между промерными вертикалями, м	Ширина реки, м	Расстояния между промерными вертикалями, м
<20	0,5—1,0	101—200	5,0—10
21—30	1,0—1,5	201—300	10—15
31—40	1,5—2,0	301—500	15—25
41—60	2,0—3,0	501—800	25—40
61—80	3,0—4,0	Более 800	>40
81—100	4,0—5,0		

Для установления точности определения площади водного сечения в зависимости от числа промерных вертикалей во всех гидрометрических створах при их открытии промеры производятся по удвоенному числу вертикалей по сравнению с обычным их числом, назначаемым при измерении расходов воды (табл. 6.1). По построенному поперечному профилю гидроствора вычисляются площади водного сечения по удвоенному числу промерных вертикалей для нескольких уровней воды. При этом расхождение в значениях площадей не должно превышать ±3%. При несоблюдении этого условия промеры глубин при измерении расхода воды всегда следует делать по удвоенному числу промерных вертикалей.

Порядок производства промеров глубин — см. пп. 6.3.1—6.3.8.

6.2.10. Положение промерных вертикалей в створе при отсутствии ледяного покрова на реках шириной менее 300 м, как правило, определяется по туго натянутому через реку разметочному стальному канату. Положение промерных вертикалей в створе при наличии ледяного покрова во всех случаях определяется мерной лентой.

Разметка каната производится на берегу при помощи стальной ленты. На канате размечаются деления, соответствующие промерным вертикалям, которые закрепляются метками (кольцами из тонкой проволоки). Деления, соответствующие скоростным вертикалям, закрепляются более широкими метками и дополнительно метками из цветной ткани (например, из красной ткани).

Размеченный канат должен храниться на специальной вьюшке и два раза в год проверяться стальной мерной лентой на правильность разметки. При наличии в створе гидрометрического или дорожного моста разметка расстояний делается непосредственно на настиле моста.

При наличии люлечной переправы допускается разметка расстояний непосредственно на ездовом канате.

Положение промерных вертикалей по створу на реках шириной более 300 м, когда натянуть разметочный канат не представляется возможным, определяется засечками угломерным инструментом с берега или с судна.

6.2.11. Промерные вертикали располагаются через равные промежутки по ширине реки. Расстояния между промерными вертикалями в зависимости от ширины реки выбираются в соответствии с табл. 6.11.

На широкой пойме промеры при ее затоплении не производятся. Рельеф же по всей ширине поймы устанавливается путем нивелирования, когда пойма не затоплена.

При неровном, загроможденном камнями и валунами русле, число промерных вертикалей увеличивается примерно в 1,5 раза по сравнению с табл. 6.1. Если в русле выявляются крупные отдельные валуны или обособленные возвышения или понижения дна, в этих местах глубина дополнительно измеряется в нескольких точках, позволяющих выявить достаточно точно очертание и размеры таких валунов и возвышений или понижений дна.

При имеющейся возможности отдельные камни, валуны или карчи удаляются. Следует иметь в виду, что на точность измерения расхода воды оказывают влияние камни и валуны, находящиеся непосредственно в гидростворе, а также выше и ниже его. Следовательно, расчистку русла следует производить по возможности на большем протяжении участка, а не только в узкой полосе гидроствора (примерно на расстоянии 20—30 м выше и ниже гидроствора).

6.2.12. В гидрометрическом створе назначаются скоростные вертикали, в отдельных точках которых или интеграционно измеряются скорости течения.

При практически устойчивом русле (периоды относительной устойчивости могут быть и на горных реках, например между паводками) местоположение скоростных вертикалей остается постоянным.

В случае большого различия в ширине главного (без поймы) русла при высоких и низких уровнях воды назначение скоростных вертикалей производится отдельно для измерения расхода в паводки и межень. При этом две-три скоростные вертикали, расположенные в стрежневой части потока, обязательно сохраняются одними и теми же в межень и паводок. Это необходимо для выявления связи между скоростью течения на отдельных вертикалях и средней скоростью во всем водном сечении.

6.2.13. Число скоростных вертикалей и распределение их по ширине реки назначается в зависимости от способа измерения расхода воды.

Обязательным требованием является такое их размещение, при котором отсек между двумя смежными вертикалями не должен пропускать более 1/10 полного расхода воды. Кроме того, одна из вертикалей должна быть назначена на стрежне реки (на динамической оси потока). Ниже приводятся рекомендации по назначению числа вертикалей для разных способов измерения расходов [1].

Многоточечный способ. Скоростные вертикали назначаются через равные промежутки по ширине реки — через одну промерную вертикаль (табл. 6.2).

Таблица 6.2

Расстояние между скоростными вертикалями при равномерном их распределении по ширине реки (при многоточечном способе измерения)

Ширина реки, м	Расстояние между скоростными вертикалями не более, м
20—30	2
31—40	3
41—60	4
61—80	6
81—100	8
101—200	10
201—300	20
301—500	30
501—800	40
Больше 800	50

Примечание. На горных реках, при заметных деформациях русла и быстром изменении уровня в период измерения расхода воды допускается увеличение расстояний между скоростными вертикалями примерно в 1,5 раза.

[1] Подробная характеристика способов изложена в п. 6.4.1.

В пойме, в руслообразных ее понижениях, где имеются обособленные токи воды, скоростные вертикали назначаются через две промерные вертикали. В остальной части поймы вертикали назначаются более редко в соответствии с ее рельефом.

При наличии резких переломов профиля русла необходимо отступать от соблюдения принципа распределения вертикалей через равные промежутки по ширине реки, приурочивая вертикали к указанным переломам.

Такое число и порядок распределения скоростных вертикалей обеспечивает наиболее точное измерение расхода воды.

Основной способ. Число скоростных вертикалей должно быть оптимальным, при котором значения расхода воды будут отклоняться в преобладающем большинстве от значений расхода, измеренного многоточечным способом, не более чем на ±3 %.

Оптимальное число скоростных вертикалей и их размещение по ширине реки устанавливается в результате анализа эпюр распределения средней скорости течения по ширине реки по данным не менее 10 расходов воды, измеренных многоточечным способом при различных уровнях. Обычно такой анализ дает возможность уменьшить число скоростных вертикалей примерно вдвое по сравнению с их числом, выбранным при измерениях многоточечным способом.

Способ интеграции скоростей по вертикали. Число промерных и скоростных вертикалей, как правило, должно совпадать и быть не менее 10—12.

Сокращенные способы. Скорости измеряются на одной-двух вертикалях, выбор которых определяется анализом, проведенным по указаниям пп. 6.6.1, 6.6.2. Измерение в этом случае производится в двух точках (на 0,2 и 0,8h) или в одной — на 0,2h.

6.2.14. Местоположение скоростных вертикалей в гидрометрическом створе определяется расстоянием от постоянного начала, и каждый раз при измерении расхода воды устанавливается одним из следующих способов:

1) на гидростворах, оборудованных лодочной (паромной) переправой с постоянно подвешенным разметочным канатом или гидрометрическим мостиком, местоположение постоянных вертикалей закрепляется четко видными знаками-марками на канате или метками на настиле моста с соблюдением условий п. 6.2.10;

2) при ширине реки более 300 м, когда применение разметочного каната невозможно, местоположение скоростных вертикалей определяется по инструментальным засечкам теодолитом или кипрегелем (графически, на мензуле) с берега, либо секстаном с судна.

При выборе мест мензульных (теодолитных) стоянок или береговых предметов для засечек секстаном необходимо следить, чтобы угол, образуемый направлением гидрометрического створа и лучом визирования на любую вертикаль, был не менее 30°.

3) Все постоянные скоростные вертикали нумеруются по порядку начиная с № 1, который присваивается вертикали, ближайшей к постоянному началу.

После сокращения числа вертикалей для определения расхода воды основным способом остающимся скоростным вертикалям присваивается новая нумерация также начиная с № 1 от постоянного начала.

При наличии нескольких разобщенных гидростворов на протоках нумерация скоростных вертикалей в каждом створе производится самостоятельно.

После каждого изменения расположения скоростных вертикалей соответственно меняется их нумерация.

6.2.15. По гидрометрическому створу, а при наличии нескольких гидростворов по всем створам, по результатам нивелирования берегов до незатопляемых отметок и промеров глубин в русле вычерчивается полный профиль, на котором показывается расположение скоростных вертикалей и характер грунта и угодий на пойме (рис. 6.2). Для суждения о степени обеспеченности возможности измерения расходов воды при высших и низших уровнях на чертеже должны быть показаны схематически основные узлы гидрометрической переправы (береговые опоры, лебедки, стрела провеса ездовых стальных канатов, высотное положение настила моста или пола люльки и т. п.). Для плавсредств указывается (словами) вид судна и его осадка при полной нагрузке.

Горизонтальный масштаб профиля выбирается одним из следующих: 1 : 50, 100, 200, 500 (малые и средние реки), 1000, 2000, 5000, 10 000 (большие реки), вертикальный масштаб назначается в 5—20 раз крупнее горизонтального.

После повторного нивелирования берегов до уровня высоких вод на том же чертеже проводится линия нового профиля и выписываются отметки его точек. Если русло реки значительно деформируется, то при каждом изменении места постоянных скоростных вертикалей составляется новый профиль.

В случае широкой поймы, когда в принятом масштабе чертежа показать все промерные точки в основном русле не представляется возможным, допускается наносить не все точки, а выборочно характерные на переломах профиля основного русла.

Для рек с загроможденным валунами руслом профиль вычерчивается по наиболее детальному промеру, который в этих случаях обязательно производится для уточнения конфигурации дна в соответствии с п. 6.2.11.

Кроме того, ежегодно составляется чертеж совмещенных профилей главного русла в гидростворе (рис. 6.3) по данным промеров глубин при измерении расходов воды в отдельные фазы режима. Для преемственности на него наносится профиль по последнему промеру предыдущего года.

Рис. 6.2. Профиль гидрометрического створа.

На чертеже совмещаются три — пять характерных профилей по промерам, произведенным при разных фазах режима реки (до весеннего половодья, при его прохождении или сразу после него, в межень, после значительного дождевого паводка).

	3 XII 1974г	3 IX 1974г.	26 VII 1974г	23 VII 1974г.	15 IV 1974г.	17 XII 1973г.
Составил						
Проверил						
Нач. станции						

Рис. 6.3. Совмещенные профили главного русла в гидростворе.

Примечания. 1. Для рек с практически устойчивым руслом чертеж совмещенных профилей главного русла в гидростворе является многолетним. На него наносится ежегодно один профиль по результатам промеров при контрольных измерениях расхода воды (в условиях свободного русла) или при зимних измерениях.

2. Для рек с резко деформирующимся руслом, на которых отсутствуют постоянные гидростворы и измерение расходов воды производится во временных створах, профили гидростворов не составляются.

6.2.16. Гидрометрический створ должен быть оборудован устройствами и приспособлениями (гидрометрическими сооружениями), позволяющими без внесения заметных временных искажений в естественный режим реки удобно, быстро и безопасно производить измерения при любых, свойственных данной реке, состояниях режима.

Гидрометрические сооружения — все виды гидрометрических мостов и переправ — строятся в соответствии с альбомами ти-

повых проектов: «Переправы люлечные двухтросовые $ПЛ_2$», «Мосты решетчатые металлические МР», «Мосты решетчатые металлические облегченные МРо», «Мосты подвесные МП».

До выхода в свет типовых проектов паромных и лодочных переправ проектирование последних должно осуществляться самостоятельно УГМС на основе «Атласа типовых проектов гидрометрических сооружений», ч. I. (Л., Гидрометеоиздат, 1952).

Все перечисленные альбомы типовых проектов разработаны ГГИ на уровне рабочих проектов и высылаются в УГМС по запросу.

6.3. ПРОМЕРЫ ГЛУБИН В ГИДРОМЕТРИЧЕСКОМ СТВОРЕ

6.3.1. В течение первого года существования гидрометрического створа, когда расходы воды попеременно измеряются многоточечным (пять или более точек) и основным способами, промеры глубин производятся при каждом измерении расхода.

На реках с устойчивым руслом промеры производятся одним ходом. На реках с неустойчивым и валунным руслом, когда возможна деформация за время измерения расхода, промеры производятся при каждом измерении расхода дважды — до и после измерения скоростей течения (каждый раз одним ходом).

Если при совмещении поперечных профилей гидроствора не обнаружатся заметные изменения в очертании формы русла и точки (F, H) отклоняются от кривой зависимости площади водного сечения от уровня не более чем на $\pm 3\%$, промеры глубин в последующем допускается производить не при каждом расходе, а через три—пять измерений. Значения глубин на промерных вертикалях в этом случае принимаются по предыдущему последнему промеру с учетом срезки уровня при промере и при измерении расхода воды. В книжке расхода указывается номер и дата промера, к которому отнесен расход. При прохождении половодья и паводков, когда возможны деформации русла, промеры следует производить через два или при каждом измерении расхода.

6.3.2. Промеры производятся (при глубинах менее 3—5 м) гидрометрической штангой или наметкой, а при больших глубинах или в случае высоко расположенной гидрометрической переправы (люлька, мостик) — лотом (грузом на канате). Промеры также могут производиться с помощью эхолота, особенно на больших реках.

Наметка изготовляется на станции и представляет собой тщательно выструганный деревянный шест длиною 4—6 м, диаметром 4—6 см. С помощью стальной рулетки наметка размечается на 10-сантиметровые деления; изготовляется из легкого и прочного дерева (ель, орешник, бамбук). Деления наметки окрашиваются попеременно белой и черной краской и оцифровываются. Деления и цифры, обозначающие целые метры, подписываются красным.

На нижний конец наметки надевается легкий железный башмак, подошва которого совпадает с нулем наметки.

При измерении глубин на гидростворах с илистым дном железный башмак заменяется круглым поддоном диаметром 12—15 см с крупными отверстиями в нем.

При промерах штангой на реках со сплошным скальным дном следует применять штангу без конусообразного наконечника, либо вводить поправку на его длину. При илистом дне штанга снабжается дополнительным поддоном больших размеров.

6.3.3. Для промеров глубин применяются гидрометрические грузы типа ГГР и ПИ-1, II, III, подвешиваемые на тонком стальном канате.

Чтобы избежать введения поправок на относ каната, следует подбирать (по табл. 6.3) такую массу гидрометрического груза,

Таблица 6.3

Рекомендуемые (ориентировочно) массы гидрометрических грузов при производстве промерных работ в зависимости от скорости потока

Наибольшая скорость течения, м/с	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Минимальная масса груза, кг . . .	15	25	50	75	100

Примечания. 1. Предусматривается использование стального каната диаметром 3 мм.
2. Приняты массы грузов, серийно выпускаемые заводами: ГГР и ПИ-1, II, III.
3. При относе каната на угол более 12° применяется груз большей массы.

при которой угол относа каната будет не более $10 \div 12°$. Подбор массы груза осуществляется с учетом наибольшей скорости течения на стрежневой вертикали. Поэтому на посту необходимо иметь несколько грузов разной массы (для работы в разные периоды).

Промеры грузом на канате ведутся при помощи ручной лебедки, снабженной счетчиком глубин. Поскольку выпускаемые заводами серийно лебедки снабжены счетчиками, позволяющими сбрасывать цифры на нуль, то это производится при касании нижней плоскостью груза поверхности воды. Тогда отсчет по счетчику при касании грузом поверхности дна дает непосредственно значение измеряемой глубины..

6.3.4. При производстве промеров глубин в гидростворе необходимо соблюдать требования, изложенные в § 130—133 Наставления, вып. 2, ч. II, 1975.

6.3.5. Если при большой скорости течения применение гидрометрического груза надлежащей массы (или оттяжки) не представляется возможным, необходимо измерять углы отклонения каната от вертикали и вводить соответствующие поправки в измеренную глубину.

Угол отклонения каната измеряется простейшим угломером (рис. 6.4). Один из краев его завернут и образует желобок. В верх-

ней части угломера имеется отверстие для нити отвеса. В нижней части на сектор насекается на металле шкала для отсчета угла с точностью 1°. Грузик отвеса висит на двух нитях, скользящих по обеим сторонам поверхности сектора. При пользовании угломер надевают желобком на канат, держа его рукой (при этом нулевая линия угломера совпадает с направлением каната), и отсчитывают на шкале угол отклонения каната от вертикали по нити отвеса.

Рис. 6.4. Угломер для измерения угла отклонения каната от вертикального положения.

Рис. 6.5. Схема измерения глубин при высоко подвешенном стальном канате.

В значение глубины, измеренной при относе каната, вводится отрицательная поправка по приложению 5.

При работе с высоко расположенных люлечных переправ или мостов, когда высота точки подвеса каната над водой более 1 м, введение таких поправок иногда может оказаться недостаточным и повлечь за собой существенные ошибки. В этом случае измерение глубины производят следующим образом (рис. 6.5):

1) опускают груз до поверхности воды и измеряют вертикальное расстояние от точки подвеса каната до поверхности воды $АД = АВ' = Н$;

2) сбрасывают счетчик глубин на нуль при этом положении груза и опускают его до дна;

3) отсчитывают по счетчику глубин (расстояние $B'C = l_1$) измеренную фиктивную глубину и записывают в графу 2 книжки расхода КГ-3М;

4) измеряют угол α отклонения каната от вертикали и записывают в графу 9 книжки КГ-3М.

Для вычисления рабочей глубины выполняют следующие операции:

1) определяют поправку Δ_1 к длине надводной части каната по приложению 6;

2) вычитают из фиктивной глубины l_1 поправку Δ_1 и получают длину подводной части каната

$$l_2 = B'C - BB' = BC = l_1 - \Delta_1;$$

3) для найденной длины l_2 отыскивают по приложению 5 поправку Δ_2;

4) вычитают из длины подводной части каната поправку Δ_2 и получают рабочую глубину, равную

$$h = l_2 - \Delta_2.$$

В графе 11 книжки КГ-3М указывается рабочая глубина, вычисленная как разность между измеренной глубиной (графа 2) и суммой поправок $\Delta_1 + \Delta_2$, которые записываются в графу 10.

6.3.6. При промерах на гидростворе грузом с судна (понтона, катера, лодки и т. п.) следует иметь в виду, что измерение глубины с хода поперек течения может вызвать значительную систематическую погрешность в сторону преувеличения глубины за счет слабины и невертикального положения каната. Для обеспечения достаточной точности промеров судно на каждой промерной вертикали должно останавливаться. Для остановки судна на промерных точках по створу удобна следующая система установки его на якорях. Немного выше по течению параллельно промеряемому створу забрасываются с правого и левого бортов два якоря: один — в сторону берега, а другой — к середине реки. Выбирая канат одного якоря и стравливая канат другого, судно перемещают поперек реки. Таким образом, судно может быть достаточно точно установлено в створе в нескольких промерных точках с наименьшей затратой усилий и времени на остановку в каждой точке.

Если установка судна на якорях описанным выше способом представляет трудности, можно рекомендовать при промерах следующий прием. Судно поднимается несколько выше гидроствора и затем свободно сплавляется вниз по течению; в момент пересечения судном створа производится измерение глубины. После этого судно вновь поднимается выше створа, перемещаясь несколько поперек реки с тем, чтобы опять, сплавляясь по течению, пересечь гидроствор в следующей промерной точке.

На каждом гидростворе должно быть определено оптимальное число промерных вертикалей для измерения площади водного сечения как в меженный период, так и в период половодья (паводка). В качестве придержки следует пользоваться табл. 6.1, которая составлена в предположении, что достаточная точность в определении площади водного сечения обеспечивается назначением 20 вертикалей в створе.

Для повышения точности, уменьшения трудоемкости и ускорения промеров глубин по гидроствору следует внедрять в практику гидрометрических работ на больших и средних реках эхолоты. Промеры глубин эхолотом, кроме того, уменьшают погрешность в определении площади водного сечения за счет нестворности хода судна, так как увеличение скорости промерного судна обеспечивает более надежное движение его по направлению гидроствора.

Для промеров глубин в гидростворах средних и больших рек рекомендуется применение эхолотов ПЭЛ-2, ПЭЛ-3, ИРЭЛ-12.

Основные технические характеристики указанных эхолотов приведены в приложении 7.

Комплект промерного эхолота состоит из основного прибора, забортного устройства, соединительных кабелей, крепежных деталей и источника питания (аккумуляторные батареи).

Основной прибор содержит механизм самописца, блок питания, блок посылки и усилитель. В эхолоте ИРЭЛ-12 блок питания смонтирован в отдельном корпусе. Пульт управления эхолота размещен на верхней крышке основного прибора.

Забортное устройство содержит излучающий и приемный вибраторы, заключенные в одном общем корпусе (обтекателе). Устройство снабжено приспособлениями для крепления его к борту промерного судна (катера, моторной лодки).

Техническое описание и схема эхолота прилагается к каждому комплекту прибора.

6.3.7. Перед промерами глубин в гидростворе с помощью эхолота выполняются подготовительные работы (установка эхолота на промерном судне и его полевое тарирование). Забортное устройство эхолота с помощью крепежных деталей устанавливается за бортом судна в средней его части на расстоянии не менее 10 см от обшивки. Рабочая часть вибратора должна быть параллельна поверхности воды и углублена в зависимости от осадки судна на 20—80 см. Необходимо предусмотреть, чтобы впереди забортного устройства не было выступающих частей корпуса судна, создающих завихрения.

Эхолот укрепляется на промерном судне в горизонтальном положении и мягкими канатами крепится к корпусу судна. Место установки эхолота должно обеспечивать оператору удобство работы. Прибор не должен быть удален от забортного устройства на расстояние, превышающее длину соединительных кабелей. Искусственное удлинение кабелей не допускается.

После соединения этих узлов их подключают к источнику питания. Кабели от излучающего, приемного вибраторов и от аккумуляторной батареи подключаются к штепсельным муфтам, имеющим соответствующие обозначения. Правильность (полярность) подключения источника питания контролируется по вольтметру на пульте прибора.

Затем производят полевое тарирование эхолота, сущность которого заключается в настройке оборотов электродвигателя на скорость распространения ультразвука в данной водной среде. Тарирование эхолота определяет дальнейшую точность промерных работ. Тарирование должно выполняться перед началом промерных работ на участке с наибольшими глубинами в данном гидростворе. Без выполнения тарирования эхолота приступать к производству промеров глубин запрещается. Перед тарированием производят регулировку числа оборотов электродвигателя эхолота, которое доводят до номинала с точностью $\pm 0{,}5\%$.

Тарирование выполняется по грунту на двух участках реки с глубинами, отличающимися на 5 м. Если на участке гидроствора

глубины менее 5 м, тарирование производится на одном участке с наибольшей глубиной. Для тарирования выбирают участок гидроствора с ровным дном, плотным грунтом (желательно с небольшими скоростями течения).

Тарирование производится путем сличения глубин, измеренных эхолотом, с глубинами, измеренными наметкой или грузом на канате.

Тарирование эхолота выполняется в следующем порядке:

— промерное судно устанавливается на якоре;

— включается эхолот и прогревается 10—15 мин;

— наметкой (ручным лотом) дважды измеряется глубина у вибраторов, а на батиграмме записывается значение измеренной глубины;

— снимаются показания глубины с батиграммы;

— вычисляется суммарная поправка эхолота по формуле

$$\Delta h = h_л - h_{эх},$$

где $h_л$ — измеренная глубина (среднее значение из двух измерений); $h_{эх}$ — глубина, измеренная эхолотом.

На батиграмме при тарировании должны быть указаны время и дата, место тарирования, погода, напряжение в сети и число оборотов электродвигателя.

При выполнении промера на участке гидроствора с глубинами менее 5 м для упрощения дальнейшей обработки материалов суммарная поправка эхолота не определяется, а устраняется следующим образом. После прогрева эхолота нуль записи глубин смещается регулятором нуля на величину углубления вибраторов. После этого с помощью регулятора числа оборотов двигателя устанавливают запись на батиграмме, соответствующую измеренной глубине. По окончании тарирования подсчитывается число оборотов двигателя, которое должно контролироваться в процессе производства промеров глубин.

6.3.8. При измерении глубин эхолот обслуживает один оператор, в обязанности которого входит:

— включение прибора в начале промерного хода и выключение его после окончания;

— регулировка усилия лентопротяжного механизма, смена ленты (батиграммы). Оператор следит за тем, чтобы запись была чистой, непрерывной, одинаковой толщины. При необходимости производится регулировка усилия записи. Коэффициент усилия рекомендуется менять в небольших пределах. Оператор следит также за равномерностью движения ленты (батиграммы); в случае обнаружения ее перекоса выключает эхолот и регулирует лентопротяжный механизм;

— определение напряжения в сети электропитания при промерах глубин. Последнее не должно отклоняться от номинала более чем на $\pm 5 \div 10\%$ в зависимости от типа эхолота (см. приложение 7);

— нанесение на батиграмму оперативных отметок в моменты производства засечек, координирующих промеры. Отметки наносят нажатием кнопки «Оперативная отметка». При этом на батиграмме получается вертикальная прямая линия, проходящая по всей ширине ленты. При проведении эхолотного промера необходимо вести наблюдения за уровнем воды, чтобы определить отметки уровня на каждом промерном ходе. Кроме того, ведутся записи на ленте (батиграмме): начало и конец промерного хода; точки, которые координируются инструментальными засечками; моменты изменения скорости движения промерного судна; характерные предметы, представляющие собой навигационную опасность. Фактическая глубина погружения вибраторов на ходу судна определяется оператором по шкале, разбитой на штангах, поддерживающих забортное устройство.

На каждой батиграмме эхолота должны быть записаны следующие сведения. В начале ленты:

— река — гидрологический пост (створ №);
— время, дата начала производства промера;
— номер ленты (батиграммы);
— марка и номер эхолота, глубина погружения вибраторов;
— фамилия и должность лиц, производивших промер;
— время окончания промеров глубин в створе.

На ленте в процессе промера:

— у каждой оперативной отметки краткие записи, поясняющие ее смысл (например, 9 ч 15 мин — начало промеров);
— фактические данные о числе оборотов электродвигателя, напряжение питания, глубина погружения вибраторов и время определения этих данных.

Все записи на ленте (батиграмме) производятся цветным (не химическим) карандашом.

При работе с эхолотом необходимо строго выполнять правила по технике безопасности (см. «Правила по технике безопасности при производстве гидрометрических работ», 1970).

При работе на судоходных реках должны строго соблюдаться правила пропуска судов. Участок работ должен иметь предупредительную сигнализацию в соответствии с «Правилами плавания по внутренним водным путям СССР».

6.4. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ВОДЫ ГИДРОМЕТРИЧЕСКОЙ ВЕРТУШКОЙ

6.4.1. При измерении расходов воды вертушками применяются следующие способы: многоточечный, основной, интеграционный по вертикалям, ускоренный, сокращенные (по репрезентативной вертикали и единичной скорости).

Многоточечный способ предусматривает измерение расхода воды по увеличенному против обычного числу скорост-

ных вертикалей с измерением скорости в 5—10 точках на каждой вертикали. Этот способ применяется только для выполнения специальных научно-методических исследований, проводимых ГМО и гидрологическими станциями в целях изучения всех особенностей скоростного поля потока в данном гидростворе в различные фазы режима. Многоточечный способ дает наиболее точное значение расхода. Однако в некоторых случаях увеличение продолжительности многоточечных измерений по сравнению с основным может снизить их точность, например, вследствие происходящих деформаций русла или существенных колебаний уровня воды за время измерения расхода.

На вновь открытых гидростворах в первый год их действия расходы воды измеряются многоточечным и 2-точечным способами поочередно (например, один расход — многоточечным, два-три расхода — основным способом). При этом в первый годовой цикл действия гидроствора многоточечным способом должно быть измерено не менее десяти расходов воды при разных фазах режима (на подъеме и спаде половодья, в межень и др.). Станция обязана включить в годовой план своей работы измерения десяти расходов многоточечным способом для тех действующих гидростворов, по которым такие работы не производились. Это необходимо для оценки точности измерения расходов воды и определения оптимального числа промерных и скоростных вертикалей в данном гидростворе. Измерения расходов воды многоточечным способом производятся инженерно-техническими работниками станции и опытными наблюдателями постов.

Основной способ предусматривает измерение расхода воды в двух точках (0,2 и 0,8 глубины). При оптимальном числе промерных и скоростных вертикалей (но не менее девяти) этот способ по сравнению с многоточечным способом обычно дает среднее квадратическое отклонение не более 3%.

Станция осуществляет измерение расходов воды основным способом сразу же после открытия гидроствора при условии поочередного измерения десяти расходов (многоточечным способом в первый годовой цикл), освещающих равномерно амплитуду колебаний уровня воды.

Интеграционный способ по вертикалям применяется при глубинах потока более 1 м и скоростях течения более 0,2 м/с с любых видов переправ. Измерения производятся с помощью гидрометрической интеграционной установки ГР-101. Точность измерения средних скоростей на вертикалях соизмерима с таковой при многоточечном способе измерения, но при этом затраты рабочего времени значительно сокращаются. При оснащении сети установками ГР-101 применение этого способа значительно возрастет. Изложение способа — см. Наставление, вып. 2, ч. II, § 185—192 (Л., Гидрометеоиздат, 1975), «Указания по эксплуатации установки гидрометрической интеграционной ГР-101», 1974.

Ускоренный способ см. Наставление, вып. 2, ч. II, § 183. Применяется при быстрых изменениях уровня за время измерения расхода воды при интенсивной деформации русла, при наличии переменного подпора и в других неблагоприятных условиях.

Сокращенные способы предусматривают измерение расхода воды по средней скорости на одной-двух репрезентативных вертикалях или единичной скорости в точке 0,2 ее рабочей глубины. Измерение расходов этими способами допускается на реках с практически устойчивым руслом. Возможность перехода на сокращенный способ устанавливается ГМО (станцией) в результате соответствующего анализа имеющихся материалов (п. 6.6.2).

6.4.2. Перед измерением расхода проводятся следующие работы:

— проверка исправности гидрометрической вертушки и всех принадлежностей и приспособлений к ней — правильность сборки отдельных узлов, безотказность действия электрической сигнализации, счетчиков и секундомеров, прочность канатов и кабелей, надежность крепления отдельных частей и пр. в соответствии с «Правилами обращения и ухода за гидрометрическими вертушками» (Наставление, вып. 2, ч. II, с. 236—240);

— проверка состояния гидрометрической переправы (плавучих средств, люльки, моста) и спасательных средств для обеспечения безопасности согласно «Правилам по технике безопасности при производстве гидрометеорологических работ» (Л., Гидрометеоиздат, 1970);

— проверка сохранности и правильности расположения знаков, закрепляющих гидроствор и скоростные вертикали, а на судоходных реках — проверка наличия сигнальных знаков.

6.4.3. При измерении расхода воды вертушкой в оборудованном гидростворе производятся следующие операции и работы:

— описание состояния реки и обстановки работы при определении расхода воды;

— наблюдения за уровнем воды;

— промер глубин по гидрометрическому створу (см. пп. 6.3.1—6.3.8);

— измерения скорости течения в отдельных точках живого сечения потока по гидрометрическому створу;

— наблюдения за уровнем воды на уклонных постах или нивелирование уклона водной поверхности (см. главу 5).

По окончании измерения сразу же вычисляются расходы воды и уклон водной поверхности.

6.4.4. Указания по заполнению раздела книжки КГ-3М «Обстановка работ» даны в Наставлении, вып. 2, ч. II, § 125.

Здесь необходимо добавить к ним следующее. В створах на больших реках, где применяются поплавочные измерения скорости течения при ветре до 5 м/с (п. 6.8.1), например, на реках с затяжным ледоходом, скорость ветра измеряется анемометром,

а его направление оценивается визуально в соответствии с градациями, указанными в данном разделе книжки расхода. Инструментальные наблюдения за ветром проводятся только при сравнительно высоких уровнях, характерных для периода весеннего ледохода.

6.4.5. Измерения высоты уровня воды во время определения расхода ведутся на основном посту, а при наличии дополнительного поста в гидрострове — на обоих постах.

Высота уровня воды в гидрострове измеряется перед началом и после окончания промеров глубин.

При устойчивом стоянии уровня воды, а также при незначительном (2—3 см) и медленном его изменении высота уровня измеряется в начале и конце определения расхода.

Для расходов воды, измеряемых в периоды, когда можно ожидать наступления пика (и других переломных точек гидрографа стока) половодья или паводков, высота уровня воды измеряется дополнительно 3—4 раза в процессе измерения расхода (только на посту в гидрострове) с точным указанием времени наблюдений. По этим данным затем строится график, с которого снимаются значения уровней для каждой скоростной вертикали.

Данные наблюдений за высотой уровня воды при измерении расхода записываются в книжку расхода.

6.4.6. При работе вертушкой должны строго и полностью соблюдаться «Правила обращения и ухода за гидрометрическими вертушками» (см. Наставление, вып. 2, ч. II, приложение 6).

Кроме того, необходимо руководствоваться следующим:

— в случае повреждения лопастного винта или удара им о какой-либо предмет хотя бы без видимых повреждений винта следует отметить это в книжке расхода;

— включение секундомера, отсчеты по нему и остановки рекомендуется производить всегда по концу сигнала;

— возможны две основные схемы работы с гидрометрической вертушкой — при креплении ее на штанге и на гидрометрическом грузе, подвешенном на стальном канате.

Измерение скорости течения вертушкой на штанге может производиться в двух вариантах; их описание изложено в Наставлении, вып. 2, ч. II, § 142.

Вертушка, как правило, должна быть закреплена неподвижно на штанге зажимными винтами. В обычных условиях вертушку устанавливают перпендикулярно гидроствору. Для контроля правильности положения вертушки на верхний конец штанги надевают указатель, закрепляя его неподвижно строго параллельно оси лопастного винта (корпусу вертушки). Крепление хвоста к вертушке в этом случае не обязательно. Хвост надевают только при больших скоростях течения (более 2 м/с), когда вертушку трудно удерживать против течения.

При значительной косструйности в гидрострове (более 10°) работа производится согласно п. 6.5.4.

При опускании штанги с вертушкой в воду нижний конец штанги заносится несколько вверх по течению с таким расчетом, чтобы в момент касания дна штанга не была отнесена течением, а стояла на скоростной вертикали строго отвесно.

При работе вертушкой со стального каната наиболее рациональной схемой крепления вертушки является закрепление ее на штыре или кронштейне выноса гидрометрического груза (типа ПИ-1 и др.), благодаря чему обеспечивается меньший угол относа каната при больших скоростях течения и вертушка меньше реагирует на косоструйность течения. Крепление вертушки на вертлюге приводит к завышению показаний вертушки и поэтому не рекомендуется.

При больших скоростях течения желательно применение гидрометрического груза строго определенной массы для устранения относа каната от вертикали (подбирается по табл. 6.3).

Канат диаметром 3 мм по запасу прочности вполне надежно обеспечивает выполнение гидрометрических работ. Перед каждым измерением расхода воды канат необходимо внимательно осматривать, чтобы на нем не было узлов, закруток, порванных проволочек и т. п., которые могут вызвать обрыв каната. В случае обнаружения каких-либо нарушений на поверхности каната или ржавчины его следует испытать на разрыв при нагрузке, вдвое превышающей подвешиваемый груз (200 кг). По окончании работы канат после просушивания протирается масляной тряпкой.

При работе вертушкой с судна, стоящего на якоре, нужно следить за тем, чтобы она находилась вне зоны завихрения струй, вызываемых обтеканием судна потоком (подробнее см. Наставление, вып. 2, ч. II, § 147).

После измерения расхода воды на берегу реки вертушку обтирают сухой мягкой тряпкой и убирают в ящик. По возвращении в помещение сразу же вертушка должна быть разобрана и промыта в чистом керосине, отдельные детали вычищены и насухо вытерты мягкой тряпкой. После просушки отдельные части вертушки подлежат сборке (подробнее см. Наставление, вып. 2, ч. II, приложение 6).

6.4.7. Необходимые указания по измерению скорости течения в отдельных точках живого сечения потока по гидрометрическому створу даны в Наставлении, вып. 2, ч. II, § 148—167. Ниже приводятся некоторые дополнительные сведения.

В случаях неустойчивого русла, когда дно деформируется непрерывно, расхождения в значениях глубин по промеру перед измерением расхода и в момент измерения скорости неизбежны, и поэтому для уточнения значения площади живого сечения производится вторичный промер створа после измерения скоростей (п. 6.5.5).

В случае быстрого изменения уровня расхождения между глубинами по промеру и в момент измерения скорости должны соответствовать изменению высоты уровня.

При работе вертушкой на канате на быстром течении, когда наблюдается значительный относ каната от вертикального его положения, глубина скоростной вертикали измеряется с введением поправок на относ каната в соответствии с п. 6.3.5.

Установка вертушки в заданную точку измерения скорости (0,2 и 0,8 рабочей глубины) в основном способе производится в расчете на длину подводной части каната без введения поправки на его относ. Например, длина подводной части каната при измерении глубины равна 8,0 м (считая от поверхности воды до нижней поверхности груза); угол относа каната 35°, поправка к глубине 0,53 м, исправленная глубина 8,0—0,53 = 7,47 м. Ось вертушки расположена на 0,20 м выше нижней поверхности груза. Глубина точек 0,2 и 0,8 рабочей глубины, считая по длине подводной части каната, будет соответственно равна 1,60 и 6,40 м. Устанавливая вертушку в точку 0,8 (после измерения глубины вертикали), следует выбрать канат на длину 8,0—6,40—0,20 = 1,40 м. При перемещении вертушки с точки $0{,}8h$ в точку $0{,}2h$ следует выбрать канат еще на длину 6,40 — 1,60 = 4,80 м. Длина выбираемого каната отсчитывается каждый раз по счетчику на лебедке, показания которого в каждой точке вертикали записываются в соответствующую графу книжки расхода. Действительная глубина погружения вертушки при таком способе ее установки будет несколько отличаться от глубины точки, рассчитанной по исправленной глубине вертикали, но этой погрешностью можно практически пренебречь. Доли $0{,}2h$, $0{,}8h$ и др., рассчитанные по исправленной глубине, также записываются в книжку расхода для использования при построении эпюры скоростей. В приведенном примере для точки $0{,}2h$ они будут равны 1,49 м, для точки $0{,}8h$—5,97 м.

6.4.8. При установке вертушки на скоростной вертикали в различных точках по глубине должны быть выдержаны следующие условия [1]:

— при измерении скорости в точке «у поверхности» ось вертушки должна устанавливаться на глубину 0,15 м от поверхности воды. Установка вертушки на меньшие глубины от поверхности не рекомендуется, так как это приведет к ошибочным результатам измерений (влияние ветра, волнения, плавающих тел и др.).

— при измерении скорости в точке «у дна» ось вертушки при работе со штанги должна устанавливаться на расстоянии 0,15 м от дна.

Для вертушек, опускаемых на канате, расстояние от дна до оси вертушки определяется в зависимости от размеров груза и системы подвеса (крепления) вертушки.

При волнении в случае качки судна (шлюпки) груз следует приподнимать так, чтобы он не ударялся о дно.

---

[1] Эти условия расходятся с таковыми Наставления, вып. 2, ч. II (§ 158, 159). Их следует рассматривать как желательные — направленные, с одной стороны, на повышение точности, с другой — на упрощение работ.

6.4.9. Измерение скорости течения многоточечным способом при научно-методических работах производится в пяти или десяти точках по глубине вертикали в следующем порядке.

1) При свободном (ото льда и водной растительности) русле измерение производится:

а) в пяти точках по глубине вертикали (поверхность, 0,2; 0,6; 0,8 рабочей глубины и у дна);

б) в десяти точках по глубине вертикали (поверхность, 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 рабочей глубины и у дна).

Пятиточечный способ применяется при глубинах более 1,5 м.

Измерение скоростей в десяти точках имеет ряд преимуществ по сравнению с измерением в пяти точках; в этом случае средняя скорость вычисляется как среднее арифметическое из измеренных скоростей. Способ находит применение также при глубинах больше 1,5 м.

В интервале глубин от 1,5 до 0,75 м применим только двухточечный способ. При глубине вертикали менее 0,75 м следует переходить на одноточечный способ (в точке $0{,}6h$).

2) При наличии в русле водной растительности и под ледяным покровом к пяти вышеуказанным точкам прибавляется шестая точка на 0,4 рабочей глубины или принимается равномерное распределение точек по глубине вертикали (например, через 0,1 рабочей глубины).

При ледяном покрове точка у поверхности воды заменяется точкой у нижней поверхности льда, при этом лопастной винт вертушки, находясь в непосредственной близости ко льду, не должен касаться его, т. е. ось вертушки должна устанавливаться на таком же расстоянии от нижней поверхности льда, как и от водной поверхности при открытом русле (0,15 м).

Если на некоторых скоростных вертикалях вследствие недостаточной глубины установка вертушки в шести точках без нарушения условий, предусмотренных п. 6.4.8, становится невозможной, измерение скорости течения на этих вертикалях производится в зависимости от глубины потока в трех точках — 0,15; 0,50 и 0,85 рабочей глубины. Измерение скоростей в трех точках следует осуществлять в диапазоне глубин от 1,5 до 1,0 м, при глубинах от 1,0 до 0,75 м — измерять скорости в двух точках и при глубинах менее 0,75 м — в одной точке.

6.4.10. Измерение скорости на вертикали при основном способе производится:

1) при свободном русле и при ледяном покрове в двух точках — 0,2 и 0,8 рабочей глубины [1]. В случае недостаточной для двух точек глубины (менее 0,75 м) измерение производится в одной

[1] Измерение скоростей течения в двух точках при наличии ледяного покрова не приводит к существенному увеличению погрешности по сравнению с трехточечным способом, зато значительно экономит время и унифицирует методику измерений.

точке соответственно на 0,6 или 0,5 рабочей глубины. Минимальная глубина потока при одноточечных измерениях 0,30 м.

Если в данном створе производились ранее или предполагается производить измерения расходов поверхностными поплавками, то дополнительно измеряются вертушкой поверхностные скорости для определения переходного коэффициента от фиктивного расхода к действительному;

2) при наличии в русле водной растительности измерение скорости на вертикали производится в трех точках — 0,15; 0,50 и 0,85 рабочей глубины. В случае недостаточной для трех точек глубины измерение производится в одной точке на 0,5 рабочей глубины.

6.4.11. Измерение скорости на вертикали по сокращенному способу (по одной-двум вертикалям) производится в двух точках — на 0,2 и 0,8 или в одной точке на 0,2 рабочей глубины.

Если при определении расхода воды сокращенным способом скорость течения измеряется только на одной репрезентативной вертикали, измерение повторяется два раза.

6.4.12. Измерение скорости течения вертушкой производится двумя способами: 1) с записью только общего числа сигналов за время измерения в точке; 2) с записью времени поступления отдельных сигналов.

Первый способ заключается в записи числа сигналов вертушки (или показаний счетчика импульсов однооборотной вертушки ГР-99) и общей продолжительности измерения скорости в точке (в секундах). Применяется при основном способе измерения расходов воды.

После установки вертушки в заданную точку по глубине вертикали через два сигнала включается секундомер и начинается счет сигналов; первые два сигнала в счет не принимаются (они называются нулевыми).

Если в течение 60 с поступит два и более сигналов, то по следующему сигналу (первому, поступившему по истечении 60 с) секундомер останавливается и измерение в точке прекращается.

Второй способ заключается в записи по секундомеру времени поступления отдельных сигналов вертушки (или приемов — см. ниже). Применяется только при многоточечном способе измерения при научно-методических исследованиях (выполняемых ГМО или гидрологическими станциями) поля скоростей потока, когда необходимо проследить характер пульсации скорости в точках живого сечения. При редких сигналах (небольших скоростях течения) записывается отсчет времени поступления каждого сигнала, а при частых сигналах (больших скоростях) — через один или несколько сигналов. Общая продолжительность измерения в точке должна быть не менее 100 с.

Число сигналов, поступивших за промежуток времени между записями, называется «приемом». Для его определения на практике поступают следующим образом: по концу очередного сигнала

включают секундомер и считают количество сигналов, поступивших в течение 15 с. Это количество сигналов и принимается за число сигналов за «прием».

6.5. ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДОВ ВОДЫ ВЕРТУШКОЙ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

6.5.1. Период ледостава

6.5.1.1. Условия работы должны соответствовать тем, при которых разрешается работать со льда (см. Наставление, вып. 2, ч. II, § 169).

6.5.1.2. Как правило, измерения производятся в том же гидростворе, в котором они велись при открытом русле (в «летнем» гидростворе).

Летний гидроствор может оказаться непригодным для производства работ зимой со льда в следующих случаях:

— при образовании двух или нескольких ярусов ледяного покрова;

— при зашугованности русла более 25% площади водного сечения;

— при образовании больших пространств с очень малыми скоростями течения (ниже 0,08 м/с), когда измерение скоростей вертушками становится невозможным;

— при наличии мертвых пространств более 10% площади водного сечения;

— при образовании в створе большой полыньи в течение всей зимы;

— при расположении створа в зоне влияния подпора от нижележащего затора льда и др.

6.5.1.3. В случае непригодности летнего гидроствора для измерения расходов воды при ледоставе створ должен быть перенесен на ближайший перекат, где обычно условия для измерения расходов воды благоприятные (наименьшее количество шуги, наибольшие скорости и уклоны).

6.5.1.4. Если подбор зимнего створа по тем или иным причинам затруднителен или невозможен (например, вследствие значительного удаления подходящих участков от поста), принимаются меры по искусственному промораживанию гидроствора с целью увеличения толщины льда, стеснения живого сечения и повышения скоростей. Простейшим средством является регулярная расчистка от снега полосы шириной 5—10 м вдоль створа по всей ширине реки.

При выборе зимнего гидроствора следует учитывать степень зашугованности русла, форму залегания шуги, величину косоструйности течений, а также удобство производства работ.

6.5.1.5. На реках с устойчивым руслом при отсутствии шуги промеры глубин при каждом определении расхода не обязательны.

Критерием устойчивости русла в этом случае являются отметки дна на постоянных скоростных вертикалях. Площадь водного сечения вычисляется по промеру, выполненному в начале ледостава при сравнительно тонком льде.

При наличии шуги промеры обязательны при каждом измерении расхода воды.

Рабочие глубины на промерных вертикалях, т. е. расстояние от поверхности дна до нижней поверхности льда (шуги), в этом случае вычисляются с учетом толщины погруженного льда, определяемой по интерполяции между измеренными ее значениями на скоростных вертикалях и у берегов.

Если разница в значениях глубин скоростных вертикалей по последнему промеру и по измерению при определении расхода будет по большинству вертикалей превышать 3%, то промеры глубин становятся обязательными.

6.5.1.6. При промерах глубин в гидростворе на всех промерных вертикалях одновременно измеряется толщина погруженного льда и шуги. Глубины отсчитываются по уровню воды в лунке.

На скоростных вертикалях толщина льда и шуги, так же как и общая глубина, измеряется повторно перед измерением скорости.

6.5.1.7. Точки урезов воды по нижней поверхности льда в гидростворе обязательно определяются в натуре (по нескольким лункам у каждого берега) с измерением расстояний от постоянного начала мерной лентой или рулеткой. Расстояния от постоянного начала до урезов по уровню воды определяются по профилю гидроствора.

6.5.1.8. Промеры глубин со льда обеспечивают высокую точность определения планового положения промерных вертикалей и отсчета глубин. Однако зимний промер со льда более трудоемкий по сравнению с промером в летних условиях. Разметка лунок по гидроствору выполняется по мерной ленте или размеченному канату, натягиваемому по линии створа.

Глубины в лунках до 5 м измеряются нарощенной штангой, свыше 5 м — грузом на стальном канате диаметром 3 мм. Толщина слоя шуги измеряется с большой погрешностью. Для ее уменьшения должна применяться звуковая шугомерная рейка ГР-85 (см. Наставление, вып. 2, ч. II, § 97), которая дает точность измерения нижней границы шуги до ±5 см. При отсутствии шугомерной рейки должен применяться вертушечный способ. Вертушка последовательно погружается и поднимается до тех пор, пока не будет обнаружена нижняя граница шуги (по остановке лопастного винта).

6.5.1.9. В случае неравномерного распределения шуги в гидрометрическом створе постоянные вертикали при необходимости должны быть перемещены и назначены дополнительные вертикали для достаточного освещения каждой обособленной части потока.

6.5.1.10. При ледяном покрове измерение скоростей течения на вертикалях основным способом производится (как и при откры-

том русле) в точках 0,2 и 0,8 рабочей глубины. Здесь рабочей глубиной является расстояние по вертикали от дна до нижней поверхности льда, а при наличии шуги — до нижней поверхности шуги.

При глубине вертикали менее 0,75 м следует переходить на измерение скорости в одной точке (на 0,5 рабочей глубины).

Под ледяным покровом работа вертушками возможна при рабочей глубине не менее 30 см.

6.5.1.11. Указания по измерению скоростей со льда при сильных морозах или в случае, когда вода течет поверх льда, даны в Наставлении, вып. 2, ч. II, § 172—175.

6.5.1.12. При наличии ледяного покрова применение сокращенных способов измерения расходов воды (по репрезентативной вертикали и единичной скорости) менее эффективно, чем при свободном русле из-за трудоемкости работ, связанных с промерами глубин со льда и измерением толщины погруженного льда (см. п. 6.6.1).

6.5.2. Весеннее половодье (дождевой паводок)

6.5.2.1. Измерение расходов воды в период весеннего половодья (дождевого паводка) представляет собой весьма важную задачу, так как от числа и надежности измеренных расходов, освещенности ими высших уровней зависит точность вычисления стока воды за год. Кроме того, важное значение имеет и сама величина прошедшего максимума.

При высоких уровнях измерения расходов воды обычно связаны со значительными трудностями, поэтому необходимо заранее (с осени) выполнить ряд подготовительных работ. Гидрометрические работы особенно затруднительны при наличии обширных пойм, заросших древесной и кустарниковой растительностью, а также в условиях ледохода (лесосплава), интенсивной деформации русла и неустановившегося движения потока. В последнее время стал особенно актуален вопрос об уточнении данных о максимальных расходах воды на реках СССР и в первую очередь на реках Сибири и Дальнего Востока.

6.5.2.2. Повышение точности учета стока можно обеспечить двумя способами:

1) осветить надежными измерениями расходов воды всю амплитуду колебаний уровня воды данного года как в пойменном, так и в беспойменном гидрострорах;

2) использовать аэрометоды для определения расходов воды на больших (и средних) реках (см. п. 6.5.2.3.)

В первом случае при наземном способе измерения расходов воды в пойменной зоне гидроствор с осени готовится к проведению паводочных работ. Для чего производится:

— рубка просек и расчистка гидроствора в пойме от древесной, кустарниковой и травяной растительности (на ширину 10—15 м);

— нивелирование поперечного профиля гидроствора (включая пойму) до отметки наивысшего уровня воды (до незатопляемых отметок);

— в пойме с осени производится разбивка скоростных вертикалей и закрепление их столбами и другими способами. Расстояние между скоростными вертикалями на пойме зависит от ее морфологии и пропускаемого расхода воды. При ровной, нерасчлененной поверхности поймы расстояние между скоростными вертикалями может быть увеличено в 2 раза по сравнению с указанным в табл. 6.2. При этом обязательно должна назначаться скоростная вертикаль на границе главного русла и поймы (на бровке русла). При неровной поверхности поймы скоростные вертикали назначаются на переломах ее профиля;

— гидроствор оборудуется уклонными постами (верхним и нижним). При различии уклонов по правому и левому берегам уклонные посты оборудуются по обоим берегам главного русла;

— незадолго до вскрытия реки измеряются глубины со льда в главном русле. Определение расходов (при устойчивом русле) ограничивается только измерением скоростей течения (промеры глубин не повторяются);

— основной пост (и уклонные посты) обязательно оборудуется максимальными рейками, независимо от наличия или отсутствия самописца уровня воды. Это делается для гарантии регистрации уровней во время пика половодья (паводка), когда постовые устройства (СУВ, сваи, рейки) могут быть повреждены или недоступны для наблюдателя.

Для детального изучения участка гидроствора необходимо получить следующие данные: отметку уровня выхода воды на пойму; отметку уровня, при котором начинается течение на пойме; продольный профиль дна русла по линии наибольших глубин; на участке, равном по длине одной ширине русла вверх и вниз от створа, характеристику рельефа поймы и покрывающей ее растительности с указанием процента покрытия лесом и кустарником (по данным топографических съемок участка поста).

При резких и быстрых колебаниях уровня воды (более 10 см/ч) гидравлические элементы потока во время измерения расхода могут изменяться. Поэтому измерение расхода воды должно выполняться в возможно короткое время, допуская при этом некоторое понижение точности измерений. Сократить продолжительность полевых работ можно путем применения ускоренного способа (2-точечного) измерения расходов воды (см. Наставление, вып. 2, ч. II, с. 145, 146). Этот же способ рекомендуется применять, кроме того, на больших реках в периоды половодья и паводков, так как средняя квадратическая погрешность измерения расхода при этом находится в пределах точности измерения расхода воды вертушкой.

При измерении скоростей течения в главном русле и пойме следует обязательно измерять направление течений в случае,

если косоструйность превышает 10°. При наличии на пойме рукавов (проток) расходы обязательно измеряются и в них, так как необходимо учитывать полный расход воды. Для экстраполяции кривой расходов $Q = f(H)$ обязательным условием является измерение уклонов водной поверхности. При этом наличия данных только о продольных уклонах по главному руслу иногда недостаточно: необходимо иметь данные, кроме продольных, и о поперечных уклонах на пойменных участках гидроствора. Рекомендации о примерном размещении уклонных постов даны в п. 5.2.3.

6.5.2.3. В практике гидрометрических работ встречается много случаев, когда измерения расходов воды обычными способами в периоды паводков затруднены или становятся невозможными, особенно для значительных по размерам рек. Это нередко наблюдается в периоды катастрофических наводнений, в случаях большой удаленности от баз или трудной доступности гидростворов, во время больших разливов рек, в периоды ледоходов и т. п.

Отмеченные трудности в целом ряде случаев могут быть преодолены путем применения авиационных способов измерения расходов воды. Применение аэрометодов облегчает труд гидрометров, создает возможности обслужить одновременно большее количество гидростворов малым количеством людей и при надлежащей постановке дела получать надежные результаты.

В настоящее время для измерения расходов воды рек с самолета предложено два способа, сущность и содержание которых детально рассматривается в «Методических рекомендациях по измерению расходов воды рек аэрометодами» (Л., Гидрометеоиздат, 1974).

Первый способ основан на использовании для расчета расхода воды поверхностных скоростей, определенных аэрометодом. Из двух других элементов, необходимых для расчета величины расхода, площадь живого сечения может определяться либо авиа-, либо наземными способами, а коэффициент перехода от поверхностных к средним скоростям течения рассчитывается на основе данных о распределении скоростей по глубине, измеренных вертушкой, или по существующим эмпирическим формулам.

Точность измерения паводочных расходов воды этим способом характеризуется среднеквадратической погрешностью порядка 8—10%.

В основу второго способа положен принцип интеграции скоростей течения по глубине потока с помощью капельно-жидких поплавков-интеграторов, истекающих из специальных сосудов, сбрасываемых с самолета. Рассматриваемый в Методических рекомендациях вариант этого способа — способ двойного интегрирования — может быть применен только на реках со средними элементарными расходами более 10 м²/с, так как при малых расходах величина погрешности достигает 20—30%.

6.5.3. Зарастание русла

При измерении расходов воды в случае зарастания русла водной растительностью должны соблюдаться следующие дополнительные условия:

1) водная растительность с момента ее появления должна систематически удаляться (выкашиваться) по всей ширине русла на участке 3—5 м выше и 3—5 м ниже створа, чтобы в течение всего вегетационного периода участок гидроствора был свободен от водной растительности. Это необходимо для того, чтобы избежать наматывания травы на лопастной винт вертушки и для выравнивания скоростного поля потока. Обязанность следить за состоянием участка гидроствора и своевременным выкашиванием травы в русле реки должна быть возложена на наблюдателя поста;

2) при наличии в гидростворе «мертвых» зон с отсутствием скоростей течения, составляющих 25% и более от площади живого сечения, гидроствор необходимо перенести в другое место с лучшими условиями течения;

3) скоростные вертикали назначаются через одну промерную вертикаль. Если в заросшем русле имеют место струйные течения, скоростные вертикали дополнительно назначаются как в струйных зонах, так и между ними. Для каждого зарастающего створа должно быть определено оптимальное число скоростных вертикалей. При недостаточном числе скоростных вертикалей погрешность в определении расхода воды может достигать 15—30%. Расположение скоростных вертикалей должно соответствовать переломным точкам эпюры распределения скорости по ширине реки, полученной по увеличенному числу скоростных вертикалей;

4) при зарастании русла измерение скоростей течения на вертикалях основным способом производится в трех точках на 0,15; 0,5 и 0,85 рабочей глубины.

При глубине вертикали менее 0,75 м скорость измеряется в одной точке на 0,5 рабочей глубины;

5) учитывая возможность наматывания травы на лопастной винт, вертушку во время работы следует осматривать (в случае нарушения ритма поступления сигналов) и очищать от водной растительности;

6) для обеспечения точности вычисления стока ±5% расходы воды в первый месяц появления водной растительности и последний месяц вегетации (осенью) измеряются через каждые 4—5 дней, а в промежуточный период — через 10 дней. Частота измерения расходов воды во время дождевых паводков увеличивается и зависит от высоты подъема уровня воды паводка.

6.5.4. Косоструйность течения

При косоструйном относительно гидроствора течении реки должны выполняться следующие условия:

1) косина струй менее 10°, вызывающая небольшую (порядка 1,5%) погрешность, не учитывается;

2) при косине струй более 10° (что определяется визуально), кроме величины скорости, обязательно должно измеряться направление течения. Последнее с глубиной может изменяться, поэтому направления течений по возможности измеряются на всех точках по глубине вертикали при первых пяти-десяти измерениях на данном гидросторе. Если первые измерения покажут, что направление течения постоянно (в пределах 5°) по всей глубине вертикали, в дальнейшем можно ограничиться измерением направления течения только на поверхности воды;

3) для измерения направления течения применяется вертушка на бифилярном подвесе (ГР-6); методика работы с ним дана в приложении 8, а также в инструкции по эксплуатации, прилагаемой к прибору. На равнинных реках при скоростях течения до 1 м/с для измерения направлений течений по глубине вертикали применяется измеритель течений ГР-42 (приложение 9). При отсутствии указанных приборов или невозможности их применения (из-за малых глубин или больших скоростей течения) приближенно угол косины можно оценить, применяя привязной поплавок (бутылка, закрытая пробкой на капроновом шнуре, длинный тонкий шест и т. д.);

4) в случае крепления вертушки на штанге (наиболее целесообразный способ крепления) косструйность течений не определяется, так как вертушки ГР-21М, ГР-55, ГР-99 снабжены компонентными лопастными винтами. Последние учитывают косструйность до 40° (т. е. дают значение проекции скорости на ось вертушки) с погрешностью не более 5% (при условии установки оси вертушки в каждой точке по глубине вертикали перпендикулярно направлению гидроствора).

6.5.5. Деформация русла

При неустойчивом русле необходимо выполнять следующие требования:

1) в случае возникновения (вследствие плановой деформации русла на участке гидроствора) косины струй более 10° следует поступать согласно п. 6.5.4 или изменить направление гидроствора так, чтобы оно было опять перпендикулярно общему направлению течения (п. 6.2.4);

2) на больших реках с интенсивной деформацией русла, когда последняя существенна даже за период измерения расхода воды, промеры глубин по гидроствору в половодье производятся дважды при каждом измерении расхода воды до и после измерения скоростей течения (каждый раз одним ходом).

При необходимости по данным обоих промеров вычерчивается осредненный профиль гидроствора путем плавного осреднения всех точек измеренных глубин по первому и второму промерам.

При промерах глубин с гидрометрического мостика или по разметочному канату переправы значения глубин по первому и вто-

рому ходам осредняются (при одном и том же расстоянии от постоянного начала).

Учитывая более надежную (по сравнению с промерными ходами) створность при установке рабочего судна на скоростные вертикали, измеренные глубины последних должны являться опорными при построении поперечного профиля гидроствора. При этом для больших рек могут быть рекомендованы горизонтальные масштабы 1 : 5000; 1 : 2000 и в некоторых случаях 1 : 1000.

Если при построении профиля гидроствора будет обнаружено систематическое отклонение глубин, измеренных на скоростных вертикалях, от осредненного профиля, необходимо выяснить причину этого; при этом следует проверить исправность счетчика на гидрометрической лебедке, а также провести контрольное тарирование эхолота;

3) промеры глубин на больших реках с деформирующимся руслом производятся эхолотом. При его отсутствии должно быть определено оптимальное число промерных вертикалей в гидростворе при разных фазах режима реки (половодье, межень, ледостав);

4) при очень резкой деформации русла, когда данный участок реки для точного учета стока становится вообще непригодным, гидроствор переносится на новое место, более удобное для измерений;

5) в случае заметной деформации русла, в результате которой изменилась форма поперечного профиля, выясняется, насколько ранее принятое расположение скоростных вертикалей соответствует изменившейся форме русла. В случае значительного несоответствия местоположение скоростных вертикалей изменяется. Кроме того, основанием для перемещения скоростных вертикалей (или для назначения дополнительных вертикалей) является наличие резких переломов в форме эпюры распределения скоростей течения по ширине реки;

6) при интенсивной деформации русла расположение скоростных вертикалей по ширине реки при необходимости изменяется перед каждым измерением расхода воды;

7) при интенсивной деформации русла общее число скоростных вертикалей для каждого створа должно быть оптимальным, т. е. таким, чтобы погрешность в определении расхода (см. п. 1.2.2.2) находилась в допустимых пределах. При этом обязательным условием является наличие на динамической оси потока (на стрежне реки) скоростной вертикали;

8) в период половодья (паводка) расходы воды должны быть измерены на всех характерных фазах паводочной волны (устойчивый уровень, подъем, пик, спад). Во избежание пропуска наибольшего расхода на пике половодья (паводка) следует производить учащенные измерения расходов воды при наступлении высших уровней (т. е. после начала устойчивого спада) ежедневно или через 1—2 дня. Следует иметь в виду, что максимальный расход

при прохождении паводочной волны наступает, как правило, с некоторым сдвигом во времени по отношению к наступлению максимального уровня;

9) измерение скорости течения в точках вертикали ведется от дна к поверхности воды (при основном способе сначала в точке $0{,}8h$, а затем в точке $0{,}2h$) сразу же после измерения рабочей глубины вертикали и расчета глубин погружения вертушки. При несоблюдении этого условия при повторном погружении штанги (груза) в одно и то же место вокруг последних может образоваться размыв, который отразится на распределении и точности измерения скоростей.

6.5.6. Измерение расходов воды с дорожных мостов

1) Многие мосты представляют собой хорошие измерительные сооружения и их целесообразно использовать для измерения скоростей течения вертушками (как с каната, так и со штанги). Измерение расходов воды с мостов имеет ряд преимуществ перед измерениями с применением плавсредств (лодок, катеров и др.), из которых главными являются: более высокая точность измерений (при учете угла относа каната от вертикали и косструйности течений), удобство и безопасность производства работ. При наличии поймы полный расход воды более удобно измерять с шоссейного или железнодорожного моста. При выборе моста предпочтение следует отдавать тем из них, у которых ось моста расположена нормально (перпендикулярно) направлению течения реки. В тех мостовых сечениях, где поток воды отличается наличием сильных турбулентных зон (как выше, так и ниже моста), производить измерение расхода с мостов не рекомендуется.

2) При измерении расходов воды с моста нельзя дать рекомендацию для выбора верховой или низовой стороны моста. Выбор той или другой стороны моста производится индивидуально для каждого моста. При этом необходимо учитывать следующие условия:

а) преимущества использования верховой стороны моста: более благоприятные гидравлические характеристики потока; направление скоростей подхода может быть определено визуально; дно потока не подвергается размыву (деформации) так сильно, как с низовой стороны моста; возможность следить за плывущими по реке предметами;

б) преимущества использования низовой стороны моста: не требуется измерять косструйность течений, так как струи потока упорядочиваются границами мостового отверстия (опоры и береговые устои моста) и течение становится близким к параллелоструйному; измерение угла относа каната течением осуществляется легче, чем с верховой стороны.

Кроме того, необходимо учитывать интенсивность движения по мосту транспорта и ширину тротуара для пешеходов.

Если русло реки под мостом загромождено крупными валунами (или оставшимися от строительства сваями или шпунтом), которые не могут быть расчищены и удалены, а также при больших размывах дна, мост непригоден для измерения расходов воды.

3) Для измерения расходов воды с мостов необходимо иметь специальные лебедки с большим выносом стрелы для подъема и опускания гидрометрических грузов (массой до 100 кг) и исключающей задевание прибора за перила моста. Из имеющегося оборудования для этой цели можно рекомендовать использование гидрометрической лебедки с поворотной стрелой (ГР-36), которая устанавливается и прочно закрепляется на прицепе автомашины (ГАЗ-69). Для доставки этого комплекта оборудования на место работы и обратно на станцию после измерения расхода требуется автомашина. Измерения расходов воды с мостов могут быть поручены РГО.

4) Для измерения расходов воды с моста необходимо заранее (при съемке поперечного профиля при низкой воде) определить положение мостовых опор (быков) от постоянного начала, расстояние между ними (ширину пролетов в свету), ширину мостовых опор, положение береговых устоев от постоянного начала, положение дорожных насыпей и другие данные.

В случае многопролетного моста каждый пролет следует рассматривать как отдельное русло (проток). В каждом мостовом пролете назначается не менее трех скоростных вертикалей. Одна из них должна быть расположена в середине пролета моста, а две — вблизи стенок мостовых опор (или у стенки берегового устоя), но не ближе чем в 0,5—1 м от них и обязательно вне зоны завихрения струй, вызываемых обтеканием их стенок.

5) В случае измерения расхода воды с установки ГР-64М, расположенной в непосредственной близости от моста (2—5 м от него), следует дополнительно назначать скоростные вертикали перед устоями моста, а не только в пролетах между ними.

6) При промерах глубин с моста, измерении скоростей и обработке расхода воды применяются те же методы, что и при работе с люлечной переправы или гидрометрического мостика.

7) При измерении расхода воды с моста по правилам техники безопасности не допускается крепить оборудование и приспособления за перила моста.

6.6. СОКРАЩЕННЫЕ СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ВОДЫ ГИДРОМЕТРИЧЕСКОЙ ВЕРТУШКОЙ

6.6.1. Определение расходов по скорости на репрезентативной вертикали и по единичной скорости течения

6.6.1.1. Одной из целей применения сокращенных способов определения расходов, кроме значительного сокращения затрат рабочего времени, является автоматизация измерения речного

стока. Целью дальнейшего усовершенствования метода в этом аспекте является разработка автоматического датчика для записи скорости течения дискретно (например, один раз в день) или непрерывно (на самописец). Следует иметь в виду, что сокращенные методы не смогут найти широкого применения на тех гидрологических постах, где измерения расходов воды ведет наблюдатель. Сокращенные способы неприменимы на зарастающих, зашугованных, некоторых пойменных гидрострорах, а также в условиях переменного подпора и косоструйности течений.

6.6.1.2. Для выяснения возможности перехода на измерение расходов воды по сокращенному способу должно быть проанализировано не менее 50 книжек измеренных расходов воды (за период до 2 лет), выполненных при устойчивом русле для каждого гидроствора многоточечным (детальным) или основным способами.

Проведение такого анализа определяется тем, что в любом створе может встретиться необходимость весьма быстрых сокращенных измерений (например, в случае работы разъездных гидрометрических отрядов, а в перспективе — для внедрения автоматизации измерения расходов воды).

6.6.1.3. Анализ заключается в выборе одной постоянной (репрезентативной) скоростной вертикали, расположенной в прибрежной или стрежневой части потока с наибольшей скоростью течения (на динамической оси потока). При этом необходимым условием является устойчивое в течение всего года местоположение репрезентативной вертикали от постоянного начала по всей амплитуде колебаний уровня воды.

При анализе измеренных расходов должны быть построены вспомогательные графики зависимостей $Q = f(v_p F)$ и $Q = f(v_{0,2} F)$, где v_p и $v_{0,2}$ соответственно средняя скорость на репрезентативной вертикали и единичная скорость в точке 0,2 ее рабочей глубины. Для практического использования выбирается тот вспомогательный график, у которого связь теснее (точки лежат с меньшим разбросом). Эти зависимости выражаются прямой линией, за исключением нижней части графика (при малых расходах), где она иногда в виде плавной кривой идет в начало координат (рис. 6.6). Это отклонение от линейной зависимости связано с увеличением сопротивления берегов и уменьшением уклонов. Чем ближе наклон линейной зависимости к 45°, тем ближе скорость на репрезентативной вертикали (или единичная скорость в точке $0{,}2h$) к средней скорости в сечении потока. Эти зависимости, как правило, остаются неизменными для каждого года, а иногда и для ряда лет.

6.6.1.4. Критерием применимости сокращенных способов является условие, чтобы среднее квадратическое отклонение расходов воды, снятых со вспомогательного графика, в большинстве (3/4) случаев не превышало 5% фактически измеренных расходов при данном уровне воды. Если большие отклонения относятся к группе расходов воды, измеренных при одном и том же состоя-

нии реки, в этот период не следует допускать измерение скорости сокращенным способом на одной вертикали.

Переходные коэффициенты K_p и $K_{0,2}$ получаются делением фактически измеренного расхода воды на произведение средней скорости на репрезентативной вертикали (или единичной скорости в точке 0,2 ее рабочей глубины) на площадь водного сечения. При

Рис. 6.6. График зависимости $Q = f(v_{0,2}F)$.

1 — при ледоставе; *2* — при открытом русле.

этом значения Q и произведений v_pF (или $v_{0,2}F$) снимаются через равные интервалы с координат прямой вспомогательного графика

$$K_p = \frac{Q}{v_pF} \text{ или } K_{0,2} = \frac{Q}{v_{0,2}F}.$$

Коэффициент K_p всегда больше коэффициента $K_{0,2}$ (при одном и том же Q). Например, если $K_p = 0,78$, то $K_{0,2} = 0,73$.

При прохождении прямой вспомогательного графика через начало координат коэффициенты K_p и $K_{0,2}$ определяются по этому графику как тангенс угла наклона выявленной прямой связи к оси абсцисс. Переходные коэффициенты K_p и $K_{0,2}$ на существующих гидрострорах устанавливаются на основании анализа не менее 50 расходов воды, измеренных при свободном русле и при наличии ледяного покрова, освещающих равномерно амплитуду колебаний уровня воды.

6.6.1.5. Сокращенные способы измерения расходов воды отличаются простотой и значительно сокращают объем полевых работ и затрат рабочего времени. По точности сокращенные способы для проанализированных створов соизмеримы с точностью исходных данных, принятых для построения вспомогательных графи-

ков. Для оценки точности учета стока на ГЭС эти способы рекомендуется применять в нижних бьефах ГЭС при неустановившемся движении, а также в сложных условиях, например, при ослаблении или временном прекращении ледохода (лесосплава). Для данного гидроствора выбирается один из двух сокращенных способов измерения расходов, вспомогательный график по которому имеет более тесную связь (более высокий коэффициент корреляции).

6.6.1.6. Измерение расхода воды по сокращенному способу выполняется в обычном порядке: наблюдения за уровнем воды на основном посту, запись обстановки работы в книжку расхода, промеры глубин по гидроствору (при устойчивом русле не при каждом расходе), измерение скоростей течения в точках 0,2 и 0,8 глубин репрезентативной вертикали (или измерение единичной скорости в точке $0{,}2h$), наблюдение за уровнем воды после окончания измерения расхода воды. При этом в книжку расхода записывается время начала и окончания промеров глубин по створу и измерения скоростей течения. Измерение скоростей в точках по сокращенному способу выполняется 2 раза. Выдержка вертушки в точке должна быть не менее 100 с. При этом первый сигнал вертушки не учитывается (он называется нулевым). За среднюю скорость на вертикали или в единичной точке $0{,}2h$ принимается среднее из двух измерений.

6.6.1.7. На существующих гидростворах для перехода на сокращенный способ выполняются следующие работы:

1) анализируются книжки расходов воды с целью определения места расположения репрезентативной вертикали;

2) вычисляются произведения v_pF и $v_{0,2}F$ для нескольких вертикалей, близких к стрежню;

3) строятся графики зависимостей $Q = f(v_pF)$ и $Q = f(v_{0,2}F)$;

4) определяются переходные коэффициенты K_p и $K_{0,2}$.

Если анализ покажет возможность применения на данном гидростворе сокращенных способов, все последующие расходы воды в данном гидростворе могут быть получены по одной из указанных зависимостей путем нанесения на прямую произведений v_pF (или $v_{0,2}F$) и снятия с нее значений расходов воды Q. Полученные таким образом Q наносятся на кривую расходов воды, за счет чего достигается ее уточнение.

6.6.1.8. На вновь открытых гидростворах для перехода на сокращенные способы в течение первого года расходы воды измеряются основным и многоточечным способами (пять, шесть или более точек). При этом последним способом должно быть измерено не менее 10 расходов воды с увеличенным числом скоростных вертикалей и с равномерным освещением всей амплитуды колебаний уровня воды в течение года. После накопления не менее 30 расходов воды, измеренных обоими способами, приступают к их анализу для определения местоположения репрезентативной верти-

кали. Далее работы ведутся так же, как и на существующих гидростворах (см. выше). Срок регулярных измерений расходов воды на данном гидростворе определяется ГМО.

6.6.2. Способ измерения расхода воды на судоходных реках [1]

6.6.2.1. С целью уменьшения затрат времени на процесс измерения расхода воды на реках с интенсивным судоходством этот расход определяется лишь по измеренным скоростям и глубинам на двух постоянных вертикалях, выбираемых соответственно примерно на 0,2 и 0,8 полной ширины реки (при меженном состоянии русла). На основании таких измерений получают фиктивный расход воды $Q_ф$, который будет равен

$$Q_ф = B\left(\frac{h_1v_1 + h_2v_2}{2}\right),$$

где B — ширина реки; h_1v_1 и h_2v_2 — произведения глубин и средних скоростей на двух избранных вертикалях.

Чтобы перейти к действительному расходу $Q_д$, необходимо $Q_ф$ умножить на переходный коэффициент K, полученный путем детальных измерений расхода в течение 2—4 лет:

$$K = \frac{Q_д}{Q_ф}.$$

Способ применим для рек с небольшой поймой, не превышающей (при высоких уровнях) 0,2—0,3 общей ширины реки в гидростворе при низких уровнях.

Для предварительного определения значения коэффициента K вычисления рекомендуется вести по табл. 6.4.

Таблица 6.4

Подсчет коэффициента $K = \frac{Q_д}{Q_ф}$ по детально измеренным расходам воды

№ расхода	Дата	H, см	Q, м³/с	B, м	h_1, м	v_1, м/с	h_1v_1, м²/с	h_2, м	v_2, м/с	h_2v_2, м²/с	$\frac{h_1v_1 + h_2v_2}{2}$	$Q_ф = B\frac{(h_1v_1 + h_2v_2)}{2}$	K
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

[1] Предложен Е. П. Буравлевым — УГМС Азербайджанской ССР.

По данным измерений на примере р. Куры коэффициент K обладает хорошей устойчивостью, его относительное среднеквадратическое отклонение составляет 3—4%.

Примечание. Способы измерения расходов воды: ускоренный, интеграционный (с помощью установки ГР-101) и с применением дистанционных установок ГР-64, ГР-64М и ГР-70 изложены в Наставлении, вып. 2, ч. II, § 183, 184—191, 192—207.

6.7. ВЫЧИСЛЕНИЕ РАСХОДА ВОДЫ, ИЗМЕРЕННОГО ВЕРТУШКОЙ

6.7.1. Методы вычисления расхода воды и условия их применения

Вычисление расходов воды производится аналитическим или графическим методами.

Аналитическим методом вычисляется каждый расход, вне зависимости от степени детальности измерения, сразу же после его определения или в крайнем случае не позже следующего дня.

Графическим методом вычисляются расходы воды, измеренные многоточечным способом, и в сложных случаях (например, при сильно зашугованном русле, измерении расхода под мостом в нескольких пролетах и т. п.) отдельные расходы, измеренные основным способом. Графическая обработка ставит целью уточнить значения расхода, изучить скоростное поле в гидростворе и получить наглядное представление о распределении скорости течения по глубине и ширине потока в зависимости от рельефа дна, а также позволяет судить о правильности назначения скоростных вертикалей и о возможности сокращения их числа без снижения точности результатов измерений.

Графическое вычисление расхода воды производится на станции по получении книжек расхода с записями результатов измерений.

Расходы воды, определенные основным, интеграционным и сокращенным способами, аналитически вычисленные на посту, на станции проверяются (выборочно).

6.7.2. Аналитический метод вычисления расхода воды

6.7.2.1. Аналитическим методом расход воды вычисляется применительно к схеме, показанной на рис. 6.7, по формуле

$$Q = Kv_1f_0 + \left(\frac{v_1 + v_2}{2}\right) f_1 + \ldots + \left(\frac{v_{n-1} + v_n}{2}\right) f_{n-1} + Kv_nf_n,$$

где Q — полный расход воды; v_1, v_2, ..., v_n — средние скорости на скоростных вертикалях № 1, 2, ..., n (последней); f_0 — площадь водного сечения между берегом (границей мертвого пространства)

и первой скоростной вертикалью; f_1 — площадь водного сечения между вертикалями № 1 и 2 и т. д.; f_n — площадь между последней вертикалью n и берегом (границей мертвого пространства).

Коэффициенты K для скоростей v_1 и v_n на прибрежных скоростных вертикалях № 1 и n при отсутствии мертвого пространства принимаются равными:

а) при пологом береге с нулевой глубиной на урезе — 0,7;

б) при естественном обрывистом береге или неровной стенке (бут, неотесанный камень) — 0,8;

в) при гладкой бетонной или сплошь обшитой досками стенке — 0,9, а при наличии мертвого пространства — 0,5.

Рис. 6.7. Схема к вычислению расхода воды аналитическим методом.

Площади водного сечения между скоростными вертикалями f_0, f_1, f_2, ..., f_n (рис. 6.8) вычисляются по следующим формулам:

$$f_0 = \left(\frac{h_0 + h_1}{2}\right) b_0 + \left(\frac{h_1 + h_2}{2}\right) b_1;$$

$$f_1 = \left(\frac{h_2 + h_3}{2}\right) b_2 + \left(\frac{h_3 + h_4}{2}\right) b_3 + \left(\frac{h_4 + h_5}{2}\right) b_4 + \left(\frac{h_5 + h_6}{2}\right) b_5;$$

$$f_n = \left(\frac{h_{n-1} + h_n}{2}\right) b_n.$$

В этих формулах h_0, h_1, h_2, ..., h_n — глубины промерных вертикалей (при ледяном покрове — расстояние от дна до нижней поверхности льда и шуги); b_1, b_2, ..., b_{n-1} — расстояния между промерными вертикалями; b_0 и b_n — расстояния между крайними промерными вертикалями и урезами.

При равных расстояниях между промерными вертикалями ($b_1 = b_2$, ..., $b_{n-1} = b$) вычисление площади водного сечения

между скоростными вертикалями может производиться по упрощенной формуле

$$f_1 = \left(\frac{h_2}{2} + h_3 + h_4 + h_5 + \frac{h_6}{2}\right) b.$$

Площади же береговых участков в этом случае вычисляются по вышеприведенным формулам для f_0 и f_n.

Рис. 6.8. Схема к вычислению площади водного сечения.

В тех случаях, когда при неустойчивом русле промеры производились дважды (до и после измерения скоростей), площади водного сечения вычисляются по средним значениям глубин из обоих промеров с учетом значений глубин на скоростных вертикалях, полученных во время измерения скорости. На широких реках, когда местоположение промерных вертикалей определяется по засечкам с берега, вертикали по обоим ходам могут не совпадать.

Рис. 6.9. Профиль гидрометрического створа по двум ходам.

1 — профиль до измерения скорости течения; *2* — профиль после измерения скорости течения; *3* — профиль, принятый для вычисления площади водного сечения.

В этом случае по результатам обоих промеров составляется осредненный профиль гидроствора (рис. 6.9), на основании которого и вычисляется площадь водного сечения. Площадь поперечного сечения реки (водного сечения, живого сечения и мертвого пространства) определяется в этом случае по значениям глубин, снятым непосредственно с осредненного профиля как при графическом, так и при аналитическом методах вычисления.

В тех случаях, когда измерение глубины на скоростных вертикалях по условиям работы производится более точно, чем при промере (например, измерение глубины при промере производится

с судна на ходу, а на скоростных вертикалях — с судна на якоре), на поперечный профиль, построенный по промеру, наносятся глубины по измерению на скоростных вертикалях. Если выявляется, что глубины на скоростных вертикалях, приведенные к уровню промера, имеют систематическое отклонение (обычно в сторону уменьшения), то значения глубин по промеру соответственно исправляются по значениям глубин на скоростных вертикалях. Интерполяция поправки на глубины между скоростными вертикалями производится аналитически или по чертежу поперечного профиля — графически.

При производстве промеров эхолотами ПЭЛ-2, ПЭЛ-3, ИРЭЛ материалы промеров получаются в виде батиграмм с записью линии дна в определенном вертикальном масштабе (обычно 1 : 10 или 1 : 100). При этом глубины в любой точке профиля могут определяться измерением масштабной линейкой или палеткой, изготовленной из прозрачного тонкого целлулоида. Горизонтальный масштаб профиля на батиграмме обычно бывает непостоянным по длине профиля в связи с непостоянством скорости движения промерного судна по створу. Для приведения к одному масштабу используют оперативные отметки, обозначающие на батиграмме места засечек. Расстояния между засечками должны быть определены как при засечках с берега мензулой, так и теодолитом.

В случае измерения глубин эхолотом со стрелочным указателем глубин обработка записей промеров в книжке расхода аналогична обработке промеров глубин штангой или гидрометрическим грузом на канате.

6.7.2.2. Вычисление расхода воды аналитическим методом производится в такой последовательности:

а) просматривается книжка расхода с целью проверки полноты и правильности измерений и записей. Особое внимание обращается на сведения об обстановке работы и на замечания о явлениях, могущих отразиться на точности промеров и измерений скорости течения;

б) вычисляются р а б о ч и е г л у б и н ы вертикалей по промеру и проверяются глубины погружения вертушки. При наличии относа стального каната или ледяного покрова рабочие глубины принимаются с учетом поправок на относ каната (п. 6.3.5) или за вычетом толщины погруженного льда и шуги;

в) при измерении расхода воды основным или многоточечным способом проверяется, выдержано ли условие п. 6.4.12 в отношении общей продолжительности периода измерения в точке, и подсчитывается суммарное число оборотов вертушки;

г) по числу приемов и количеству сигналов за прием подсчитывается суммарное количество оборотов лопастного винта вертушки за все время измерения в точке;

д) делением суммарных чисел оборотов лопастного винта вертушки на соответствующие им количества секунд продолжительности измерения в точках вычисляются с помощью вспомогатель-

ных таблиц числа оборотов лопастного винта в 1 с (с точностью до 0,01 оборота);

е) по найденному числу оборотов в 1 с в тарировочной таблице находятся соответствующие скорости течения, округляемые во всех случаях до 0,01 м/с;

Примечание. Тарировочная таблица может быть составлена по любой форме, приведенной в Наставлении, вып. 2, ч. II, с. 174, 175 (табл. 26, 27). По форме табл. 27 значение скорости отыскивается по суммарному числу оборотов вертушки и общей продолжительности измерения. При наличии такой тарировочной таблицы отпадает необходимость вычисления числа оборотов в 1 с (п. д.). Составление указанной таблицы целесообразно в случаях, когда обработка расходов поручается наблюдателям постов.

ж) при наличии косины струй течения в случае измерения направления скорости значение скорости в каждой точке приводится к нормали (перпендикуляру) к створу по формуле

$$v' = v_0 \cos \alpha,$$

где v_0 — измеренная скорость в данной точке; α — угол между направлением течения и перпендикуляром к гидроствору. Угол принимается равным среднему значению, вычисленному из всех произведенных отсчетов угла при измерении.

Если направление течения измерялось поверхностными поплавками, угол косины принимается одинаковым для всех точек по глубине вертикали;

з) вычисляется средняя скорость на вертикали в зависимости от состояния реки и числа точек измерения по следующим формулам.

При свободном, не заросшем водной растительностью русле, и при отсутствии ледяного покрова:

$$\bar{v}_5^* = 0{,}050 v_{пов} + 0{,}347 (v_{0,2} + v_{0,6}) + 0{,}173 v_{0,8} + 0{,}083 v_{дно};$$

$$\bar{v}_{10} = 0{,}1 (v_{пов} + v_{0,2} + v_{0,3} + v_{0,4} + v_{0,5} + v_{0,6} + v_{0,7} + v_{0,8} + v_{0,9} + v_{дно});$$

$$\bar{v}_2 = \frac{v_{0,2} + v_{0,8}}{2};$$

$$\bar{v}_1 = v_{0,6};$$

$$\bar{v}_1 = K v_{0,2}.$$

Переходный коэффициент от скорости на 0,2 рабочей глубины к средней по вертикали вычисляется по данным предыдущих мно-

---

* Если характер эпюр распределения скоростей по вертикали правильный (монотонное убывание скорости от поверхности ко дну), разрешается для подсчета средней скорости пользоваться обычной формулой для 5-точечного метода: $v_5 = 0{,}1 (v_{пов} + 3v_{0,2} + 3v_{0,6} + 2v_{0,8} + v_{дно})$.

готочечных измерений, а при отсутствии таковых приближенно принимается равным 0,9.[1]

При заросшем водной растительностью русле и при наличии ледяного покрова:

$$\bar{v}_6 = 0{,}1\,(v_{пов} + 2v_{0,2} + 2v_{0,4} + 2v_{0,6} + 2v_{0,8} + v_{дно});$$

$$\bar{v}_3 = \frac{v_{0,15} + v_{0,5} + v_{0,85}}{3};$$

$$\bar{v}_1 = Kv_{0,5}.$$

Переходный коэффициент K в этом случае определяется также по данным предыдущих многоточечных измерений, а при отсутствии таковых приближенно принимается равным 0,9.

При основном способе измерения при ледяном покрове для вычисления средней скорости применяется та же формула, что и при свободном русле:

$$\bar{v}_2 = \frac{v_{0,2} + v_{0,8}}{2}.$$

При равномерном распределении точек по глубине вертикали (п. 6.4.9) средняя скорость вычисляется как среднее арифметическое всех скоростей, измеренных в отдельных точках;

и) производится анализ распределения скорости течения по ширине реки в зависимости от рельефа дна, для чего вычерчивается эпюра распределения средней скорости по ширине реки.

При корытообразной форме профиля поперечного сечения на участке гидрометрического створа эпюра распределения скорости течения по ширине реки должна получиться в виде правильной кривой, обращенной своей выпуклостью вверх без каких-либо резких переломов. Наличие переломов, если они подтверждаются неоднократными измерениями, будет указывать на неровности в рельефе русла по длине потока. При низких уровнях воды эти неровности дна более заметно сказываются на распределении скорости по ширине, а при высоких, наоборот, их влияние менее заметно.

Техник, измеряющий расход воды, должен располагать чертежом формы эпюры скорости по ширине реки на основании предыдущих измерений и сравнивать с ним эпюру, полученную при данном измерении расхода.

При наличии заметных отклонений очертаний эпюры от обычной ее формы измерения на вертикалях, которые дали эти отклонения, следует повторить, а при необходимости произвести измерение расхода заново;

---

[1] Наблюдателю предварительно дается приближенное значение $K = 0{,}9$. Если в дальнейшем значение коэффициента K, вычисленное по многоточечным измерениям, будет отличаться от приближенного значения более чем на 5%, расход, вычисленный наблюдателем, должен быть определен на станции заново, а уточненное значение коэффициента K сообщено наблюдателю.

к) вычисляются по рабочим глубинам всех промерных вертикалей со срезкой на расчетный уровень (см. п. 6.7.2.1) площади живого сечения между скоростными вертикалями.

Взамен срезки глубин по всем промерным вертикалям можно сначала подсчитать площади живого сечения между скоростными вертикалями по уровню воды при промере, а затем произвести срезку на разницу в площадях по уровню при промере и по расчетному уровню. Эта разность в площадях (ΔF) вычисляется по формуле

$$\Delta F = b\Delta H,$$

где b — расстояние между скоростными вертикалями, м; ΔH — разница между уровнем при промере и расчетным, м.

Полученное значение ΔF прибавляется или вычитается из площади живого сечения между скоростными вертикалями, вычисленной по уровню при промере.

Такой прием применяется в тех случаях, когда для вычисления расхода используются данные промера при одном из предыдущих расходов;

л) вычисляются полусуммы скоростей на соседних скоростных вертикалях, и последующим умножением их на площадь живого сечения между этими же вертикалями вычисляются частичные расходы;

м) в результате суммирования частичных расходов определяется значение всего расхода воды.

6.7.2.3. После того как расход воды вычислен, заполняется таблица «Принятые данные», в которую выписываются следующие характеристики расхода воды:

1) состояние реки (см. Наставление, вып. 2, ч. II, § 224);

2) расчетный уровень воды на основном посту над нулем графика при незначительном (2—3 см) изменении за время определения расхода воды вычисляется как среднее арифметическое из высот уровня, измеренных до и после определения расхода.

В случае быстрого изменения уровня за время измерения расхода расчетный уровень воды вычисляется при равномерном распределении скоростных вертикалей по ширине реки по формуле

$$H_{\text{расч}} = \frac{H_1q_1 + H_2q_2 + H_3q_3 + \cdots + H_nq_n}{\sum q_i},$$

где H_1, H_2, ..., H_n — значения уровня воды на каждой вертикали, измеренные или полученные интерполяцией между дополнительными измерениями; q_1, q_2, ..., q_n — элементарные расходы воды на вертикалях (произведение средней скорости на глубину), м²/с.

При неравномерном распределении скоростных вертикалей, когда расстояния между вертикалями (кроме прибрежных) отличаются друг от друга более чем на 25%, применяется следую-

щая формула, учитывающая долю ширины реки, приходящуюся на каждую вертикаль:

$$H_{расч} = \frac{H_1 q_1 b_1 + H_2 q_2 b_2 + \cdots + H_n q_n b_n}{\sum q_i b_i},$$

где b_1, b_2, ..., b_n — частичные ширины реки, приходящиеся соответственно на 1, 2 и ... n-ную скоростные вертикали (рис. 6.10);

3) расход воды Q с округлением до трех значащих цифр при значении расхода более 1 м³/с и до двух значащих цифр для расходов меньше 1 м³/с, но не точнее 0,001 м³/с;

Рис. 6.10. Схема к вычислению расчетного уровня воды.

4) площадь водного сечения $F_в$, мертвых пространств $F_м$, погруженного льда $F_л$ и шуги $F_ш$ и полная $F_{полн}$. Площадью водного сечения ($F_м + F_ж$) при открытом русле называется площадь, заключенная между поверхностью дна и уровнем воды в поперечном профиле. При наличии ледяного покрова (шуги) площадь водного сечения заключается между поверхностью дна и нижней поверхностью ледяного покрова (шуги). Площадь водного сечения вычисляется по принятым рабочим глубинам на промерных вертикалях и расстояниям между ними.

Площадь мертвого пространства является частью площади водного сечения, в которой скорости течения отсутствуют.

Площадь погруженного льда — это площадь, заключенная между нижней поверхностью ледяного покрова и уровнем воды в лунке. Она вычисляется по значениям толщины погруженного льда в промерных вертикалях и расстояниям между ними (рис. 6.11).

Площадью шуги является площадь, заключенная между нижней поверхностью шуги и нижней поверхностью ледяного покрова.

Площади погруженного льда и шуги вычисляются по толщине погруженного льда и шуги в промерных точках и по расстояниям между ними.

Если расстояния между точками измерения толщины погруженного льда и шуги равны, то площади вычисляются по формуле вида

$$F = \left(\frac{h_1}{2} + h_2 + h_3 + \cdots + \frac{h_n}{2}\right) b + f_0 + f_n,$$

где h_1, h_2 и т. д. — соответствующие толщины; b — расстояние между точками; f_0 и f_n — площади, заключенные между урезами воды и ближайшими к ним промерными вертикалями.

Полная площадь вычисляется как сумма площадей водного сечения, погруженного льда и шуги.

Значения площадей даются с округлением до трех значащих цифр, но не точнее 0,01 м^2;

5) скорости течения средняя $v_{ср}$ и наибольшая $v_{наиб}$. Средняя скорость потока вычисляется делением расхода воды на площадь водного сечения. Наибольшая скорость выбирается из всех измеренных скоростей в отдельных точках. При измерении вертушкой на канате и наличии косины струй значение скорости берется по значениям, не исправленным на косинус угла между направлением скорости и нормалью к гидроствору.

Рис. 6.11. Поперечное сечение реки.

I — площадь погруженного льда; *II* — площадь шуги; *III* — водное сечение (включая МП); *IV* — полная площадь сечения.

Значения скоростей приводятся в метрах в секунду с округлением до трех значащих цифр, но не точнее 0,01 м/с;

6) ширина по уровню воды B приводится с округлением до трех значащих цифр, но не точнее 0,1 м для той же высоты уровня, которая принята для данного расхода. Ширина реки по уровню воды определяется по поперечному профилю.

Рис. 6.12. Поперечное сечение реки при ледяном покрове, лежащем на берегах.

B_1 — ширина реки по уровню воды, установившемуся в лунках; B_2 — ширина реки по нижней поверхности ледяного покрова в пределах водного сечения; F — водное сечение.

При ледоставе, на зашугованных реках, когда полная ширина реки существенно отличается от действительной ширины водного сечения, указываются два значения ширины: первое — ширина реки по уровню воды в лунках и второе — ширина реки в пределах водного сечения.

Два значения ширины реки указываются и в том случае, когда ледяной покров, образовавшийся при высоком уровне воды, оказывается после понижения уровня лежащим в пределах береговой отмели. В этом случае в числителе указывается ширина по уровню воды, установившемуся в лунках B_1 (рис. 6.12), а в знаменателе — по нижней поверхности ледяного покрова в пределах водного сечения B_2. Ширины B_1 и B_2 определяются по поперечному профилю;

7) глубины средняя $h_{ср}$ и наибольшая $h_{наиб}$. Средняя глубина вычисляется делением площади водного сечения на ширину реки по уровню B. При наличии ледяного покрова в расчет принимается полная площадь, т. е. площадь, соответствующая уровню воды в лунке, и ширина реки по этому же уровню. При ледяном покрове, лежащем на отмели, ширина реки принимается лишь в пределах водного сечения по нижней поверхности льда B_2 (см. рис. 6.12). В этом же случае и площадь сечения F (см. рис. 6.12), соответствующая уровню воды в лунке, принимается в пределах ширины реки по нижней поверхности ледяного покрова.

Наибольшая глубина выбирается из всех измеренных глубин с поправкой на относ каната. При ледяном покрове наибольшая глубина считается от уровня воды в лунке.

Глубины приводятся с точностью до 0,01 м (при измерении глубин до 5,00 м, при большей глубине — с точностью 0,1 м);

8) уклон водной поверхности I вычисляется в промилле ($^0/_{00}$) — падение в метрах на 1 км — и выписывается с округлением до двух значащих цифр, но не точнее $0{,}001^0/_{00}$;

9) способ измерения расхода воды. Измерение расхода воды вертушкой обозначается буквой В без разделения на типы. В числителе дроби, стоящем после знака вертушки, указывается число скоростных вертикалей, в знаменателе — общее количество точек в сечении, в которых измерялась скорость течения ($В^5/_{10}$). При применении на отдельных вертикалях глубинных поплавков после знака поплавка (пгп) в числителе указывается число вертикалей, а в знаменателе — число точек измерения скорости течения, например: $В\ ^4/_8$, пгп $^2/_3$;

10) метод вычисления расхода воды. Аналитический метод вычисления расхода обозначается буквой а, а графический — буквой г.

6.7.2.4. При определении расхода воды в нескольких рукавах (протоках) таблица «Принятые данные» составляется отдельно для каждой обособленной части реки. Запись для каждого рукава производится в отдельной книжке.

При измерении расхода воды под мостом, имеющем небольшое количество пролетов, каждый из них также может рассматриваться как самостоятельный проток, если эти русла между опорами гидравлически достаточно обособлены.

Для полного (суммарного) расхода воды указывается только расчетный уровень воды. Для расхода воды, измеренного между опорами моста, кроме уровня указывается полная ширина реки, включая и ширину опор.

При наличии поймы, не разобщенной с коренным руслом, когда для экстраполяции при вычислении стока необходимо выделение расходов воды в коренном русле и в пойме, обработка расходов производится и все гидравлические характеристики выписываются отдельно для коренного русла и поймы с выделением право- и левобережной ее частей.

6.7.2.5. В тех случаях, когда число скоростных вертикалей совпадает с числом промерных, что, в частности, имеет место при измерении расхода интеграционной установкой ГР-101 (интеграция скоростей по вертикали), целесообразно применять видоизмененный вариант аналитического способа. Он состоит в следующем: частичный расход для каждой вертикали подсчитывается

Рис. 6.13. Схема к вычислению расхода воды при совмещении промерных и скоростных вертикалей.

$b_1, b_2, \ldots, b_n$ — расстояния от постоянного начала; $h_1, h_2, \ldots, h_n$ — глубины на вертикалях.

как произведение глубины этой вертикали h на среднюю скорость на ней v и полуразность расстояний от постоянного начала между последующей от данной вертикали и предыдущей от нее (рис. 6.13).

Частичный расход для вертикали 4 (на рис. 6.13 среднее сечение 4 — заштрихованный прямоугольник) будет равен

$$q_4 = v_4 \left(\frac{b_5 - b_3}{2}\right) h_4.$$

Для прибрежных сечений (на рис. 6.13 первой вертикалью считается 1, а последней вертикалью — n) частичные расходы вычисляются таким же образом, как указано выше, только «предыдущая» вертикаль у начала сечения считается совпадающей с вертикалью 1; «последующая» вертикаль у конца сечения считается совпадающей с вертикалью n.

Таким образом:

$$q_1 = v_1 \left(\frac{b_2 - b_1}{2} \right) h_1;$$

$$q_n = v_n \left(\frac{b_n - b_{n-1}}{2} \right) h_n.$$

Для данного примера частичный расход q_1 равен нулю, так как глубина в точке *1* равна нулю. Частичный расход q_n в зависимости от наличия или отсутствия скорости на вертикали n может быть равен нулю или отличаться от него. Скорость на конечных вертикалях в случае наличия глубины на урезе определяется с учетом коэффициента K от скорости на ближайшей вертикали (п. 6.7.2.1).

Полный расход воды Q будет равен сумме частичных расходов $Q = \sum_1^n q_i$.

Таблица 6.5

Вычисление расхода воды, измеренного интеграционным способом по 23 вертикалям, р. Светлая — с. Ильинка, 20/IV 1977 г.

№ вертикали	Расстояние от постоянного начала, м	Скорость на вертикали $v_{ср}$, м/с	Глубина вертикали h, м	Ширина отсека b, м	Частичный расход q, м³/с
1	2	3	4	5	6
Урез л. б. 1	10,2	0	0	0	0
2	18	0,10	0,66	7,4	0,49
3	25	0,12	1,02	8,5	1,08
4	35	0,33	1,08	10	3,58
5	45	0,44	1,13	7,5	3,70
6	50	0,46	1,09	6,5	3,28
7	58	0,46	1,06	8,5	4,15
8	67	0,46	1,14	8,5	4,45
9	75	0,44	1,20	6,5	3,43
10	80	0,43	1,30	7,5	4,16
11	90	0,43	1,50	10	6,47
12	100	0,43	1,86	10	8,00
13	110	0,46	1,96	10	8,98
14	120	0,51	1,92	10	9,68
15	130	0,58	2,32	10	13,4
16	140	0,62	2,45	10	15,3
17	150	0,66	2,56	11,5	19,3
18	163	0,66	3,20	10	21,0
19	170	0,64	2,90	8,5	15,8
20	180	0,61	2,86	9	15,7
21	188	0,55	2,00	6	6,55
22	192	0,24	1,44	3	1,04
Урез. п. б. 23	194	0,19	1,24	1	0,24

$Q = 169{,}82$

С округлением $Q = 170{,}0$

Этот метод с 1959 г. используется как основной в США, поскольку, как показали исследования, он более удобен для ввода данных в ЭВМ, и к тому же более точен. При наличии между скоростными вертикалями промерных, уточняющих площадь водного сечения, его применение нецелесообразно. Пример вычисления расхода этим способом приведен в табл. 6.5.

6.7.3. Графический метод вычисления расхода воды, измеренного вертушкой многоточечным способом

6.7.3.1. Графический метод вычисления расхода воды заключается в выполнении следующих работ:

а) Проверяются результаты ранее выполненного вычисления расхода аналитическим методом полностью по пунктам 1, 2, 3, 5, 6 и 7, см. п. 6.7.2.3.

б) На ленте миллиметровой бумаги размером 407×288 или 407×576 мм вычерчивается по образцу рис. 6.14 профиль поперечного сечения по расчетному уровню воды и приведенным к нему глубинам, на котором показываются скоростные вертикали, а при наличии ледяного покрова — погруженный лед и шуга.

Под профилем выписываются расстояния от постоянного начала, принятые глубины h, толщина погруженного льда $h_л$, толщина шуги $h_ш$ и рабочие глубины. Ниже оставляются две строчки для выписывания в дальнейшем средних скоростей и элементарных расходов.

Если одновременно определялся расход наносов, размер чертежа и порядок его вычерчивания принимается в соответствии с п. 8.2.6.2.

в) Под чертежом профиля поперечного сечения или справа от него вычерчиваются эпюры распределения скорости течения по вертикалям (годографы).

При построении эпюр скорости вертикальный масштаб для глубины принимается тот же, что и для профиля водного сечения. Горизонтальный масштаб выбирается в зависимости от наибольшей скорости и принятого масштаба глубин с таким расчетом, чтобы у эпюр центральных вертикалей отношение ширины к высоте было примерно 0,7—1,0.

Значения скорости откладываются по абсциссам (вправо) на соответствующих им ординатах — глубинах, отсчитываемых от поверхности. Через конечные точки отрезков, отложенных по абсциссам проводится плавная кривая между линиями поверхности воды и дна. Около эпюры слева выписываются значения скорости в точках через определенные равные интервалы для дальнейшего использования их при построении изотах (п. 6.7.3.2).

г) Определяется средняя скорость течения на вертикалях. Для этой цели определяются площади эпюр, которые численно равны элементарным расходам. Средняя скорость на вертикали получается делением площади эпюры на рабочую глубину вертикали.

От ПН-Рп 2	17,0	50,0	60,0	80,0	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	438	450	480	491
h м	0,30	6,8	7,2	11,5	12,7	12,7	12,0	11,5	11,0	11,0	9,9	9,5	7,7	8,2	7,3	7,0	7,0	7,4	7,4	7,6	7,6	7,7	7,4	4,30	0,16
Лед. погр., м	0,30	0,20	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,16	0,15	0,16	0,20	0,18	0,15	0,15	0,14	0,17	0,20	0,40	0,40	0,30	0,15
Шуга, м	0,00	6,40	6,50	7,00	2,10	2,20	1,40	1,40	1,40	1,30	2,60	4,80	6,40	1,54	1,80	1,30	1,80	6,00	2,80	2,60	2,80	2,30	7,00	4,00	0,00
h раб м	0,00	0,20	0,40	4,30	10,4	10,3	10,4	9,90	9,40	9,50	7,15	4,54	1,15	6,54	5,30	5,52	5,05	1,25	4,46	4,83	4,60	5,00	0,00		
v ср м/с		0,00	0,28	0,83	1,00	1,00	0,95	0,93	0,89	0,85	0,73	0,60	0,50	0,59	0,70	0,78	0,80	0,65	0,44	0,53	0,60	0,65	0,00		
q м²/с		0,00	0,11	3,57	10,4	10,3	9,90	9,21	8,41	8,08	5,22	2,72	0,58	3,85	3,71	4,29	4,04	0,81	1,98	2,56	2,76	3,25	0,00		

Рис. 6.14. Образец графической обработки расхода воды.

Определение площадей эпюр, так же как и всех других площадей, производится планиметром, а при его отсутствии непосредственно по миллиметровой бумаге путем счета квадратов. Небольшие площади (меньше 2—3 см^2 на чертеже) определяются во всех случаях также непосредственно по миллиметровой бумаге.

Планиметрирование выполняется на гладкой чертежной доске с подкладкой под чертеж неизмятого (гладкого) листа бумаги. Планиметр следует устанавливать так, чтобы рычаги его при обводке измеряемой площади все время составляли угол не менее 30° и не более 150°. Если это условие при больших площадях обводки выдержать нельзя, планиметрирование можно производить по частям с последующим сложением их результатов.

Определение площадей планиметром производится путем двукратной обводки контуров площадей по ходу часовой стрелки при двух разных положениях полюса планиметра. Точность определения площади считается достаточной, если разница между показаниями по первой и второй обводке не превышает 2%. При большей разнице обводки повторяются.

Для перехода от получаемого по планиметру показания к определяемой величине в масштабе чертежа следует это показание по планиметру умножить на цену деления планиметра.

Для определения цены деления планиметра на том же листе чертежа следует планиметром обвести не менее трех раз квадрат со сторонами 5×5 см. Разница между отдельными показаниями не должна превышать 2%. Затем площадь квадрата вычисляется в соответствующем масштабе и размерности измеряемых величин.

Например, при масштабах эпюры скоростей: вертикальный (глубина) — в 1 см 0,5 м, горизонтальный (скорость) — в 1 см 0,2 м/с площадь обведенного квадрата размером 5×5 см будет соответствовать (5×0,5)×(5×0,2) = 2,5 м^2/с.

При масштабах эпюры элементарных расходов: вертикальный (элементарный расход) — в 1 см 1,0 м^2/с, горизонтальный (ширина русла) — в 1 см 20 м площадь обведенного квадрата будет соответствовать (5×1,0) × (5×20) = 500 м^3/с.

Цена деления планиметра получается в результате деления площади квадрата, выраженной в соответствующих величинах, на показания планиметра, полученные при обводке этого квадрата. Цена деления вычисляется с округлением до четырех значащих цифр.

Запись результатов планиметрирования делается в соответствующих таблицах книжки расхода.

д) Вычисленные значения средней скорости на вертикалях откладываются на профиле поперечного сечения от линии уровня воды вверх по линиям, обозначающим скоростные вертикали, в том же масштабе, который был принят при построении эпюр распределения скорости на вертикали.

Через верхние, конечные точки построенных таким образом отрезков и точки урезов воды (или границ мертвого простран-

ства) проводится плавная кривая — эпюра распределения средней скорости по ширине реки.

е) С эпюры распределения средней скорости по ширине реки снимаются значения средней скорости для каждой промерной вертикали, которые выписываются в предпоследнюю строчку под чертежом профиля.

ж) Значения средней скорости для каждой промерной вертикали умножаются на рабочую глубину промерных вертикалей, в результате чего получаются значения элементарного расхода на этих вертикалях, которые выписываются в последнюю строчку под чертежом профиля с точностью до трех значащих цифр, но не точнее 0,01 $м^2/с$.

з) Значения элементарного расхода откладываются вверх от профиля в масштабе, при котором наибольшее значение элементарного расхода изображалось бы отрезком, равным 7—10 см. По верхним конечным точкам отрезков, изображающих значения элементарного расхода, и точкам урезов воды (или границ мертвого пространства) проводится плавная кривая — эпюра распределения элементарного расхода по ширине реки.

и) Вычисляется расход воды. Для этой цели путем планиметрирования определяется площадь эпюры распределения элементарного расхода, которая (после перевода в $м^3/с$ в соответствии с ценой деления планиметра) численно равна расходу воды.

к) Гидравлические характеристики расхода воды, полученные в результате графического вычисления расхода, выписываются в таблицу «Принятые данные», согласно указаниям п. 6.7.2.3, рядом или в виде дроби с полученными данными по аналитической обработке.

6.7.3.2. Дополнительно для изучения распределения скорости течения в поперечном сечении потока и с целью анализа на чертеже графической обработки расхода вычерчиваются линии равных скоростей (изотахи). Для этого предварительно строятся эпюры распределения поверхностной и донной скоростей по ширине реки, так же как эпюра распределения средней скорости. Значения поверхностной и донной скоростей по всем вертикалям снимают с годографов, затем эпюры распределения скорости по вертикалям и эпюры поверхностной и донной скоростей по ширине пересекаются линиями, отсекающими на оси скорости эпюр значения скорости течения, равные выбранным значениям изотах (см. рис. 6.14).

Точки пересечения указанных линий с линией эпюры проектируются на ось глубины потока — для эпюр на вертикалях, на линию поверхности воды — для эпюры поверхностной скорости и на линию дна — для эпюры донной скорости.

По найденным таким образом проекциям точек проводятся плавные линии, соединяющие точки с одинаковыми значениями скорости, — изотахи. В зависимости от значения наибольшей

скорости изотахи назначаются через 0,05; 0,10; 0,20 или 0,50 м/с с таким расчетом, чтобы всего в поперечном сечении было не менее пяти и не более восьми—десяти изотах.

6.8. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ВОДЫ ПОПЛАВКАМИ

6.8.1. Пользоваться поплавками при измерении расхода воды надлежит лишь в следующих случаях:

а) для определения границ мертвого пространства; применяется глубинный поплавок;

б) для измерения малых скоростей течения на вертикалях, когда скорость на них меньше предельно допустимой для вертушки скорости (0,08 м/с); применяется глубинный поплавок;

в) при полной невозможности произвести определение расхода воды вертушкой при интенсивном ледоходе; в качестве поплавков используются отдельные льдины;

г) в случае повреждения вертушки и невозможности ее заменить, при аварийном состоянии средств переправы и т. п.; применяются поверхностные поплавки, пускаемые по всей ширине реки.

В случае невозможности осуществить пуск и наблюдение за ходом поверхностных поплавков по всей ширине реки, например, вследствие того, что все поплавки неизбежно сносятся к стрежню потока, допускается пуск поплавков только в стрежневой части потока для измерения наибольшей поверхностной скорости течения;

д) для разовых приближенных определений расхода воды на необорудованных створах и при рекогносцировке; применяются поверхностные поплавки;

е) в период половодья и паводков на средних и больших реках (аэрогидрометрические способы — см. п. 6.5.2.3).

На малых и средних реках скорости течения измеряются поплавками в тихую (безветренную) погоду или при ветре 2—3 м/с. На гидростворах больших рек поплавочные измерения могут производиться при ветре до 5 м/с с обязательным измерением скорости ветра ручным анемометром с последующим введением соответствующих поправок.

На горных, очень бурных потоках, где пущенный поверхностный поплавок, увлекаемый течением в глубину, временами теряется из виду или задерживается в водоворотах, измерять скорости течения поплавками нельзя.

При измерении скорости течения поплавками все остальные работы по определению расхода воды: описание состояния реки, наблюдения за уровнем воды и промер глубин по гидрометрическому створу—производятся так, как и при измерениях скорости вертушкой.

В тех случаях, когда промеры произвести невозможно, для вычисления площадей используется ближайший по времени промер до или после данного поплавочного измерения.

6.8.2. Глубинный поплавок служит для измерения малых (не более 0,15 м/с) скоростей течения в заданной точке по глубине вертикали. Его описание и порядок работы с ним изложены в Наставлении, вып. 2, ч. II, § 175—179.

6.8.3. Наиболее употребительными для измерения скоростей течения поверхностными поплавками являются поплавки, изготовленные из дерева в виде круглого диска диаметром 10—15 см и толщиной около 3—5 см. В центре диска укрепляют стержень высотой до 15 см с белым флажком. Могут также применяться поплавки из двух соединенных крест-накрест досок. Для увеличения устойчивости поплавка при ветре к низу его подвешивается небольшой груз. Надводная часть поплавка должна как можно меньше возвышаться над водой и иметь незначительную парусность.

Во время ледохода в качестве поплавков могут быть использованы небольшие приметные отдельно плывущие льдины.

6.8.4. При измерении скорости течения поплавками по секундомеру отмечаются моменты времени прохождения каждым поплавком через верхний и нижний створы и определяются расстояния от постоянного начала точек, в которых поплавки пересекают основной (гидрометрический) створ.

6.8.5. Общий порядок измерения скорости течения поплавками на реках шириною до 100 м устанавливается следующий. Выше и ниже основного гидрометрического створа, профиль которого промеряется до пуска поплавков, на равных расстояниях от него назначаются дополнительные створы с таким расчетом, чтобы продолжительность хода поплавков между ними была по всей ширине реки не меньше 10 с.

По створам возможно ниже над водой натягиваются тонкие стальные канаты. Канат, натягиваемый по линии основного (гидрометрического) створа, должен быть размечен хорошо заметными с берега метками, например, цветными, свешивающимися с каната, полосками материи.

Расстояние между соседними метками назначается в зависимости от ширины реки так, чтобы измерения расстояний по канату можно было производить с точностью до 5%. Например, для реки шириною в 10 м канат размечается через 1,0 м, а расстояния отсчитываются (между метками на глаз) с точностью до 0,5 м. Нулевое деление размеченного каната должно быть совмещено с постоянным началом (с постоянным нулем отсчета расстояний в данном гидрометрическом створе) или должно быть измерено расстояние между постоянным началом и нулевым делением размеченного каната.

У верхнего створа должен стоять техник с секундомером, а в основном и нижнем — по наблюдателю или только один наблю-

датель в основном створе. Поплавки пускаются несколько выше верхнего створа путем забрасывания их с берега (на малых реках); на широких реках поплавки пускаются с лодки или каким-либо другим способом специально выделенным для этого рабочим. Первыми пускаются поплавки по стрежню потока.

В момент прохождения поплавка через верхний створ техник включает секундомер и следит за поплавком. В момент прохождения поплавка через гидрометрический створ наблюдатель дает сигнал (флагом и пр.), а техник отсчитывает по размеченному канату расстояние от постоянного начала до той точки, в которой по-

Рис. 6.15. Схема засечки поплавков одноточечным способом.

плавок пересек гидрометрический створ. В момент прохождения поплавком нижнего створа наблюдатель дает сигнал, а техник выключает секундомер. На малых реках с медленным течением все операции по измерению скорости течения могут выполняться одним техником.

6.8.6. На широких реках, через которые не представляется возможным перетягивать канаты, створы закрепляются вехами, а координаты точек пересечения поплавками гидроствора определяются инструментальными засечками такими же способами, как и местоположение промерных точек.

Число траекторий поплавков в русле при одном измерении (не считая поплавков, задержавшихся в пути при проходе расстояния между створами) должно быть не менее:

для рек шириной до 200 м — 9—10 траекторий;

500 м — 11—15 траекторий;

до 1000 м — 16—20 траекторий;

свыше 1000 м — 20—25 траекторий.

На широких реках (> 300 м) для производства засечек поплавков рекомендуется устраивать специальные вышки на берегу. Засечки поплавков с них производятся теодолитом (рис. 6.15).

Минимальные вертикальные углы, допускаемые при расчетах поплавков, приведены в табл. 6.6.

Накладку точек на планшет производят в полярных координатах по горизонтальному углу, отсчитанному от гидроствора (если вышка находится в створе) или от направления базиса, проложенного вдоль берега.

Таблица 6.6

Минимальные вертикальные углы, допускаемые при засечках поплавков

Превышение горизонта инструмента над уровнем воды, м	Масштаб съемки			
	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000
10	4°	3°	2°	1° 30′
20	6°	4° 30′	3°	2°
30	8°	5° 30′	4°	2° 30′
40	10°	6°	4° 30′	3°

Примечание. Таблица составлена для одноминутного теодолита; для 30-секундного теодолита указанные в таблице значения углов уменьшаются вдвое.

Расстояние от центра вышки до поплавка D определяют по формуле

$$D = \frac{h_т}{\operatorname{tg} \alpha \pm i \sin \varphi},$$

где $h_т$ — превышение инструмента над уровнем воды; α — вертикальный угол; i — продольный уклон водной поверхности потока; φ — горизонтальный угол между створом, проходящим через вышку (гидростворoм), и направлением на поплавок.

В приведенной формуле знак минус берется для поплавков, находящихся ниже створа, а знак плюс — выше створа.

В некоторых случаях вместо засечек поплавков с вышки прибегают к их фотографированию широкоугольным фотоаппаратом через определенные промежутки времени. Подробное описание этого способа дано в «Методических рекомендациях по измерению расходов воды рек аэрометодами» (Л., Гидрометеоиздат, 1974).

6.8.7. При невозможности осуществить пуск поплавков по всей ширине реки производится измерение только наибольшей скорости течения. В этом случае пять—десять поверхностных поплавков пускаются на стрежневую часть потока.

Общий порядок измерения наибольшей скорости поплавками сохраняется таким же, как и при измерении скорости течения по всей ширине реки.

Из всех пущенных на стрежень поплавков отбираются три поплавка, показавшие наименьшую продолжительность хода между

створами. Крайние значения продолжительности хода этих трех поплавков не должны отличаться друг от друга более чем на 10%. При большем отклонении пускаются дополнительно еще несколько поплавков.

6.9. ВЫЧИСЛЕНИЕ РАСХОДА ВОДЫ, ИЗМЕРЕННОГО ПОПЛАВКАМИ

6.9.1. Вычисление расхода воды, измеренного глубинными поплавками (или части расхода по вертикалям со скоростями течения менее 0,08 0,15 м/с), производится так же, как расхода, измеренного вертушкой.

При вычислении скорости течения может быть использована вспомогательная табл. 6.7.

Таблица 6.7

Вспомогательная таблица для вычисления скорости течения, измеренной поплавками

Расстояние между створами 1 м		Расстояние между створами 2 м	
продолжительность хода поплавка, с	скорость течения, м/с	продолжительность хода поплавка, с	скорость течения, м/с
Больше 67	0,01	37—44	0,05
40—66	0,02	31—36	0,06
29—39	0,03	27—30	0,07
22—28	0,04	24—21	0,08
19—21	0,05	22—23	0,09
16—18	0,06	20—21	0,10
14—15	0,07	18—19	0,11
12—13	0,08	16—17	0,12
11	0,09	15	0,13
10	0,10	14	0,14
		13	0,15

В графе «Способ измерения расхода воды» глубинный поплавок обозначается пгп и указывается число вертикалей и число точек измерения скорости, например пгп 8/12.

6.9.2. Вычисление расхода воды, измеренного поверхностными поплавками по всей ширине реки, производится в следующем порядке:

1) просматривается книжка расхода с целью проверки полноты, правильности измерений и записей. Особое внимание, так же, как и при вычислении расхода воды, измеренного вертушкой, обращается на сведения об обстановке работы и на замечания о явлениях, могущих отразиться на точности промеров и измерения скорости течения. В частности, внимание обращается на скорость ветра, которая имела место в период измерения;

2) вычисляются глубины по промеру;

3) на клетчатку, помещенную в «Книжке КГ-7М», наносятся точки поплавков: по оси абсцисс откладываются расстояния от постоянного начала (при прохождении поплавками среднего створа), по оси ординат — продолжительность хода поплавков. По нанесенным точкам, осредняя на глаз группы точек (за вычетом отбракованных), проводится плавная эпюра распределения продолжительности хода поплавков по ширине реки;

4) в местах выраженных перегибов эпюры, а при отсутствии таких перегибов через равные расстояния назначаются скоростные вертикали, обязательно совмещенные с промерными вертикалями, для которых вычисляется поверхностная скорость течения (делением расстояния между верхним и нижним створами на продолжительность хода поплавка, снятую с эпюры);

5) вычисляются полусуммы скоростей смежных вертикалей, и последующим умножением их на площадь живого сечения между этими же вертикалями вычисляются частичные расходы воды. Для прибрежных участков между берегом (границей мертвого пространства) и ближайшей скоростной вертикалью скорость вычисляется в соответствии с п. 6.7.2.1;

6) в результате суммирования частичных расходов определяется полная величина фиктивного расхода $Q_ф$;

7) вычисляется действительный расход воды в результате умножения фиктивного расхода на коэффициент $K_1 = \frac{Q_д}{Q_ф}$.

6.9.3. Для вычисления коэффициента K_1 используются многоточечные вертушечные измерения, а также 2-точечные с дополнительным измерением поверхностных скоростей на всех вертикалях. Определение K_1 также необходимо для гидростворов, где намечено измерение расходов воды с помощью аэрометодов.

В зависимости от наличия или отсутствия многоточечных вертушечных измерений и от других условий K_1 определяется следующим путем.

6.9.3.1. При наличии данных измерений, охватывающих почти всю наблюдающуюся амплитуду колебаний уровня:

а) строится график зависимости $K_1 = f(H)$. Обычно точки (K_1, H) образуют узкую полосу с небольшими отклонениями от средней линии. Значительные отклонения могут объясняться либо неточностью измерений, либо влиянием ветра и других условий измерения;

б) на больших и средних реках с беспойменными руслами и движением потока, близким к равномерному [1], значения K_1 в пределах паводочной части амплитуды уровня обычно бывают устойчивыми. В этом случае значение K_1 вычисляется как среднее

---

[1] Равномерным движением называется такое, при котором площади живого сечения и средние скорости постоянны по длине потока. Основные случаи неравномерного движения: режим подпора (увеличение площадей и глубин по длине потока) и режим спада (уменьшение площадей и глубин).

арифметическое из всех значений, полученных по данным вертушечных измерений;

в) в пойменных створах рек с равномерным режимом движения K_1 для наводочных уровней вычисляется как среднее арифметическое из значений, полученных по данным измерений, раздельно для нижней части амплитуды (до отметки выхода воды на пойму) и для верхней (выше этой отметки). При этом в условиях выхода воды на пойму следует вычислять и применять K_1 раздельно для главного русла и пойменного отсека;

Таблица 6.8

Поправки к коэффициенту K_1 в зависимости от скорости ветра, измеренной в гидростворе

Ветер по течению, м/с	ΔK_1 %	Ветер против течения, м/с	ΔK_1, %
1,0	1,0	1,0	1,0
2,0	3,0	2,0	1,8
3,0	4,0	3,0	3,3
4,0	6,0	4,0	3,5
5,0	8,0	5,0	4,0

г) при вычислении коэффициента K_1 следует учитывать влияние ветра, для чего используются наблюдения за скоростью ветра (п. 6.8.1). Ветер против течения тормозит поверхностные слои потока и, следовательно, вызывает увеличение K_1; при ветре по течению K_1 уменьшается. По измеренной скорости ветра определяется поправка к полученному при измерении расхода воды значению K_1 (табл. 6.8). Поправка ΔK_1 вводится со знаком плюс при ветре против течения и со знаком минус при ветре по течению. При ветре по направлению гидроствора поправка на ветер не вводится.

При боковом ветре (от левого или правого берега) вычисляется проекция скорости ветра на нормаль к створу (произведение измеренной скорости ветра на косинус угла между направлением ветра и перпендикуляром к гидростворy). Для вычисления принимается приближенно угол, равный 45°. Если направление бокового ветра ближе к направлению течения (против течения) или ближе к направлению створа, в этих случаях проекция скорости ветра не вычисляется.

Например, направление ветра от левого берега к правому, скорость его по измерению анемометром оказалась равной 3,8 м/с. Проекция скорости ветра равна

$$\overline{W} = 3{,}8 \cos 45° = 3{,}8 \cdot 0{,}70 = 2{,}7 \text{ м/с}.$$

Так как ветер от левого берега (против течения), то по табл. 6.8 находим поправку $\Delta K_1 = 3{,}0\%$ и вводим ее в значение K_1 со знаком плюс;

д) для условий межени на больших и средних реках, а также для створов в условиях неравномерного режима (при переменном подпоре) K_1 для каждого поплавочного расхода определяется как среднее арифметическое из трех—пяти измерений при уровнях, близких к данным поплавочным измерениям.

6.9.3.2. Выбор коэффициента K_1 при отсутствии или недостаточности вертушечных измерений.

1) На больших и средних реках при условии, когда не менее половины амплитуды колебаний уровня освещены многоточечными вертушечными измерениями, K_1 определяется как среднее арифметическое из всех измерений. Полученное значение K_1 может быть распространено до наивысшего уровня (для беспойменных створов).

При наличии поймы полученное указанным способом значение K_1 может быть для главного русла распространено и на надпойменную часть амплитуды (но не более чем в пределах 10% полной амплитуды). При уровнях, превышающих бровки меженного русла более 10% амплитуды, осредненное значение K_1 выше этого предела не распространяется, а значение K_1 увеличивается на 3—5%.

2) При отсутствии данных вертушечных измерений (или если ими освещена только нижняя часть амплитуды уровня менее 50%), но при наличии данных об уклоне водной поверхности для определения K_1 следует предварительно вычислить (по данным измерений расходов и уклонов) коэффициент C формулы Шези

$$C = \frac{v_{ср}}{\sqrt{h_{ср} I}}.$$

Затем строится кривая зависимости $C = f(H)$, которая (при паводочных уровнях) обычно приближается к вертикальной прямой.

Значение K_1 можно вычислять по одной из следующих формул.

По формуле Г. В. Железнякова

$$K_1 = \frac{(2{,}3\sqrt{g} + 0{,}3C) \cdot C}{[(2.3 + \beta_*)\sqrt{g} + 0{,}3C] + \beta_* g},$$

где C — коэффициент Шези, $м^{\frac{1}{2}}/с$; g — ускорение свободного падения, $м/с^2$; β_* — параметр формы живого сечения естественных русел, принимаемый в зависимости от отношения средней глубины $h_{ср}$ к максимальной $h_{макс}$:

$\frac{h_{ср}}{h_{макс}}$	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	1,00
β_*	1,47	1,39	1,32	1,21	1,13	1,07	1,02	1,00

Значения K_1 для наиболее часто встречающихся значений коэффициента C и β_* приведены в табл. 6.9.

Таблица 6.9

Значения K_1 в функции от C и β_*

C, $м^{\frac{1}{2}}/с$	β_*					
	1,05	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
10	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64	0,62
15	0,76	0,74	0,72	0,71	0,69	0,67
20	0,78	0,77	0,75	0,74	0,72	0,71
30	0,82	0,81	0,80	0,78	0,77	0,76
40	0,85	0,84	0,83	0,81	0,80	0,79
50	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82
60	0,88	0,87	0,87	0,86	0,84	0,83
70	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85
80	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86
90	0,91	0,91	0,90	0,89	0,88	0,88

По формуле Д. Е. Скородумова

$$K_1 = \frac{C^{2/3}}{C^{2/3} + 1,6}.$$

Для удобства пользования средние значения K_1 для диапазона значений C от 20 до 60 $м^{\frac{1}{2}}/с$ приводятся в табл. 6.10.

Таблица 6.10

Средние значения K_1 в зависимости от коэффициента C формулы Шези

C, $м^{\frac{1}{2}}/с$	K_1	C, $м^{\frac{1}{2}}/с$	K_1
20	0,82	40	0,88
25	0,84	45	0,89
30	0,86	50	0,90
35	0,87	60	0,91

Эта формула не учитывает влияния неравномерности распределения глубин в сечении на коэффициент K_1. Полученные по ней значения на 3—5% выше, чем по формуле Железнякова.

Для приближенных расчетов, выполняемых, например, в ходе рекогносцировок, значения K_1 можно определять по табл. 6.11, в которой приведены также значения K_2, представляющие собой отношение средней скорости в сечении к максимальной поверхностной скорости (на стрежне реки).

Таблица 6.11

Приближенные значени коэффициентов K_1 и K_2 при отсутствии опытных данных (по Г. В. Железнякову)

Характеристика русла, поймы (условия течения)	Средняя глубина, м					
	меньше 1		1 - 5		больше 5	
	K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2
Русла прямые, чистые, земляные (глина, песок), галечные, гравийные	0,80	0,64	0,84	0,66	0,86	0,67
Русла извилистые, частично заросшие травой, каменистые. Поймы сравнительно разработанные, с растительностью (трава, редкий кустарник)	0,75	0,60	0,80	0,63	0,83	0,65
Русла и поймы значительно заросшие, с глубокими промоинами. Русла извилистые с наличием крупных валунов	0,65	0,55	0,74	0,59	0,80	0,62
Поймы сплошь лесные таежного типа	0,57	0,46	0,69	0,56	0,75	0,60

6.9.4. Расход воды, определенный поверхностными поплавками только по наибольшей скорости потока, вычисляется по формуле

$$Q = K_2 v_{наиб} F,$$

где K_2 — коэффициент перехода от наибольшей поверхностной скорости потока к средней, определяемый на основании вертушечных измерений аналогично коэффициенту, указанному в п. 6.9.3; $v_{наиб}$ — наибольшая поверхностная скорость потока определяется как среднее арифметическое из значений скорости, вычисленных по трем поплавкам с наименьшей продолжительностью хода; F — площадь водного сечения потока.

При отсутствии опытных значений коэффициента перехода от наибольшей поверхностной скорости потока к средней допускается принимать его по табл. 6.11.

Значения коэффициентов K_1 и K_2, указанные в табл. 6.11, принимаются по соображению, с учетом условий течения и средней глубины.

6.9.5. Таблица «Принятые данные» заполняется в соответствии с требованиями п. 6.7.2.3. В графе «Способ измерения расхода воды» для расходов, измеренных поплавками, принимаются следующие обозначения:

пп — поплавки поверхностные, засеченные по параллельным створам, например, пп 18;

пт — поплавки поверхностные, засеченные теодолитом с одной точки, например, пт 17;

плдп — поплавки-льдины, засеченные по параллельным створам, например, плдп 21;

плдт — поплавки-льдины, засеченные теодолитом с одной точки, например, плдт 15;

пси — поплавки поверхностные, пущенные по стрежню, засеченные по параллельным створам, например, пси 10;

пст — поплавки поверхностные, пущенные по стрежню, засеченные теодолитом с одной точки;

пгп — поплавки глубинные, засеченные по параллельным створам;

пгт — поплавки глубинные, засеченные теодолитом с одной точки;

авиа пу — поплавки ураниновые.

Число, стоящее после знака поплавков, указывает общее количество поплавков, принятых при вычислении расхода воды.

В графе «Способ вычисления расхода воды» рядом со способом вычисления (аналитический — а) указывается принятый переходный коэффициент. Например, а, 0,82.

6.10. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ И АНАЛИЗ ИЗМЕРЕНИЙ РАСХОДОВ ВОДЫ

6.10.1. Текущий контроль и анализ проводятся на станции в течение всего года (по мере поступления материалов) по обработанным и проверенным книжкам расхода воды (КГ-3М).

Все поступающие на станцию книжки расхода воды выборочно проверяются во «вторую руку», т. е. техником или инженером станции.

Перед проверкой вычислений устанавливается правильность выполнения методических требований при производстве измерений и просматривается порядок записи.

При проверке следует иметь в виду, что в случае применения для вычислений логарифмической линейки возможны неточности в третьей значащей цифре. Учитывая, что погрешность в последней может привести к погрешности в самой величине не более чем на 0,1—0,5%, исправления в третьей значащей цифре не производятся.

Текущий контроль проводится по рабочему чертежу кривой расходов воды и по комплексному графику результатов гидрометеорологических наблюдений.

Кроме того, для вновь открытых постов, а также для тех, по которым ранее такая работа не производилась, выполняется специальный сравнительный анализ расходов, измеренных основным и многоточечным способами, с целью выяснить возможность упрощения и сокращения измерений (переход на сокращенный способ).

Особенно тщательно следует осуществлять текущий контроль измеренных расходов на информационных постах, обеспечивающих учет притока воды в водохранилища крупных ГЭС или используемых в краткосрочных прогнозах стока в качестве бассейнов-

индикаторов. На таких постах должен осуществляться контроль и анализ измеренных расходов воды в течение всего года (сравнение расходов, измеренных многоточечным и сокращенным методами и др.).

Для каждого поста, на котором измеряются расходы воды, на станции (а нередко и на посту) ведется рабочий чертеж кривой расходов воды. Данные на этот чертеж наносятся после просмотра и проверки книжек расходов, измеренных наблюдателями. Если измерение расходов производится инженерно-техническими работниками, выезжающими на посты, эти лица обязаны иметь рабочий чертеж кривой при себе и проводить контроль измерений непосредственно на посту сразу же после измерения и аналитического вычисления расхода.

На чертеже изображаются кривые связи с уровнем воды основных гидравлических элементов: расхода воды, площади живого сечения, средней скорости течения (обязательно), ширины реки, средней глубины, наибольшей скорости, уклона водной поверхности. Для преемственности и в целях удобства сопоставления на графики наносятся точки измерений предыдущего года, а при наличии многолетней однозначной кривой расходов — многолетние однозначные кривые связи (по координатам) и, кроме того, точки последних контрольных измерений.

После очередного измерения расхода воды на соответствующие графики чертежа наносятся точки (Q, H), (F, H), ($v_{ср}$, H) и др. Если точки (Q, H) данного измерения не отклоняются от многолетней кривой или от кривой, полученной по предыдущим измерениям, либо отклонение их лежит в пределах возможной точности измерений, дальнейший анализ не проводится.

В противном случае необходимо попытаться установить причину отклонения. Прежде всего следует проверить правильность вычисления и исправность вертушки. Затем анализируется расположение точек на других графиках. Зачастую этот анализ уже позволяет выявить причину отклонения измеренного расхода. Отклонение точки (F, H) от кривой площадей, построенной по предыдущим измерениям, будет свидетельствовать о происшедшей деформации русла в гидрометрическом створе.

Отклонение точки ($v_{ср}$, H) от ранее обозначившейся кривой скоростей явится показателем подпора, деформации русла на нижележащем перекате, влияния неустановившегося режима при прохождении паводка и т. п.

Если промер глубин в гидростворе производится не при каждом измерении расхода, то надо иметь в виду возможность деформации русла со времени последнего промера. В таком случае при отклонении точки измеренного расхода от ранее установленной зависимости следует обязательно повторить промер.

Большую помощь при проведении текущего контроля измерений может оказать составление и анализ дополнительных графиков, например, хронологических графиков изменения средней

и наинизшей отметок дна в гидростворе (на реках, характеризующихся высотными деформациями русла при относительной устойчивости его в плане), графиков зависимости средней скорости на отдельных вертикалях от уровня воды, совмещенных профилей русла в гидростворе, на которые, в отличие от отчетных годовых графиков совмещенных профилей, составляемых по указаниям п. 6.2.15, наносятся результаты всех промеров и др.

Если тщательный анализ рабочего чертежа кривой расходов и дополнительных графиков не позволяет установить причину отклонения точки последнего измерения от ранее установленной кривой, следует сразу же на месте повторить измерение расхода возможно более тщательным образом. Повторные измерения желательно производить другой вертушкой.

6.10.2. На комплексном графике результатов гидрометеорологических наблюдений на посту данные текущих измерений расходов отражаются следующим образом (см. рис. 4.2):

а) на графике колебаний уровня воды отмечаются флажками даты измерения расходов воды;

б) на вертикальных линиях соответствующих дат гидрографа стока наносятся точками, обведенными кружками, значения измеренных расходов. Масштаб расходов выбирается с таким расчетом, чтобы значение наибольшего расхода выражалось отрезком 10—15 см. Если режим реки характеризуется длительной меженью с низкими расходами воды и отношение наибольшего среднесуточного расхода к наименьшему превышает 20, рекомендуется гидрограф стока для меженного и паводочного периодов строить в разных масштабах;

в) если в дальнейшем вычисление стока предполагается вести с применением переходных коэффициентов $K_{зим}$ и $K_{зар}$ (см. «Наставление гидрометстанциям и постам», вып. 6, ч. III, глава IV), то под графиком толщины льда и температуры воды наносятся на вертикальных линиях соответствующих дат точки переходных коэффициентов.

При значениях $K_{зим}$ и $K_{зар}$, лежащих в пределах 1,00—0,20, значение K откладывается в масштабе 1 см = 0,20. Если значения коэффициентов падают ниже 0,20, то K откладывается в укрупненном масштабе: 1 см = 0,10.

Предварительный анализ измерений расходов по комплексному графику, проводимый постепенно в течение года, заключается только в приблизительной качественной оценке полученных значений переходных коэффициентов и изменении их во времени. Полный анализ комплексного графика проводится при вычислении стока и составлении Гидрологического ежегодника (по истечении года), согласно указаниям Наставления, вып. 6, ч. III (Л., Гидрометеоиздат, 1958).

ГЛАВА 7. ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЙ, ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ДАННЫХ ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧЕТА ВОД И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

7.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СИСТЕМЕ ГУВ

7.1.1. В системе государственного учета вод и их использования гидрологические станции выполняют следующие задачи:

— получение данных о водных ресурсах рек, озер и водохранилищ на основе гидрологических наблюдений;

— выполнение наблюдений за химическим составом, качеством и уровнем загрязнения вод;

— участие в инспекциях и обследованиях объектов водопользования, проводимых территориальными (бассейновыми) управлениями (инспекциями) Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР, а также органами Министерства энергетики и электрификации СССР;

— подача экстренной информации в УГМС (ГМО) в случае обнаружения аварийных сбросов загрязняющих веществ, а также нарушений установленного режима забора вод из водных объектов и сброса в них вод;

— изучение структуры водопотребления и генеральных схем комплексного использования водных ресурсов для увязки размещения гидрологических постов с принятым водохозяйственным районированием (по заданию ГМО);

— разработка предложений по упорядочению государственного учета вод и их использования. При этом особое внимание уделяется участкам ЛВП, т. е. таким участкам, где устанавливаются те или иные водоохранные ограничения, нормируются санитарные или транзитные расходы воды.

7.1.2. Важным звеном системы государственного учета вод и их использования является сеть гидрологических постов Гидрометслужбы и других ведомств. Принципы размещения сети или выбора постов (из числа существующих) для целей учета использования водных ресурсов рассматриваются в «Методических рекомендациях по оценке точности и гидрологическому контролю данных государственного учета вод и их использования» (Л., Гидрометеоиздат, 1977).

7.1.3. Для каждого расчетного участка, где наблюдаются отъемы и сбросы воды, составляется детальная линейная схема гидрографической сети, на которой указывается главная река, притоки, оросительные, дренажные (сбросные) каналы, заборы и сбросы воды.

7.1.4. Учет водозаборов и сбросов на оросительных системах и в системах промышленного и коммунального водоснабжения может быть выполнен следующими методами:

1) гидравлическим, основанным на определении пропускной способности регулирующих, водозаборных и сбросных сооружений по данным расчета или тарирования их для различных схем истечения из отверстий или через гидрологические расходомеры и контрольные русла;

2) инструментальным, с установкой различных расходомеров в трубопроводах насосных станций;

3) русловым, с использованием кривых расходов воды или поправок к уровню;

4) расчетным, основанным на использовании данных о производительности насосных станций и затратах электроэнергии, тепловом балансе конденсаторов турбин, затратах воды на единицу выпускаемой продукции и других возможных характеристик расчета.

Одна из основных задач гидрологических станций заключается в систематическом контроле точности учета использования вод. В связи с этим персонал гидрологических станций должен знать существующие методы измерения водозаборов и сбросов и способы оценки их точности, применяемые на объектах водопользования.

7.2. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ УЧЕТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОД

7.2.1. Пропускная способность водозаборных и водосбросных сооружений зависит от гидравлических условий истечения, конструктивных особенностей затворов и геометрических очертаний водосливного порога; она определяется по формулам, которые, в частности, приведены в вышеуказанных Методических рекомендациях.

7.2.2. Частные погрешности параметров, входящих в формулы пропускной способности, устанавливаются на основании анализа исходных материалов, характеризующих пропускную способность и условия движения потока через гидротехнические сооружения. Если пропускная способность сооружений установлена по гидравлическим справочникам, то погрешность определения расхода за счет ошибок в назначении коэффициента расхода может достигать $\pm 10\%$. При определении пропускной способности гидротехнических сооружений по данным модельных испытаний точность расчета значительно повышается, однако и в этом случае возможны ошибки до $\pm 5 \div 7\%$ за счет неполного соответствия параметров сооружения в натуре и на модели.

В качестве примера на рис. 7.1 представлены зависимости, позволяющие оценить погрешности определения расходов воды при различных условиях истечения из-под плоских и сегментных затворов.

Наиболее точно учет стока производится на тех сооружениях, где характеристики пропускной способности получены с помощью натурной градуировки водосливных отверстий. Ошибка вычисления расходов в этом случае снижается до 3 5%.

7.2.3. Учет стока через турбинные агрегаты ГЭС осуществляется в соответствии с основными положениями инструкций и рекомендаций Министерства энергетики и электрификации СССР.

Учет стока производится двумя основными методами: по дан-

Рис. 7.1. Средняя квадратическая погрешность определения расхода воды при незатопленном истечении из-под затворов в зависимости от их относительного открытия $\frac{a}{H}$ (a — открытие затвора, м; H — действующий напор, м) при различных данных о точности определения коэффициента расхода.

а — при $\sigma_\mu = 3\%$; *б* — при $\sigma_\mu = 5\%$; *в* — при $\sigma_\mu = 10\%$.

ным о выработке активной электроэнергии (способ характеристик) и при помощи расходомеров.

Расчетные характеристики, используемые для определения расходов воды, проходящей через гидроагрегаты (Q), могут иметь значительные расхождения с действительными характеристиками гидроагрегатов. Даже в благоприятных условиях при длительной эксплуатации снижение к. п. д. их может достигать 5%, а на некоторых ГЭС из-за быстрого износа лопастей турбин к. п. д. может снижаться до 10—15% в год. В связи с этим оказывается необходимой периодическая проверка характеристик в процессе эксплуатации ГЭС.

Суммарная погрешность определения Q по характеристикам турбин содержит как случайные, так и систематические погрешности. Случайная погрешность расхода σ_Q слагается из погрешности определения средней нагрузки гидроагрегатов σ_N, среднего напора σ_H и к. п. д. гидроагрегатов σ_η. Случайная погрешность

определения Q практически равна погрешности определения суточной выработки электроэнергии и может достигать 10% и более. Случайная погрешность определения напора σ_H обусловлена погрешностями отсчета уровней верхнего и нижнего бьефов и влиянием поперечного перекоса уровней, что в целом существенно только для низконапорных ГЭС, где величина σ_H может достигать 2%. К случайным относятся также и погрешности расчетной основы — модельных испытаний, пересчета к. п. д. и построения характеристик, которые в сумме составляют около 1%.

Систематические погрешности определения Q по характеристикам обусловлены недоучетом потерь напора, завышением к. п. д. при осреднении нагрузки, снижением к. п. д. в процессе эксплуатации гидроагрегатов, принятием в расчет среднесуточного напора, а также влиянием ручного регулирования работы поворотно-лопастных турбин. Суммарная систематическая погрешность за счет снижения к. п. д. гидроагрегатов по этим причинам может составить 10—15% и более.

На крупных ГЭС для учета стока используются расходомеры двух основных типов: 1) расходомеры, действие которых основано на зависимости между Q и перепадом давления Δh, измеряемого в миллиметрах водяного столба в двух точках спиральной камеры или напорного трубопровода; 2) расходомеры, учитывающие углы разворота лопастей рабочего колеса (для поворотно-лопастных турбин) или открытия направляющего аппарата (для радиально-осевых турбин).

Для определения Q по данным расходомеров первого типа служит формула

$$Q = k\,\Delta h^n,$$

где k — коэффициент пропорциональности, устанавливаемый по данным градуировки средств измерения; n — показатель степени, изменяющийся в пределах 0,47—0,54.

Суммарная погрешность определения Q с помощью расходомерных устройств, работающих на принципе перепада давления, включает погрешности метода, наладок, приборов и эксплуатации. В совокупности эти погрешности не превышают 5%.

Расходомеры, основанные на измерении углов разворота лопастей турбин (открытия направляющего аппарата), не учитывают изменений напора ГЭС и за счет этого могут приводить к значительным (более 5%) ошибкам.

Необходимо иметь в виду, что при учете стока в створе ГЭС, кроме расходов воды через гидроагрегаты, следует учитывать расходы через водосливные отверстия (холостые сбросы), на шлюзование, фильтрационные расходы через гидротехнические сооружения и прочие нужды ГЭС.

7.2.4. Количество воды, забираемое насосными станциями, может быть определено:

а) с помощью приборов-расходомеров;

б) по эксплуатационным характеристикам насосов;

в) с помощью мерных водосливов, устанавливаемых в приемных резервуарах насосных станций;

г) в отводящем канале посредством гидрологических расходомеров или по зависимости $Q = f(H)$, построенной на основе вертушечных измерений;

д) по производительности насосов и продолжительности их работы на насосных станциях, не имеющих водомерных устройств.

Точность учета водопользования расходомерами составляет 2—3%. Погрешности учета водоподачи с помощью способа характеристик насосов могут изменяться от 3% (в благоприятных условиях работы насосов) до —20% (при изношенных насосных установках).

Погрешность учета водоподачи с помощью мерных водосливов и гидрологических расходомеров, установленных в приемных резервуарах, при отсутствии сильной пульсации уровня воды в резервуаре и наличии в нем самописца уровня составляет 2—4%.

Погрешность учета водоподачи по производительности и продолжительности работы насосной станции колеблется от 3 до 20—50%.

7.2.5. Учет воды в системах охлаждения тепловых электростанций производится:

а) по затратам электроэнергии и характеристикам насосных установок;

б) по зависимости $Q = f(N)$, где Q — циркуляционный расход, N — выработка электроэнергии;

в) по зависимости $Q = f(H)$ для отводящего канала, получаемой на основе вертушечных измерений;

г) по формулам гидравлики для гидротехнических сооружений на подводящих и отводящих каналах;

д) по регистрирующим приборам-расходомерам;

е) по тепловому балансу турбин.

Применение различных способов учета стока на тепловых электростанциях освещается в инструкциях и рекомендациях Министерства энергетики и электрификации СССР. Точность метода а—д охарактеризована в соответствующих разделах настоящей главы. На точность определения расхода воды методом теплового баланса турбин оказывают влияние многие факторы. По данным опытных контрольных измерений погрешность его определения по методу теплового баланса оценивается в 6—7% для случаев малоизменяющейся суточной нагрузки и в 8—12% — для случаев значительных ее изменений.

7.2.6. В системах промышленно-коммунального водоснабжения учет используемых вод, кроме способов, применяемых на насосных станциях, осуществляется по количеству потребляемой воды на единицу выпускаемой продукции в соответствии с нормами водопотребления, установленными в проекте предприятия.

Из перечисленных выше методов учета водопользования наиболее точным является метод с применением расходомерных устройств.

К основным типам расходомерных устройств относятся гидравлические, гидродинамические, парциальные и индукционные.

Расходомеры устанавливаются на прямолинейных участках соединительных линий, практически в любом узле систем водоснабжения при условии, что длина прямолинейного участка значительно (не менее чем в 15 раз) превышает диаметр трубопровода.

Механические (скоростные) водомеры работают по принципу преобразования энергии потока жидкости в механическую энергию на валу крыльчатки, скорость вращения которой пропорциональна скорости движения воды.

Погрешность измерения расходов воды при помощи механических расходомеров составляет $\pm 2 \div 5\%$.

Гидравлические расходомеры основаны на измерении перепада давления и состоят из трех элементов: сужающего устройства, измерительного прибора (дифференциального манометра) для замера перепада давления и соединительных линий с запорной и предохранительной арматурой.

Общая погрешность измерения расходов воды при помощи гидравлических расходомеров составляет $\pm 2 \div 4\%$.

Из класса этих расходомеров следует выделить динамический расходоуказатель, разработанный САНИИРИ для регулирующих сооружений оросительных каналов. Прибор основан на регистрации перепада давления, возникающего при обтекании жидкостью специальных устройств; обеспечивает непрерывность, а в некоторых случаях и автоматизацию учета воды. Основная погрешность расходомерного устройства не превышает $\pm 2\%$.

Гидродинамические расходомеры (скоростные трубки) предназначены для измерения полного гидродинамического давления потока жидкости в трубопроводе. Среди них выделяют трубки полного напора, консольные и штанговые гидрометры, а также интегрирующие трубки.

Относительная погрешность определения расхода воды гидродинамическими расходомерами составляет $\pm 2{,}5 \div 3{,}5\%$.

Парциальные расходомеры представляют собой обводной шунт, в котором устанавливается прибор, фиксирующий скорость жидкости в обводе. В качестве такого прибора применяются различные типы механических расходомеров.

Точность определения расхода воды при помощи парциальных расходомеров ниже, чем у других расходомерных устройств. Они непригодны для измерения расхода загрязненной жидкости.

Индукционные расходомеры действуют на принципе электромагнитной индукции. При прохождении электропроводной жидкости через однородное магнитное поле в ней, как в движущемся проводнике, возникает электродвижущая сила, пропорциональная средней скорости потока.

Погрешность определения расходов воды индукционными расходомерами не превышает ±2÷3%.

7.2.7. Учет воды, забираемой из подземных водных источников, может быть осуществлен:

а) инструментальным способом с помощью различных измерительных устройств (мерные сосуды, расходомеры и дебитомеры);

б) по данным опытных или пробных откачек, выполненных на стадии поиска и предварительной оценки эксплуатационных запасов;

в) по технико-эксплуатационным характеристикам насосного и компрессорного оборудования.

Инструментальный способ учета воды применяется на всех крупных водозаборах. При этом производительность (дебит) эксплуатационных скважин величиной не более 10 л/с устанавливается объемным способом. Для учета воды, забираемой с помощью эрлифта или другими способами, используются дебитомеры. Широкое применение находят скоростные расходомеры и счетчики. Погрешность определения расходов воды указанными выше способами не превышает ±5%.

При использовании материалов опытных и пробных откачек возможны значительные отклонения расходов воды, вычисленных по данным о снижении уровня подземных вод, от фактических значений (возможны расхождения в несколько раз). Если учет подземного водозабора не налажен и отсутствуют данные опытных откачек, дебит скважин может быть рассчитан косвенным путем по технико-эксплуатационным характеристикам насосного и компрессорного оборудования. Погрешность определения расходов воды этим способом изменяется в широких пределах: от 3 до 20% и более.

7.3. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ДАННЫХ ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧЕТА ВОД И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

7.3.1. Основой для проверки надежности данных государственного учета вод и их использования по количественным и качественным показателям служат учетные водные балансы и балансы химических веществ. Они могут быть составлены применительно к участкам рек, контурам городов, водохранилищам и озерам.

УВБ и УБХВ для участка реки представляют одну из форм детального руслового водного и гидрохимического баланса.

7.3.2. В аналитическом отношении УВБ и УБХВ представляют собой два уравнения, сгруппированных из элементов РВБ и ГХБ и решенных соответственно относительно значения безвозвратного водопотребления (разности суммарных заборов и сбросов воды) и суммарного значения загрязняющих веществ.

7.3.3. Безвозвратное водопотребление может быть определено двумя способами: 1) гидрологическим, по разности стока в замы-

кающих створах с учетом естественного притока и потерь воды на участке ЛВП; 2) по данным, поступившим от водопользователей, о заборах и сбросах воды (по их разности).

Получение двух значений одного и того же элемента РВБ и их сопоставление позволяет осуществить гидрологический контроль данных ГУВ по количественным показателям, т. е. оценить степень соответствия данных баланса и отчетных сведений об использовании вод.

7.3.4. Значение загрязняющих веществ может быть определено двумя способами: 1) на основании данных гидрологических и гидрохимических наблюдений УГМС по уравнению УБХВ; 2) по сумме данных водопользователей о количестве сбрасываемых и забираемых химических веществ.

Невязка между значениями, полученными двумя способами, позволяет осуществить контроль данных ГУВ по качественным показателям.

Составление УБХВ должно сопровождаться оценкой степени загрязненности воды в ограничивающих створах. Загрязненность оценивается путем сопоставления с ПДК результатов определения концентрации наиболее характерных для участка загрязняющих веществ, ингредиентов или показателей загрязнения.

7.3.5. Расчетными периодами УВБ и УБХВ являются полугодие и год соответственно срокам отчетности водопользователей по форме 2-тп (водхоз).

Методика составления и формы представления результатов расчета УВБ и УБХВ подробно изложены в вышеупомянутых Методических рекомендациях, разработанных ГГИ для УГМС.

7.3.6. Применительно к гидрологическому контролю данных ГУВ и их использования УГМС обязаны:

а) получать от органов ММиВХ данные по учету использования вод, обобщенные по соответствующим формам;

б) составлять УВБ, УБХВ и проверять на этой основе полноту и надежность учета водных ресурсов и их использования;

в) представлять в порядке обратной связи органам ММиВХ и Мингео, а также организациям, планирующим использование вод, результаты расчета УВБ, УБХВ и проверки надежности учета вод с предложениями по его упорядочению (в случаях обнаружения существенных недостатков и нарушений).

ГЛАВА 8. НАБЛЮДЕНИЯ И РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ СТОКА НАНОСОВ

8.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Наносы — это твердые частицы, образованные в результате эрозии водосборов и русел, переносимые водотоками и формирующие их ложе. Речные наносы подразделяются на три категории: взвешенные, влекомые и донные наносы.

Взвешенные наносы переносятся водным потоком во взвешенном состоянии. Влекомые наносы перемещаются водным потоком в придонном слое и движутся путем скольжения, перекатывания или сальтации (скачкообразно). Донные наносы формируют русло или пойму; они взаимодействуют с водными массами потока.

8.2. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ВЗВЕШЕННЫМИ НАНОСАМИ. МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ

8.2.1. Учет стока взвешенных наносов

8.2.1.1. Сток взвешенных наносов учитывается двумя способами: 1) по данным измерения мутности единичных проб; 2) по графикам связи между расходами взвешенных наносов и расходами воды ($P_S = f(Q)$).

Первый способ предусматривает ежедневные наблюдения за мутностью реки на одной-двух постоянных вертикалях в установленные сроки и периодические измерения расходов взвешенных наносов с одновременным отбором контрольных единичных проб воды на мутность. По данным измерения расходов взвешенных наносов устанавливаются переходные связи от мутности единичных проб к действительной средней мутности воды в сечении реки. Средняя мутность определяется как частное от деления расхода взвешенных наносов на расход воды.

Этот способ наиболее полно учитывает годовую амплитуду колебания мутности и ее суточный ход (по учащенным наблюдениям). Он рекомендуется для использования на реках с устойчивым руслом.

Исходными данными для определения стока взвешенных наносов первым способом служат:

а) единичные пробы воды на мутность, отбираемые на посту ежедневно в постоянном месте живого сечения реки;

б) пробы воды на мутность, отбираемые периодически по живому сечению реки при измерении расхода воды для определения расхода взвешенных наносов;

в) контрольные единичные пробы воды на мутность, отбираемые при измерении расходов взвешенных наносов в том же постоянном месте живого сечения, что и единичные пробы;

г) ежедневные расходы воды.

Второй способ основан на построении графической связи между измеренными расходами воды и расходами взвешенных наносов. Он предусматривает наличие достаточного количества измеренных расходов взвешенных наносов с освещением этими измерениями всех фаз водного режима реки, особенно половодья и паводков (см. п. 1.2.4.3). Этот способ рекомендуется применять на реках со значительными деформациями русла, для которых первый способ неприменим из-за неустойчивости связи между средней мутностью и мутностью контрольной единичной пробы.

Исходными данными для определения стока взвешенных наносов вторым способом служат:

а) измеренные расходы взвешенных наносов;

б) измеренные расходы воды;

в) ежедневные расходы воды.

В зависимости от режима реки станция организует на посту определенный комплекс работ, соответствующий избранному способу определения стока наносов. Для оценки состава переносимых рекой наносов отбираются пробы воды для определения крупности взвешенных наносов.

8.2.1.2. Для отбора проб воды со взвешенными наносами служат: батометр-бутылка на штанге (ГР-16, ГР-16М), батометр-бутылка в грузе (ГР-15) и вакуумный батометр (ГР-61). Описание названных приборов, а также возможность применения того или иного прибора в зависимости от глубин и скоростей потока изложены в Наставлении, вып. 2, ч. II, § 230 -236 (Л., Гидрометеоиздат, 1975).

Непременным условием отбора проб воды со взвешенными наносами является соблюдение соответствия скорости воды в водозаборном наконечнике прибора и скорости потока в этой точке. В связи с этим необходимо регулировать время заполнения батометра в зависимости от скорости течения в реке применением сменных насадок с различными диаметрами входных отверстий.

Станция должна установить зависимость скорости течения на постоянной вертикали, где производится отбор единичных проб воды на мутность, от уровня воды на гидростворе и дать наблюдателю рекомендации по использованию соответствующих насадок при определенных уровнях воды. Рекомендации даются в форме таблиц, образцы которых для батометра-бутылки и вакуумного батометра приведены в Наставлении, вып. 2, ч. II (табл. 32, 33).

При отсутствии стандартных приборов допустимо применение обычной бутылки емкостью 1 л, опускаемой в поток на штанге или с грузом в наклонном положении под углом 20—25° к вектору скорости потока и снабженной пробкой на бечевке, длина которой должна быть более глубины потока. В периоды половодья и дождевых паводков при большой мутности (>1000 г/м^3) допускается применение бутылки емкостью 0,5 л. Бутылки должны быть

обязательно светлого стекла с покатыми плечиками. Опускание бутылки в поток вертикально не допускается. Применение для отбора проб полиэтиленовых бутылок также недопустимо.

8.2.2. Отбор единичных проб воды на мутность

8.2.2.1. Единичные пробы воды на мутность берутся наблюдателем в постоянном месте. Сроки и порядок взятия проб устанавливаются в соответствии с указаниями п. 1.2.4.2.

Это постоянное место должно удовлетворять условию сохранения соотношения между мутностью единичных проб и средней мутностью в живом сечении реки, желательно в многолетнем ряду наблюдений или в течение года, а в крайнем случае за достаточно длительные периоды времени внутри года.

Постоянное место взятия единичных проб выбирается в первый год наблюдений за наносами на одной или, при широкой реке и сложном профиле живого сечения, на двух стрежневых вертикалях. При наличии, кроме главного русла, протока, несущего свыше 20% общего расхода воды, единичные пробы в первый год наблюдений следует брать и на стрежне такого протока. Пробы, взятые на двух вертикалях основного русла и в протоке, обрабатываются каждая в отдельности.

Единичные пробы воды на мутность отбираются, как правило, в гидростворе на одной или двух скоростных вертикалях, расположенных в стрежневой зоне потока. При удаленности гидроствора единичные пробы могут отбираться в створе основного поста, в створе ближайшего дорожного моста или паромно-лодочной переправы, если по условиям протекания потока и транзита наносов участок реки, где они расположены, является однородным с участком гидроствора.

При переносе гидроствора для измерения расходов воды в межень на перекатный участок реки отбор единичных проб, если они брались в гидростворе, продолжается на прежнем месте до тех пор, пока наблюдается проточность воды.

В последующие годы место взятия единичных проб следует располагать в избранном ранее створе на постоянной вертикали, для которой отклонения $S_{ед}$ от средней мутности в живом сечении потока $S_{ср}$, полученные при измерении расходов наносов, не превышают $\pm 20\%$ (см. Наставление, вып. 6, ч. III, § 174). При этом постоянная вертикаль располагается не обязательно на стрежне потока. Вопрос о необходимости отбора единичных проб в отдельных протоках решается также на основании анализа данных, полученных при измерении расходов наносов.

Выбирать место взятия единичных проб в непосредственной близости от берега категорически запрещается. Брать единичные пробы мутности у берега допускается только в крайнем случае, например, при ледоходе или лесосплаве. В этом случае пробы берутся на расстоянии 2—3 м от берега в зоне с явно выраженным

транзитным течением потока и при отсутствии местных размывов берегов, искажающих режим мутности в створе.

8.2.2.2. Станция указывает наблюдателю сроки отбора единичных проб на мутность в письменном задании. Непременным условием назначения оптимальных сроков наблюдения за мутностью является получение надежного значения ее среднесуточной величины. Сроки наблюдений за мутностью назначаются согласно п. 1.2.4.2 и пп. 12.2.2.1—12.2.2.3.

8.2.2.3. Единичные пробы воды на мутность берутся суммарным (в двух точках — 0,2h и 0,8h), одноточечным (0,6h) или интеграционным способами в зависимости от глубин потока, степени изученности связи между мутностью единичных проб и средней мутностью в живом сечении.

В первый год наблюдений на посту для обеспечения возможности вычисления стока взвешенных наносов по мутности единичных проб следует брать пробы на мутность суммарным способом в течение всего года (если позволяют глубины потока), в крайнем случае интеграционно (если имеющийся на посту прибор не позволяет применить точечный способ), а при недостаточных глубинах (менее 40 см) — одноточечным способом.

Для последующих лет наблюдений на реках с мутностью более 100 г/м^3 выясняется возможность взятия проб одноточечным или интеграционным способом независимо от глубин реки. С этой целью по материалам наблюдений первого года анализируются графики связи средней мутности реки и мутности проб воды в точке 0,6 глубины на отдельных вертикалях, взятых при измерениях расходов наносов многоточечным (детальным) способом, или мутности, взятой интеграционно по вертикали.

При мутности потока от 100 до 50 г/м^3 объем пробы должен быть не менее 2 л. Пробы в этом случае берутся в двух точках одной вертикали (на 0,2 и 0,8 рабочей глубины) и сливаются вместе. При недостаточной глубине берутся две пробы объемом 1 л на 0,6h и сливаются вместе. При интеграционном способе пробы берутся дважды и также сливаются вместе.

При мутности от 50 до 20 г/м^3 и менее 20 г/м^3 в период устойчивой межени, а на некоторых реках и в половодье, ежедневно взятые в один срок пробы объемом в 1 л каждая объединяются в один сосуд соответственно по пентадам и декадам. В случае прохождения в период межени дождевого паводка слив проб прекращается и каждая из них фильтруется отдельно.

8.2.2.4. Взятые пробы обрабатываются на посту согласно пп. 8.4.2.1—8.4.2.5. Пробы, взятые в два срока или учащенно, обрабатываются отдельно. Записи единичных проб мутности ведутся в полевой книжке КГ-10, заполняемой ежедневно в двух экземплярах.

Обработанные за месяц фильтры с наносами вместе со вторым экземпляром полевой книжки (копия) направляются на станцию или в стационарную лабораторию для дальнейшей их обработки.

8.2.2.5. Мутность единичных проб вычисляется на станции по получении от лаборатории копии полевой книжки КГ-10 с данными о массе наносов на фильтрах

$$S_{ед} = \frac{m \cdot 10^6}{A},$$

где m — масса наносов в пробе в граммах (берется с точностью до 0,0001 г); A — объем пробы, мл; $S_{ед}$ — мутность единичной пробы, г/м^3.

Результат записывается с округлением до двух значащих цифр, но не точнее 0,01 г/м^3. Затем значения мутности наносятся на комплексный график и осуществляется текущий анализ хронологических изменений мутности совместно с ходом прочих элементов (уровень и расход воды, осадки, температура воздуха, толщина снега и льда, уклоны водной поверхности). Отмечаются все особенности в режиме мутности, а также замечания о точности определения мутности. Явно неверные данные на чертеже перечеркиваются. В случае надобности немедленно выясняются (письменно или выездом на пост) обстоятельства, вызвавшие неудовлетворительность результатов наблюдений.

8.2.3. Отбор контрольных единичных проб воды на мутность

8.2.3.1. Контрольная единичная проба воды на мутность берется при каждом измерении расхода взвешенных наносов (пп. 8.2.4.1—8.2.4.6) помимо единичных проб, которые отбираются в сроки наблюдений. Контрольные пробы берутся в постоянном месте взятия единичных проб, в тех же точках и вертикалях, тем же способом и прибором, которыми берутся единичные пробы воды на мутность (см. Наставление, в. 2, ч. II, § 258).

Записи о взятии контрольных единичных проб ведутся в полевой книжке (КГ-10) наравне с записями об ежедневных единичных пробах. Кроме этого, в полевой книжке записи измерений расходов взвешенных наносов (КГ-6М) делается пометка о времени и месте отбора контрольной пробы.

Контрольные пробы обрабатываются на посту и в лаборатории так же, как и единичные.

После вычисления мутности по контрольной пробе ее значение записывается в таблицу «Принятые данные» полевой книжки записи измерений расходов взвешенных наносов (КГ-6М), а также в рабочую таблицу, используемую в конце года для построения графика связи $S_{ср} = kS_{ед.\ контр}$.

8.2.3.2. Объем пробы, которую необходимо взять для определения мутности как при отборе единичных, так и контрольных проб, при измерении расхода наносов точечным, суммарным или интеграционным способами зависит от преобладающей мутности потока в живом сечении (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Рекомендуемые объемы проб в зависимости от мутности

Мутность, г/м³	>1000	От 1000 до 100	От 50 до 100	От 20 до 50	<20
Объем пробы, л	Не менее 0,5	Не менее 1	Не менее 2	Не менее 5	Не менее 10

Указанные объемы проб позволяют получить осадок наносов на фильтре массой более 0,1 г. Преуменьшение объемов проб против указанного выше может привести к существенным потерям наносов при фильтровании.

Если емкость прибора не позволяет взять нужный объем за один прием, то берется соответствующее количество повторных проб. При интеграционном способе взятия пробы литровой бутылкой объем пробы может быть несколько меньше 1 л (800—950 мл), а при повторности — соответственно несколько меньше 2, 3 л и т. д.

Объем каждой пробы в отдельности должен быть измерен непосредственно после ее взятия. При применении вакуумного батометра отсчет объема пробы делается по шкале прибора, при применении батометра-бутылки на штанге, в грузе или обычной бутылки с пробкой — на основании заранее произведенной градуировки их в верхней части по нанесенным штрихам. Объем пробы записывается с точностью до 10—20 мл.

Если по какой-либо причине объем пробы на реке не измерен, что всегда является нежелательным, то восковым карандашом делается метка уровня воды на бутылке, в которой проба отправляется в полевую лабораторию для последующего определения объема пробы.

8.2.3.3. Взятые единичные ежедневные, единичные контрольные пробы воды на мутность, а также пробы, отобранные при измерении расходов наносов, подвергаются первичной обработке, заключающейся в выделении наносов из воды.

Для этого пробы воды на мутность в закупоренных пробками и пронумерованных бутылках белого стекла переносятся в помещение, где и выполняется выделение наносов из воды автоматическим фильтрованием, фильтрованием с предварительным отстоем наносов или, при наличии на посту прибора Куприна (ГР-60), фильтрованием под давлением (см. Наставление, в. 2, ч. II, § 279—288).

8.2.4. Измерения расхода взвешенных наносов

8.2.4.1. Пробы воды на мутность для измерения расхода взвешенных наносов берутся в основном гидростворе на всех скоростных вертикалях (в основном русле, на пойме и в протоках) одновременно с измерением скоростей течения, выполняемым при измерении расходов воды.

Гидроствор для учета наносов должен удовлетворять непременному условию отсутствия на участке поста выше створа спуска сточных и промышленных вод, если программа работ не предусматривает изучение влияния сброса сточных вод в районе данного поста. Изучение влияния сброса сточных и промышленных вод на сток наносов производится по специальному заданию.

В случае перенесения створа для измерения расхода воды в межень на перекат расходы взвешенных наносов определяются приближенно по средней мутности суммарной пробы, составленной из проб, взятых на скоростных вертикалях (всех или в уменьшенном их числе, но не менее четырех) в том створе, в котором производились паводочные измерения расходов воды и взвешенных наносов.

При измерении расходов воды гидрологическими расходомерами (водосливы, лотки) или методом смешения ограничиваются определением средней мутности потока по суммарным пробам, взятым на одной-двух вертикалях в створе, расположенном при наличии водослива несколько выше распространения подпора, при наличии лотка или контрольного русла — в пределах подходного канала, при методе смешения — на пусковом створе.

8.2.4.2. При измерении расхода взвешенных наносов пробы воды на мутность отбираются следующими способами: многоточечным, основным (двухточечным), одноточечным, суммарным и интеграционным.

Многоточечный способ предусматривает отбор проб наносов по увеличенному (по сравнению с основным) числу вертикалей в пяти и более точках по глубине. Пробы наносов отбираются одновременно с измерением скорости на каждой вертикали (см. п. 6.4.1). Этот способ применяется в первый год наблюдений за стоком наносов, когда средняя мутность в реке превышает 100 г/м^3, при выполнении специальных научно-методических работ для обоснования точности принимаемых впоследствии менее трудоемких способов измерения расходов взвешенных наносов (см. пп. 12.2.3.1—12.2.3.3).

В первый год необходимо выполнить не менее десяти измерений расходов наносов с отбором проб многоточечным способом. Расходы наносов, измеренные таким способом, принимаются за основу и служат для выяснения возможности перехода на сокращенное количество вертикалей и точек на них (двух или одной). Переход считается возможным, если расходы наносов, обработанные по сокращенному количеству вертикалей и точек, будут отличаться от расходов, обработанных по всем вертикалям и точкам, не более чем на 10%. В этом случае последующие измерения расходов наносов выполняются путем взятия проб основным (двухточечным) или интеграционным способом.

Измерения расходов взвешенных наносов с отбором проб многоточечным способом производятся наблюдателем под руковод-

ством инженера или техника станции. Выводы о проведенной работе записываются в техническое дело поста.

8.2.4.3. На больших и средних реках при измерении расхода взвешенных наносов основным способом отбираются две пробы на вертикали (на глубине $0{,}2h$ и $0{,}8h$), на малых реках — одна проба на вертикали (на глубине $0{,}6h$).

В периоды, когда мутность реки превышает 100 г/м^3, пробы, отобранные в двух точках по вертикали, обрабатываются каждая в отдельности.

При средней мутности реки от 100 до 20 г/м^3 пробы, отобранные в двух точках на вертикали (на глубине $0{,}2h$ и $0{,}8h$), сливаются в один сосуд для последующего анализа. Отбор проб в одной точке вертикали (на глубине $0{,}6h$) производится с двухкратной повторностью, после чего обе пробы для последующего анализа сливаются в один сосуд.

При мутности менее 20 г/м^3 целесообразно пробы объединять не только по вертикалям, но и по всему живому сечению, получая таким образом пробу, характеризующую среднюю мутность всего потока.

8.2.4.4. Интеграционный способ отбора проб применяется в тех случаях, когда имеющийся в наличии прибор не позволяет по условиям глубины потока отбирать пробы в точке; он используется также для сокращения времени измерений при быстром изменении гидравлических характеристик потока. Проба берется путем плавного перемещения прибора по глубине вертикали от поверхности до дна потока и обратно. При емкости прибора 1 л объем пробы должен составлять 800—950 мл.

При средней мутности потока от 100 до 20 г/м^3 на каждой вертикали отбирают по две пробы и для последующего анализа сливают их в один сосуд. При мутности менее 20 г/м^3 целесообразно пробы объединять по всему живому сечению.

8.2.4.5. При зарастании русла измерение мутности на вертикалях основным способом (так же, как и скоростей течения) производится в трех точках: на 0,15; 0,5 и 0,85 рабочей глубины. При глубине на вертикали менее 0,5 м мутность измеряется в одной точке — на 0,5 рабочей глубины.

8.2.4.6. При ледяном покрове измерение мутности на вертикалях основным способом производится (так же, как и при открытом русле) в точках 0,2 и 0,8 рабочей глубины.

8.2.5. Сокращенный способ измерения расхода взвешенных наносов

8.2.5.1. На больших и средних реках с устойчивым руслом может применяться сокращенный способ измерения расхода взвешенных наносов (по единичной мутности потока на репрезентативной вертикали). Основанием для перехода на сокращенный способ измерения служит устойчивая многолетняя связь между

средней мутностью реки $S_{ср}$, определенной из измеренного основным способом расхода взвешенных наносов, и мутностью на репрезентативной вертикали $S_р$, расположенной в стрежневой зоне потока. При этом непременным условием является устойчивое в течение всего года местоположение репрезентативной вертикали от постоянного начала по всей амплитуде колебания уровня воды.

Для выбора репрезентативной вертикали должны быть построены графики связи $S_{ср} = f(S_i)$, где индексом i обозначен порядковый номер вертикали. В качестве репрезентативной принимается та вертикаль стрежневой зоны потока, которая дает наиболее устойчивую многолетнюю связь измеренной мутности со средней мутностью потока. Полоса рассеяния точек на графике связи $S_{ср} = f(S_i)$ не должна превышать $\pm 20\%$.

8.2.5.2. Расход взвешенных наносов P_S вычисляется путем умножения средней мутности, определенной на репрезентативной вертикали с учетом переходного коэффициента $K_р$, на расход воды. Расход воды может быть определен любым способом, в том числе и сокращенным способом по репрезентативной вертикали (см. п. 6.4.1): $P_S = S_р Q$.

Переходные коэффициенты $K_р$ получаются путем деления расхода наносов, измеренного основным способом, на расход наносов, измеренный по репрезентативной вертикали:

$$K_р = \frac{P_{S\,осн}}{P_{S\,р}}.$$

Значения $K_р$ могут изменяться от 0,9 до 1,1.

8.2.6. Вычисление расходов взвешенных наносов

8.2.6.1. Вычисление расходов взвешенных наносов, измеренных многоточечным способом, производится графическим методом, а измеренных основным (двухточечным), одноточечным, суммарным и интеграционным способами — аналитическим методом. Расходы взвешенных наносов измеряются раздельно для основного русла, поймы и протоков (даже если последние объединены с основным руслом при данном уровне воды общим зеркалом воды). Полный расход в этих случаях определяется по сумме расходов основного русла, поймы и протоков.

8.2.6.2. Расход взвешенных наносов графическим методом вычисляется с использованием чертежа, послужившего для вычисления расхода воды (рис. 8.1).

По данным о массе наносов в пробе предварительно вычисляется мутность воды по формуле, приведенной в п. 8.2.2.5. Результат записывается с округлением до двух значащих цифр, но не точнее 0,01 г/м³.

На эпюрах распределения скоростей течения по глубине строятся эпюры мутности для анализа характера распределения

мутности по глубине и выявления сомнительных исходных данных. В случае сомнительности данных о мутности отдельных проб проверяются вычисления мутности, достоверность записи объема пробы, а в случае надобности — и масса наноса на фильтре. Мутности, не согласующиеся с общим характером распределения мутности по глубине вертикали, в дальнейшей обработке во внимание не принимаются.

При построении эпюр мутности горизонтальный масштаб принимается в зависимости от наибольшей мутности в сечении с расчетом, чтобы наибольшая ширина преобладающего числа эпюр соответствовала наибольшей ширине эпюр скорости.

Сомнительные точки также наносятся на график, но перечеркиваются. С эпюр мутности, проведенных без учета таких точек, снимается на соответствующей глубине значение мутности для вычисления единичного расхода взвешенных наносов.

Принятые значения мутности перемножаются на соответствующие по глубине значения скорости течения в точках. Полученные значения единичных расходов взвешенных наносов $\alpha = Sv$ г/(с·м^2) записываются в полевой книжке КГ-6М с округлением до двух значащих цифр, но не точнее 0,01 г/(с·м^2).

По значениям единичных расходов взвешенных наносов на скоростных вертикалях строятся эпюры распределения единичных расходов взвешенных наносов. Масштаб единичного расхода принимается таким, чтобы отношение ширины к высоте у эпюр центральных вертикалей было 0,7—1,3. Для удобства и точности вычислений рекомендуется откладывать значения единичного расхода по абсциссам влево от линии вертикалей, а значения мутности — вправо (совместно со скоростями).

Площади эпюр единичных расходов взвешенных наносов измеряются планиметрированием или подсчетом на миллиметровой бумаге чертежа количества квадратных сантиметров (т. е. способом палетки) с учетом вертикального и горизонтального масштабов. Численно эти площади равны элементарным расходам взвешенных наносов на вертикалях p_S в г/(с·м), значения которых выписываются в табличку под профилем двумя значащими цифрами, но не точнее 0,01 г/(с·м). Если значение p_S на всех вертикалях больше 1000 г/(с·м), допустимо ее записывать в кг/(с·м) также двумя значащими цифрами.

Делением значений элементарного расхода взвешенных наносов на глубину вертикалей находятся значения средних единичных расходов наносов по вертикалям ($\alpha_{ср}$), которые выписываются под профилем и служат для построения эпюры распределения средних единичных расходов по ширине реки. Масштаб для эпюры средних единичных расходов взвешенных наносов принимается тот же, что и для эпюры единичных расходов на вертикалях.

Если на некоторых вертикалях пробы берутся в двух или одной точке, то эпюры мутности и единичных расходов не строятся,

От ПН-Рп-4	50,2	76,8	90,0	108	123	138	153	168	196	210	240	257	290	307	324	355	368	392	410
h м	0,00	1,60	2,26	2,72	3,18	3,10	3,01	3,08	3,64	3,55	3,40	3,52	3,95	4,05	3,82	2,30	2,15	1,75	0,00
$v_{ср}$ м/с	0,00	0,75	0,95	1,17	1,34	1,50	1,64	1,77	1,92	1,96	2,16	2,23	1,95	1,69	1,42	0,94	0,74	0,33	0,00
q м²/с	0,00	1,20	2,15	3,18	4,26	4,65	4,93	5,45	6,99	6,96	7,34	7,85	7,70	6,84	3,42	2,16	1,59	0,44	0,00
$\alpha_{ср}$ г/(с м²)	0	850	1400	2500	3100	3300	3200	3200	3300	3200	4200	4500	3900	3200	2600	1600	1100	470	0
p_s кг/(с·м)	0,00	1,4	3,2	6,8	9,9	10	9,6	9,8	12	11	14	16	15	13	10	3,7	2,4	0,63	0,00
$S_{ср}$ г/м³		1100		2300			1900			1600		2000		1900		1700			

Рис. 8.1. Образец графической обра

Hсм	225
Q м³/с	1540
F м²	1010
$v_{ср}$ м/с	1,62
$v_{наиб}$ м/с	2,57
Bм	360
$h_{ср}$ м	2,81
$h_{наиб}$ м	4,00
I ‰	0,047
p_s кг/с	3100
$S_{ср}$ г/м³	1900
Вертушка ГР-21	
Батом. вакуум. 3 л	
Объем проб ~1 л	

ботки расхода взвешенных наносов.

а сразу же после оценки достоверности значений мутности аналитическим методом вычисляется средний единичный расход.

С эпюры снимаются значения средних единичных расходов наносов для каждой промерной вертикали, записываются в таблицу под профилем и умножаются на глубины, что дает значения элементарных расходов взвешенных наносов для каждой промерной вертикали, выписываемые под профилем двумя значащими цифрами, но не точнее 0,01 г/(с·м).

Над профилем строится эпюра распределения элементарных расходов взвешенных наносов по ширине реки. Масштаб для нее выбирается с таким расчетом, чтобы наибольшее значение элементарного расхода изображалось отрезком около 10 см. Площадь эпюры элементарных расходов измеряется планиметром или способом палетки с учетом масштабов (горизонтального и вертикального). Численно она равна расходу взвешенных наносов P_S. Расход взвешенных наносов выражается в килограммах в секунду и заносится в таблицу принятых данных двумя значащими цифрами, но не точнее 0,001 кг/с.

Вычисляется средняя мутность реки по формуле $S_{ср} = \frac{1000P_S}{Q}$ г/м³ и записывается также в таблицу принятых данных двумя значащими цифрами, но не точнее 0,01 г/м³. Расход воды Q берется в кубических метрах в секунду с округлением до двух или трех значащих цифр, согласно п. 6.7.2.3.

Для анализа распределения мутности по ширине реки строится на том же чертеже эпюра средней мутности воды по данным на скоростных вертикалях. При этом мутность вычисляется по формуле

$$S_{ср} = \frac{p_S}{q},$$

где p_S, q — элементарные расходы взвешенных наносов и воды, выраженные соответственно в г/(с·м) и м³/(с·м).

Эти данные выписываются в таблице под профилем. Масштаб для построения эпюры средних мутностей принимается тот же, что и для эпюр мутностей на вертикалях.

8.2.6.3. Вычисление расхода взвешенных наносов аналитическим методом производится по одной из двух формул в зависимости от способа взятия проб мутности.

При взятии проб мутности двухточечным или одноточечным способом сначала вычисляются единичные расходы взвешенных наносов α г/(с·м²) в отдельных точках путем перемножения значений мутности на соответствующие значения скорости течения. Затем вычисляются для каждой скоростной вертикали средние единичные расходы взвешенных наносов по соответствующим формулам:

$$\alpha_{ср} = 0{,}5(\alpha_{0,2} + \alpha_{0,8}),$$

$$\alpha_{ср} = \alpha_{0,6}.$$

В этих формулах α с индексами 0,2; 0,8; 0,6 означает единичный расход наносов в точках 0,2; 0,8; 0,6 рабочей глубины и т. д.

При заросшем водной растительностью русле применяются формулы:

$$\alpha_{ср} = \frac{\alpha_{0,15} + \alpha_{0,5} + \alpha_{0,85}}{3};$$

$$\alpha_{ср} = \alpha_{0,5}.$$

Расход взвешенных наносов вычисляется по формуле

$$P_S = 0{,}001 \left[k\alpha_1 f_0 + \left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right) f_1 + \cdots + \left(\frac{\alpha_{n-1} + \alpha_n}{2}\right) f_{n-1} + k\alpha_n f_n \right],$$

где α_1, α_2, ..., α_n — средние единичные расходы взвешенных наносов на скоростных вертикалях 1, 2, ..., n (последней), г/(с·м²); k — коэффициент, зависящий от характера распределения скоростей в прибрежной зоне потока и выбираемый согласно п. 6.7.2.1; f_0 — площадь водного сечения между берегом (границей мертвого пространства) и первой скоростной вертикалью, м²; f_1, f_2, ..., f_{n-1} — площади водного сечения между вертикалями 1, 2, ..., $n - 1$ — (предпоследней), м²; f_n — площадь между вертикалью n (последней) и берегом (границей мертвого пространства). Входящие в вышеприведенные формулы площади водного сечения между скоростными вертикалями f_0, f_1, ..., f_n вычисляются предварительно при вычислении расхода воды.

При взятии проб мутности суммарным или интеграционным способом по отдельным вертикалям мутность пробы соответствует средней мутности по вертикали. Расход взвешенных наносов в этом случае вычисляется по формуле

$$P_S = 0{,}001 \left[S_1 Q_0 + \left(\frac{S_1 + S_2}{2}\right) Q_1 + \cdots + \left(\frac{S_{n-1} + S_n}{2}\right) Q_{n-1} + S_n Q_n \right],$$

где S_1, S_2, ..., S_n — средние мутности воды соответственно на вертикалях 1, 2, ..., n (последней); Q_0 — частичный расход воды между берегом (границей мертвого пространства) и первой скоростной вертикалью; Q_1, ..., Q_{n-1} — частичные расходы воды между соседними вертикалями; Q_n — частичный расход воды между последней вертикалью и берегом (границей мертвого пространства).

Входящие в вышеприведенную формулу частичные расходы воды между скоростными вертикалями вычисляются предварительно при вычислении расхода воды.

По расходу взвешенных наносов P_S кг/с и расходу воды Q м³/с вычисляется средняя мутность для всего живого сечения потока $S_{ср}$ г/м³. В формуле Q берется с округлением до двух или трех значащих цифр, согласно п. 6.7.2.3:

$$S_{ср} = \frac{1000 P_S}{Q}.$$

В том случае, когда при суммарном или интеграционном способе и малой мутности потока пробы объединяются по всем вертикалям в одну пробу, характеризующую среднюю мутность всего потока, расход наносов вычисляется по формуле

$$P_s = 0{,}001 S_{ср} Q,$$

где $S_{ср}$ - мутность суммарной пробы, г/м^3; Q - расход воды, м^3/с.

Вычисленные и проверенные данные о расходе взвешенных наносов и средней мутности живого сечения потока с указанием методики их определения вносятся в таблицу «Принятые данные» полевой книжки (КГ-6М) с количеством значащих цифр, согласно п. 8.2.6.2. В течение года эти данные заносятся в таблицу «Измеренные расходы наносов» (ИРН) по форме Гидрологического ежегодника.

8.2.7. Отбор проб для определения гранулометрического состава взвешенных наносов

8.2.7.1. Пробы для определения крупности взвешенных наносов берутся в гидрометрическом створе одновременно с измерением расходов воды и взвешенных наносов на всех скоростных вертикалях, но отдельно от проб, предназначенных для измерения расхода наносов. При мутности более 1000 г/м^3 и при условии плавного изменения скоростей течения по ширине потока допускается уменьшение числа вертикалей, предназначенных для отбора проб (через одну), но так, чтобы осталось не менее четырех, располагающихся равномерно по ширине русла.

Пробы для определения крупности берутся тем же прибором и способом, каким берутся пробы мутности для измерения расхода наносов. При многоточечном способе измерения расхода наносов пробы для определения крупности берутся в двух точках на вертикали: на 0,2 и 0,8 рабочей глубины.

Пробы, взятые в отдельных точках или интеграционно по вертикали, объединяются в одну пробу, характеризующую среднюю крупность взвешенных наносов для всего поперечного профиля реки.

В отдельных случаях по специальным заданиям УГМС гранулометрический состав взвешенных наносов может быть определен для отдельных вертикалей или отдельных точек по глубине вертикали, в соответствии с чем пробы обрабатываются и анализируются для каждой вертикали или каждой точки в отдельности.

8.2.7.2. Объем проб определяется величиной навески наносов (в граммах), требующейся для проведения лабораторного анализа, и мутностью воды в реке в период взятия пробы.

Объем суммарной пробы задается по следующей формуле:

$$W = \frac{1000a}{S},$$

где a — величина требуемой навески, г; S — мутность воды, г/м^3.

Для анализа методом фракциометра с выделением суммарной фракции <0,05 мм требуется навеска от 0,5 до 2,0 г. Для анализа методом пипетка — фракциометр с выделением фракции <0,001 мм требуется навеска от 0,5 до 5,0 г.

Отбор проб взвешенных наносов для определения гранулометрического состава любым из указанных методов целесообразно производить при мутности от 50 г/м^3 и выше. В зависимости от значения мутности объемы проб, необходимые для выделения требуемой навески, колеблются от 5 до 20 л. При мутности 50 г/м^3 объем суммарной пробы не должен быть меньше 10 л.

8.2.7.3. Записи о взятии проб воды со взвешенными наносами для определения их крупности ведутся в отдельной полевой книжке КГ-10, а в полевой книжке измерений расходов взвешенных наносов КГ-6М делается пометка о взятии таких проб и о суммарном объеме пробы. Сведения о месте взятия каждой отдельной пробы из числа объединяемых, их объем (для контроля), номера сосудов, в которые выливаются пробы, записываются в книжке КГ-10.

8.3. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДОННЫМИ НАНОСАМИ

8.3.1. Общие положения

8.3.1.1. Изучение донных наносов в русле реки производится с целью получения данных о гранулометрическом составе (крупности), плотности частиц наносов, плотности смеси наносов в естественном залегании и содержании в донных наносах органических веществ. Методика наблюдений, приборы и оборудование, применяемые при наблюдениях за донными наносами, различны для условий равнинных и горных рек.

8.3.2. Отбор проб донных наносов равнинных рек

8.3.2.1. Донные наносы равнинных рек изучаются путем отбора проб в русле. Пробы отбираются на основном гидростворе четыре-шесть раз в году в разные фазы водного режима: на подъеме, пике и спаде половодья, в период летне-осенних паводков и в межень. Если по каким-либо причинам отобрать пробы грунта на основном гидростворе нельзя, они отбираются на дополнительном створе, расстояние которого (в метрах) от основного (выше или ниже) указывается в книжках КГ-6М и на этикетке к пробе, отправляемой на анализ в стационарную лабораторию. За одну дату отбирается несколько проб донных наносов по ширине русла.

8.3.2.2. При назначении числа отбираемых в русле проб необходимо предварительно оценить изменчивость крупности наносов по ширине реки. Оценка изменчивости состава наносов и назначение числа проб, которое необходимо отбирать в русле за одну серию (дату), выполняется специалистами отдела гидроло-

гии ГМО и лаборатории химии вод и атмосферы по материалам наблюдений за прошлые годы или непосредственно на гидрометрическом створе.

8.3.2.3. В створах, где наблюдается значительная изменчивость крупности донных наносов по ширине потока (например, от тонких илов до песка с гравием), для получения характеристики среднего состава наносов в русле необходимо одновременно отбирать 8—12 проб.

В створах, где гранулометрический состав донных наносов изменяется в сравнительно узком диапазоне фракций и представлен в различных точках русла одним хорошо отсортированным видом грунта (например, илом, песками или гравием), достаточно отбирать 5—7 проб. Точки отбора проб обычно приурочиваются к скоростным вертикалям; при незначительной изменчивости гранулометрического состава по ширине реки пробы отбираются через одну скоростную вертикаль. В некоторых случаях при большой неравномерности распределения крупности частиц по ширине русла пробы донных наносов отбираются на каждой промерной вертикали. Всего в русле отбирается от 5 до 12 проб.

8.3.2.4. Для отбора проб донных наносов на равнинных реках рекомендуется применять следующие приборы: отборник проб донных отложений ГР-86, штанговый дночерпатель ГР-91, донный щуп ГР-69 и дночерпатель (ДЧ). В зависимости от глубины, скорости потока и характера грунта используются соответствующие приборы. На больших и средних равнинных реках применяется прибор ГР-86; может быть использован также дночерпатель (ДЧ). На малых равнинных реках рекомендуется применять приборы ГР-91 и ГР-69. (Описание приборов и условия их применимости см. в Наставлении, вып. 2, ч. II, § 266—269.)

8.3.2.5. При отборе проб донных наносов необходимо следить за полнотой доставляемых со дна русла образцов. Если обнаружено, что наносы частично вымывались из прибора при его подъеме на поверхность, следует повторить отбор пробы в той же точке.

8.3.2.6. Первичная обработка проб донных наносов на посту выполняется в соответствии с рекомендациями Наставления вып. 2, ч. II, § 289, 290.

8.3.3. Определение характеристик донных наносов горных рек

8.3.3.1. Для определения гранулометрического состава донных наносов горных рек с валунно-галечным руслом рекомендуется фотографический метод. Сущность метода заключается в фотографировании наносов и последующем определении количества частиц различных фракций. Фотографический метод позволяет определять крупность поверхностного слоя русловых наносов без нарушения их естественного состояния, значительно

сокращает затраты труда и времени в полевых условиях, отвечает допустимой точности гранулометрического анализа (±3%).

8.3.3.2. Определение гранулометрического состава донных наносов горных рек следует выполнять 1—2 раза в год при низких уровнях в межень, когда достаточно хорошо просматривается дно или его часть на прибрежных участках, островах и косах, расположенных в районе поста.

8.3.3.3. Состав донных наносов определяется на площадках размером 1×1 м² в тех местах, где отложившиеся наносы являются характерными для данного участка. В зависимости от местоположения и конфигурации осушенной (коса, остров, прибрежная отмель) или малозатопленной части русла площадки располагаются либо вдоль течения, либо перпендикулярно, а в случае достаточной ширины осушенной части русла и в шахматном порядке. Расстояние между площадками 3—5 м.

8.3.3.4. Для получения надежной средней характеристики гранулометрического состава донных наносов, если визуально обнаруживается значительное различие крупности на участке наблюдений, определение состава производится на пяти—семи площадках. При однородном составе отложившихся наносов достаточно трех—пяти площадок. Место определения гранулометрического состава и необходимое количество площадок назначаются специалистом гидрометстанции или ГМО.

8.3.3.5. Прежде чем приступить к фотографированию образцов необходимо в полевых условиях выяснить тип донных наносов, чтобы установить, имеется ли естественная отмостка из наиболее крупных наносов на поверхности русла или же крупность наносов равномерно распределена в толще донных наносов. Для этого нужно на осушенном участке русла снять верхний слой донных наносов на глубину самой крупной частицы на сравнительно небольшой площади 0,25—0,5 м² и визуально сравнить крупность поверхностного и более глубокого слоев донных наносов. Тип залегания русловых наносов (отмостка или равномерное распределение крупности по глубине) отмечается затем в соответствующей ведомости (см. п. 8.3.3.10).

8.3.3.6. На фотографируемую площадку накладывается металлическая рама-сетка размером 1×1 м, разделенная шнуром или проволокой на квадраты 10×10 см. При этом рама-сетка располагается горизонтально для того, чтобы на фотографии не получалось значительного искажения масштабной сетки и размеров отдельных частиц (рис. 8.2).

Каждый снимок (кадр) должен иметь порядковый номер. Перед фотографированием под сетку рамы кладется трафарет с наименованием реки и пункта и очередным номером кадра; располагается он таким образом, чтобы не затенялись мелкие частицы. При фотографировании на осушенных местах русла применяются трафареты, изготовленные из картона или плотной бумаги; при съемке образцов, покрытых слоем воды, следует изготовить устой-

чивые в воде трафареты (например, из пластмассы или металлические).

8.3.3.7. Образцы донных наносов фотографируются с высоты около 2 м. Фотографирование выполняется с помощью штатива или с рук. В последнем случае фотоаппарат поднимается на вытянутых руках вперед и вверх таким образом, чтобы плоскость фотопленки в аппарате в момент съемки была параллельна пло-

Рис. 8.2. Фотография крупных донных наносов (р. Картан — с. В. Картан, № 16).

скости донных наносов. В случае нарушения этого условия обработка фотографий значительно усложняется из-за большого искажения изображения на снимке.

Для фотографирования наносов рекомендуется использовать фотоаппараты с широкоугольными объективами.

8.3.3.8. На одной фотопленке могут быть зафиксированы донные наносы нескольких постов. Регистрация фотоснимков и проб мелких частиц производится в ведомости КГ-53а (табл. 8.2).

В ведомости КГ-53а следует указать, где расположен участок определения состава донных наносов (выше или ниже гидроствора, расстояние от гидроствора) и где сделаны фотоснимки (на отмели у левого или правого берега, на острове и т. п.); обязательно надо

Таблица 8.2

Образец ведомости КГ-53а

Станция Пятигорск						
Река -пункт	Дата	Место фотографирования	Тип донных наносов	Количество фотоснимков (кадров)	Номера снимков (кадров)	Размеры наибольшей частицы, относящейся к определенному снимку (кадру), мм
р. Картан— В. Картан	*15/IX 1975*	*30 м ниже гидростворa, остров*	*Отмостка*	*5*	*15 **	*75×52×40*
					16	*183×158×112*
					17	*140×125×80*
					*18 **	*107×92×65*
					19	*220×170×138*

* Номера снимков, к которым относятся пробы мелких частиц.

показать, какой тип русловых наносов обнаружен в данном пункте наблюдений (отмостка или равномерное распределение крупности в толще отложений). Размеры наибольшей частицы (длина, ширина, высота), относящейся к определенному снимку (кадру), также записываются в последней графе КГ-53а.

8.3.3.9. При наличии в русле наряду с крупными донными наносами больше 5—10% мелких частиц диаметром меньше 10 мм следует с каждой фотографируемой площадки лопаточкой отобрать пробу мелких наносов (300—500 г), упаковать ее в мешочек и направить в лабораторию для дальнейшего анализа. К пробе мелких частиц прилагается этикетка (табл. 8.3а), где указывается река — пункт, дата фотографирования, номер кадра, к которому относится проба мелких частиц, и номер мешочка.

8.3.3.10. Первичная обработка фотопленки (проявление, фиксирование), а по возможности и печатание снимков выполняются на станции. После обработки фотопленка, отпечатанные фотографии и мешочки с образцами мелких наносов (для дальнейшего анализа) с приложением к ним ведомости КГ-53а направляются в лабораторию.

Применение фотографического метода определения состава отложившихся наносов требует от исполнителя определенных навыков в обращении с фотоаппаратурой. Поэтому выполнение полевых работ на постах и производство первичной обработки фотопленки следует поручать одному специалисту станции.

8.3.3.11. В тех случаях, когда применение фотографического метода по каким-либо причинам затруднено, выполняется обмер частиц поверхностного слоя наносов на доступных для этого участках русла; согласно § 272, 273, 275—278 Наставления вып. 2, ч. II. Изложенными в указанных параграфах способами определяется процентное содержание фракций крупнее 10 мм. Запись определения состава наносов ведется в книжке КГ-53,

Таблица 8.3

Образец этикетки к пробе

а)

Река — пост	*р. Картан — В. Картан*
Дата	*15 сентября 1975 г.*
Место и способ определения состава	*Остров, 30 м ниже гидроствора, фотографирование*
Номер кадра	*18*
Номер мешочка с пробой мелких наносов	*4*
Наблюдатель	*Петров*

б)

Река — пост	*р. Быстрая — п. Холодный Ключ*					
Дата	*15 октября 1973 г.*					
Место и способ определения состава	*У левого берега, 20 м выше гидростзора, рама-сетка*					
Размеры фракций, мм	*>200*	*200—100*	*100—50*	*50—20*	*20—10*	*<10*
Содержание, %	—	*25,5*	*23,5*	*19,3*	*16,7*	*15,0*
Размеры наибольшей частицы, мм	*165×148×113*					
Номер мешочка с пробой мелких наносов	*6*					
Наблюдатель	*Иванов*					

где в примечании приводятся размеры (длина, ширина, высота) наибольшей частицы (валуна, гальки). При наличии в русле больше 5—10% частиц мельче 10 мм отбирается проба мелких наносов, упаковывается в мешочек и направляется в лабораторию для дальнейшего анализа с этикеткой, составленной по форме табл. 8.3б.

8.4. ЛАБОРАТОРНАЯ ОБРАБОТКА ПРОБ НАНОСОВ

8.4.1. Общие положения

Пробы наносов обрабатываются в два приема. Первичная обработка, заключающаяся в отделении твердых частиц наносов от воды, производится на посту согласно § 279—290 Наставления, вып. 2, ч. II. Вторичная обработка, заключающаяся в определении количества наносов в пробе и их гранулометрического состава, плотности частиц и плотности смеси наносов в естественном залегании, производится в лаборатории.

Данные о гранулометрическом составе наносов, плотности частиц донных наносов и плотности смеси наносов в естественном залегании подготавливаются непосредственно лабораторией к опубликованию в Гидрологическом ежегоднике.

8.4.2. Обработка проб наносов на посту

8.4.2.1. Для правильного проведения первичной обработки проб наносов станция должна обеспечить посты необходимыми приборами и оборудованием, создать соответствующие условия для работы и обратить внимание наблюдателя на специфику этих работ.

Помещение, где фильтруются пробы, должно содержаться в чистоте. Следует обучить наблюдателя бережному обращению с фильтрами, особенно при укладке их в воронку или на прибор Куприна, не допускать повреждения фильтра в процессе работ, так как это влечет за собой потерю в массе фильтра, а следовательно, и ошибку в определении мутности.

8.4.2.2. Для повышения точности фильтрования при большой мутности и облегчения работы наблюдателя станция должна обеспечить посты раствором хлористого кальция.

В пробах, предназначенных для определения мутности воды (но не крупности взвешенных наносов), при ожидаемой мутности более 200 г/м^3 рекомендуется предварительно производить коагулирование наносов добавлением в пробу 20-процентного раствора химически чистого хлористого кальция. Объем приливаемого раствора CaCl принимается из расчета 1 мл на 100 мл пробы. Гидрологическая станция приобретает 20-процентный раствор хлористого кальция в аптеке и перед половодьем или паводками рассылает его на посты.

8.4.2.3. Необходимо обучить наблюдателя правильно отсифонивать после отстоя осветленную от наносов воду так, чтобы не взмутить осадок. Если одна проба отстаивалась в нескольких сосудах, то она после отсифонивания тщательно собирается в один сосуд.

Посты необходимо снабдить простыми стеклянными или резиновыми сифонами с боковыми отверстиями в заборном наконечнике, закрытом снизу пробочкой.

8.4.2.4. Если проба взята на определение мутности воды, остаток пробы после отсифонивания осветленной воды ставится на фильтрование. При фильтровании проб через прибор Куприна, если величина мутности превышает 200 г/м^3, также рекомендуется применять предварительную коагуляцию, добавляя в пробу раствор хлористого кальция (Наставление, в. 2, ч. II, § 285).

8.4.2.5. Если проба взята на определение крупности наносов, после отстоя и отсифонивания остаток пробы в жидком виде переводят в бутылку, которая хорошо закупоривается резиновой пробкой, заливаемой сверху сургучом или парафином.

Следует иметь в виду, что некоторые пробы при хранении выделяют двуокись углерода и другие растворенные газы, что изменяет химический состав пробы и вызывает коагуляцию мелких частичек наносов. В результате этого могут возникнуть ошибки при определении крупности частиц. Поэтому необходимо пробы,

предназначенные для определения гранулометрического состава взвешенных наносов, консервировать несколькими каплями 10-процентного раствора формалина или хлороформа. В пробах, предназначенных для определения гранулометрического состава наносов, предварительная коагуляция посредством добавления раствора CaCl недопустима.

Для зимних проб остаток выпаривают и помещают в пакетик из восковой бумаги, заклеиваемый, чтобы проба не просыпалась.

8.4.2.6. После выполнения первичной обработки проб наносов с поста в лабораторию высылаются:

1) сухие фильтры с наносами для определения количества наносов на них (выделенных из единичных проб или проб, взятых при определении расходов взвешенных наносов, из контрольных единичных проб);

2) взвешенные наносы в бутылках или пакетиках, выделенные из проб, взятых при определении расходов взвешенных наносов и предназначенных для определения гранулометрического состава наносов;

3) части сухих проб влекомых наносов с частицами мельче 10 мм (см. п. 12.2.6.4) (там, где измеряются расходы влекомых наносов) для дальнейшего определения их количества и гранулометрического состава;

4) части сухих проб донных наносов с частицами мельче 10 мм (см. пп. 8.3.3.9 и 8.3.3.11) для дальнейшего определения их гранулометрического состава, плотности частиц наносов и плотности смеси наносов в естественном залегании.

8.4.3. Обработка проб наносов в лаборатории

8.4.3.1. В лаборатории производится:

1) взвешивание пустых фильтров;

2) взвешивание фильтров с наносами и вычисление количества наносов в пробах;

3) анализы гранулометрического состава взвешенных, влекомых и донных наносов;

4) определение плотности частиц наносов и плотности смеси наносов в естественном залегании;

5) контроль за работой на постах по первичной обработке проб наносов.

При наличии на гидрологической станции филиала лаборатории в ней производятся работы по пунктам 1, 2 и 5.

Методическое руководство и контроль за организацией и производством работ в лабораториях при станциях ведет лаборатория УГМС.

8.4.3.2. Для выполнения перечисленных в п. 8.4.3.1 работ с надлежащей точностью необходимы технически подготовленные исполнители и правильная организация лабораторных работ.

1. Помещение лаборатории должно быть светлым и просторным, оборудованным водопроводом и канализацией. Лабораторию следует обеспечить электроэнергией, нагревательными приборами, аппаратом для получения дистиллированной воды. Перечень оборудования для лабораторной обработки проб наносов приводится в приложении 10.

2. Чувствительные к температурным влияниям приборы и установки (весы аналитические, пипеточная установка, фракциометр, отстойники наносов) следует размещать вдали от источников одностороннего охлаждения и обогрева (прямые солнечные лучи, печи, двери и т. п.). Если нет отдельного помещения, нагревательные приборы следует устанавливать в вытяжном шкафу.

3. Во избежание воздействия внешних сотрясений аналитические весы, пипеточную установку и фракциометр следует укреплять на капитальной стене на прочном постаменте, изолированном от пола.

4. Необходимо обеспечивать при установке приборов вертикальное положение опорной колонки весов, стеклянной трубы фракциометра, пипетки и стеклянных цилиндров на пипеточной установке, отстойных сосудов для определений плотности смеси наносов.

5. Особое значение имеет технически правильная эксплуатация весового оборудования. Взвешивание на аналитических весах желательно проводить в отдельной весовой комнате, где обеспечивались бы условия постоянства температуры воздуха.

6. Важно соблюдать в помещении, где производятся анализы гранулометрического состава наносов пипеточным методом и на фракциометре, постоянный температурный режим, не допуская во время проведения анализа колебаний температуры воздуха, превышающих 5° С.

8.4.3.3. Взвешивания выполняются на аналитических весах с точностью до 0,0001 г и на химико-технических весах — до 0,01 г с помощью соответственно аналитических и технических разновесов в пределах максимальных нагрузок, указываемых в свидетельстве к аналитическим весам или клеймом на коромысле технических весов.

При пользовании весами следует строго соблюдать следующие правила:

1) весы и разновесы должны иметь свидетельства (аналитические весы) или клейма (технические весы) поверки. Через каждые 2 года весы и разновесы к ним должны проходить очередную поверку органами госнадзора. Весы и разновесы должны содержаться в абсолютной чистоте;

2) передняя дверца шкафчика аналитических весов открывается только при вытирании пыли. Взвешиваемый предмет и разновесы устанавливаются на чашки весов соответственно через левую и правую боковые дверцы. Разновесы при массовом взвешивании вынимаются из ящичка и помещаются на покровное

стекло в определенном порядке, после чего стекло ставится на подставку весов около правой чашечки. В шкафчике слева находится стаканчик с гранулированным (безводным) хлористым кальцием для поглощения парообразной влаги, имеющейся в воздухе внутри шкафчика;

3) абсолютно недопустимо брать разновесы пальцами; для этой цели служит пинцет;

4) взвешиваемое вещество помещается в стеклянный бюкс с притертой крышкой (фильтры, фильтры с наносами, пробы с частицами, взятые пипеткой), в открытые стеклянные бюксы или в фарфоровые чашки (фракции, выделенные на фракциометре, навески, отбираемые к анализам), в фарфоровые тигли с крышками (остатки минеральных частей от сжигания наносов);

5) бюксы с крышками, тигли с крышками, фарфоровые чашки должны быть пронумерованы и заранее взвешены; их масса периодически проверяется (не реже одного раза в месяц), для новых — чаще, чем для бывших в употреблении. Перед взвешиванием бюксы и тигли должны быть тщательно вымыты и высушены в сушильном шкафу. Взвешиваемые предметы должны предварительно принять комнатную температуру;

6) перед началом взвешивания нужно проверить положение равновесия ненагруженных весов, так как оно меняется от самых разнообразных причин;

7) разновесы и взвешиваемый предмет нужно класть в центральную часть чашки весов. Абсолютно недопустимо накладывать на чашки весов (или снимать с них) какой-либо груз при опущенном арретире. При нерабочем состоянии коромысло весов должно находиться в приподнятом положении.

Достижение равновесия на весах устанавливается по равенству откло ений стрелки весов на шкале от деления, соответствующего положению равновесия ненагруженных весов

8) масса используемых в работе бюксов и тиглей записывается в специальном журнале, где указывается дата периодической ее проверки;

9) поправки к аналитическим разновесам, указанные в свидетельстве поверки, вводятся только в случае, когда масса взвешиваемого предмета менее 0,01 г (например, если на фильтре масса осевшего на нем наноса менее 0,01 г).

8.4.4. Взвешивание пустых фильтров

8.4.4.1. Применяются специально изготовленные среднефильтрующие беззольные чистые фильтры диаметром 11—13 см. Эти фильтры приобретаются упакованными в пачки по 100 штук и снабженными фабричной маркой. Фильтры, изготовленные в СССР, имеют марку белой ленты, фильтры, изготовленные в ГДР — желтой.

Применение фильтров, изготовленных собственными средствами из фильтровальной бумаги, недопустимо.

8.4.4.2. Фильтр осторожно складывается вчетверо. На середине края четвертушки пишется порядковый номер фильтра простым карандашом, после чего фильтр кладется в стеклянный бюкс номером кверху.

Фильтры нумеруются в порядке взвешивания с начала до конца года, пишется номер фильтра и год (например, 1214 — 75, 103 — 76), а если фильтров расходуется меньше тысячи в год, то нумерация продолжается два года и более.

Фильтры в открытых бюксах сушатся в термостате при устойчивой температуре воздуха в нем в пределах 105—110° С в течение 2 ч. Бюкс ставится на полку термостата. Крышечка от бюкса кладется рядом с бюксом. По истечении 2 ч бюксы в термостате быстро накрываются крышечками (температура при открывании дверцы в термостате не должна снижаться ниже 90° С), затем они вынимаются из термостата и ставятся в эксикатор, где охлаждаются до комнатной температуры в течение 45 мин. Эксикатор ставится рядом с весами, на которых будет производиться взвешивание фильтров. Увеличивать время пребывания бюксов с фильтрами в эксикаторе сверх рекомендуемого времени охлаждения не допускается, так как это оказывает существенное влияние на точность определения массы фильтра.

Охлажденные бюксы с фильтрами (каждый бюкс с фильтром в отдельности) взвешиваются на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. Взвешивание пустых фильтров (а также фильтров с наносами) можно выполнять без введения поправок на разновесы.

При ограниченном количестве бюксов просушку и взвешивание пустых фильтров разрешается производить по две штуки (но не более) в каждом бюксе. В этих случаях вначале производится взвешивание обоих фильтров, а затем один из них быстро вынимается из бюкса и производится повторное взвешивание оставшегося фильтра. Такой прием взвешивания допустим при сухом воздухе в лаборатории.

8.4.4.3. Контрольные высушивания и взвешивания фильтров производятся для выявления достаточности удаления гигроскопической влаги, что устанавливается по достижении постоянства массы фильтров (разность допустима не свыше 0,001 г).

Для этого из каждой партии в 25 заготовленных фильтров предварительно отбирается один фильтр. Отобранные фильтры после 2-часовой сушки в термостате, охлаждения в эксикаторе и взвешивания подвергаются повторной сушке до получения постоянной массы. На повторное высушивание (желательно в тот же день) бюксы с фильтрами прямо из эксикатора устанавливаются в нагретый уже до 110° С термостат. Повторная сушка длится 1 ч. По охлаждении в эксикаторе бюксы с фильтрами вновь взвешиваются. Разность определения массы фильтра по первому и второму взвешиванию не должна превышать 0,001 г. Если вторичные массы фильтров легче первичных более чем на 0,001 г, то следует увеличить срок сушки всех фильтров этой партии.

8.4.4.4. После взвешивания фильтр вынимается из бюкса и вкладывается в отдельный конвертик из восковой бумаги. Пустой бюкс, бывший уже неоднократно в употреблении, обычно не взвешивается, так как занумерованные бюксы с крышечками имеют постоянную массу, которую необходимо иметь перед собой в заранее составленной табличке. Взвешивание пустых бюксов делается для контроля возможного уменьшения массы бюкса по мере его изнашивания (п. 8.4.3.3).

Взвешенные пустые фильтры лабораторией пересылаются на станции и посты.

8.4.5. Определение количества наносов в пробах

8.4.5.1. Пробы (образцы) взвешенных наносов поступают в лабораторию в бутылках с жидким осадком после отстоя или в полиэтиленовых мешочках и пакетах из восковой бумаги, если осадок выпарен; пробы влекомых и донных наносов, а также грунтов — в плотных матерчатых или полиэтиленовых мешочках после их просушки на воздухе. Все поступающие в лабораторию пробы регистрируются.

8.4.5.2. Взвешивание фильтров с наносами производится в том же порядке, что и пустых фильтров, но бюксы с фильтрами и наносами ставятся в термостат на 3 ч.

Если масса наноса на фильтре превышает 1 г, разрешается фильтр с наносами взвешивать на аналитических весах с точностью до 0,001 г.

Контрольные определения массы фильтра с наносом на полноту удаления гигроскопической влаги производятся только для фильтров с большим количеством наносов (более 3 г).

После взвешивания фильтр с наносом укладывается обратно в конвертик и хранится до опубликования Гидрологического ежегодника на случай возникновения в процессе обработки и анализа результатов наблюдений необходимости проверки массы наносов.

8.4.5.3. Данные, полученные в процессе определения массы наноса, заносятся в журнал взвешивания наносов и фильтров (КГ-51). В присланную с поста полевую книжку заносится из этого журнала масса наноса и соответствующий номер журнала. После этого полевая книжка (КГ-10) пересылается на станцию для дальнейшей обработки.

8.4.5.4. Органическая часть наноса, входящая в общую его массу, определяется для 30% измеренных расходов наносов. В этом случае все фильтры с наносами взвешиваются дважды, чтобы при обработке и анализе данных не возникло потребности в проверке массы наноса, которая будет уничтожена.

Если содержание органической части наносов определяется не сразу после взвешивания фильтра с наносами, надо все фильтры с наносами, относящиеся к одному и тому же расходу, взвесить

вместе в абсолютно сухом состоянии (п. 8.4.4.2), поместив их в одном или нескольких бюксах.

После определения массы фильтры с наносами данного расхода помещаются в заранее прокаленный и взвешенный фарфоровый тигель, сжигаются и прокаливаются в муфельной печи в течение 1—1,5 ч. Если имеется тигель большого размера, в нем можно сразу сжигать и прокаливать по нескольку фильтров, относящихся к одному и тому же расходу наносов.

Таблица 8.4

Определение минеральной и органической частей наносов

Дата взвешивания	Номер фильтров от — до	Номер бюкса	Масса в граммах до прокаливания: бюкса с фильтрами и наносами, 1-е взвешивание	бюкса с фильтрами и наносами, 2-е взвешивание	бюкса	фильтров	наносов
1	2	3	4	5	6	7	8
6/IV-76	*378 380*	*19*	*39,8223*	*39,8223*	*36,5817*	*1,8964*	*1,3442*

Дата взвешивания	Номер тигля	Масса в граммах после прокаливания: тигля с золой	тигля	золы фильтров	частей наносов: минеральной	органической	Содержание органических веществ, %	Примечание
9	10	11	12	13	14	15	16	17
10/IV-76	*4*	*41,1106*	*40,0151*	—	*1,0955*	*0,2487*	*18,5*	

Зола с тиглем остужается в эксикаторе и взвешивается на аналитических весах. Разность между полученной массой и массой тигля представляет массу минеральной части наноса. Из массы наноса вычитается масса его минеральной части, что дает массу органических веществ. Если зольность фильтра превышала 0,0001 г, то она должна вычитаться из массы золы в тигле.

Масса органической части наноса определяется суммарно со всех проб, относящихся к одному и тому же расходу наносов, и выражается в граммах и в процентном отношении к общей массе наносов на всех фильтрах.

8.4.5.5. Записи определений содержания минеральной и органической частей наносов ведутся по форме табл. 8.4 в журнале КГ-51 с соответствующим изменением наименования граф; на левой стороне журнала записываются массы фильтров с наносами перед укладкой их в тигли, на правой стороне — массы тиглей с золой.

Данные о процентном содержании органических веществ в наносах указываются в разделе «Принятые данные» полевой книжки КГ-6М, высылаемой на станцию.

8.4.5.6. Пробы взвешенных наносов, поступившие в бутылках или банках на определение крупности, перекладываются в бюксы или фарфоровые чашки известной массы и ставятся на водяную или песчаную баню для выпаривания воды, а затем остывшие на воздухе до комнатной температуры взвешиваются приближенно на химико-технических весах (с точностью до 0,1 г) в целях установления достаточности их количества для производства анализа крупности наносов пипеточным методом (п. 8.4.8.9). Масса наноса записывается на пакетике, в котором хранится нанос до его анализа.

Пробу влекомых наносов из пакета полностью перекладывают в фарфоровую чашку и в воздушно-сухом состоянии взвешивают на химико-технических весах с точностью до 0,01 г. Разность значений масс чашки с наносом и чашки даст массу уловленного наноса.

8.4.6. Определение гранулометрического состава наносов

8.4.6.1. Определение гранулометрического состава взвешенных, влекомых и донных наносов заключается в подготовке образца к анализу, проведении анализа и в обработке его результатов.

Способы подготовки и методы анализа наноса видоизменяются в зависимости от диапазона и преобладания определенных размеров частиц в образце, исходя из естественного состояния наносов в речной воде (микроагрегатного) и учитывая физические свойства различных фракций частиц наносов.

Для анализа речных наносов применяется классификация частиц по их размерам, приведенная в табл. 8.5.

8.4.6.2. Анализы выполняются в зависимости от крупности частиц наносов соответствующими методами: пипеточным, фракциометра, ситовым и простым обмером частиц (рис. 8.3). Для разнородных по крупности образцов эти методы применяются в ком-

Таблица 8.5

Классификация частиц наносов по размерам

Подфракция	Диаметр частиц, мм						
	валуны	галька	гравий	песок	пыль	ил	глина
Крупные	1000—500	100—50	10—5	1—0,5	0,1—0,05	0,01—0,005	<0,001
Средние	500—200	50—20	5—2	0,5—0,2	—	—	—
Мелкие	200—100	20—10	2—1	0,2—0,1	0,05—0,02	0,005—0,001	—

бинации друг с другом (например, пипетка — фракциометр, сита — фракциометр, обмер — сита — фракциометр). Определение крупности наносов пипеточным методом или другими в комбинации с пипеточным методом применяется к тем образцам (пробам), в которых смоченный нанос при растирании его на ладони оставляет мазки, не сдувающиеся после подсыхания.

Взвешенные наносы анализируются комбинированным методом пипетка — фракциометр с подразделением частиц до 0,001 мм. Анализы мелкозернистой части влекомых и донных наносов пипеточным методом также выполняются с подразделением частиц на фракции до 0,001 мм.

Рис. 8.3. Применение методов анализа в зависимости от крупности частиц.

8.4.6.3. Для производства гранулометрических анализов требуется следующее количество наносов:

1) пипеточным и комбинированным методом пипетка — фракциометр для анализа до крупности частиц 0,001 мм — 0,5—5,0 г;

2) методом фракциометра — 0,5—2,0 г;

3) ситовым и комбинированным методом сита — фракциометр;

однородных по крупности песков — 100—200 г;

гравелистых песков — 300—500 г;

галечно-гравелистых песков — 500—700 г.

8.4.6.4. Для определения плотности частиц донных наносов, плотности смеси наносов в естественном залегании и содержания в донных наносах гигроскопической влаги требуется дополнительное количество образца:

а) 70 г — мелкого состава (с преобладанием частиц мельче 0,1 мм);

б) 100 г — среднего (с преобладанием частиц от 0,1 до 1,0 мм);

в) 200 г — крупного (с наличием частиц крупнее 1 мм);

г) 300 г — очень крупного (с наличием частиц крупнее 10 мм).

8.4.7. Подготовка образца к анализу

8.4.7.1. При наличии растительных остатков образец взвешивается на технических весах. Затем из него пинцетом удаляются растительные остатки и также взвешиваются. Определяется процентное содержание в образце органических включений. Запись

этих определений ведется в графе примечаний журнала гранулометрического анализа (КГ-54). На гранулометрический анализ поступает освобожденная от инородных включений минеральная часть образца.

8.4.7.2. Навески проб на анализ берутся после размельчения больших агрегатов. Если масса образца превышает требуемую навеску, из него предварительно отбирается средняя проба. Отбор средней пробы для песчано-гравелистых наносов выполняется квартованием. С этой целью проба рассыпается на листе бумаги, тщательно перемешивается шпателем или совочком, разравнивается слоем примерно в 1 см, затем насыпается в виде конуса, вновь разравнивается и опять перемешивается. После двух-трехкратного перемешивания конус разделяется ножом на четыре примерно равные части, из которых берется одна или две части (в зависимости от массы каждой пробы). Если необходима меньшая навеска, то одна четвертая часть пробы опять подвергается квартованию.

8.4.7.3. При механической подготовке взятой к анализу пробы гравелисто-галечных и песчаных влекомых и донных наносов имеющиеся комочки растираются в воздушно-сухом состоянии пальцами.

При наличии частиц крупнее 1мм образец после растирания крупных агрегатов поступает на анализ ситовым методом и просеивается через набор сит с отверстиями 1 мм и крупнее. Из частиц меньше 1 мм отбирается по правилу средней пробы необходимая навеска для анализа методом фракциометра или комбинированным методом пипетка—фракциометр. Для заиленных песчаных образцов донных наносов (заиленность определяется перед взятием навески визуально по остающимся на ладони мазкам влажной пробы) навеска размачивается в дистиллированной воде в течение одних суток, после чего тщательно растирается (резиновым пестиком или пальцем в резиновом напалечнике) в фарфоровой чашке.

8.4.7.4. Илистые и глинистые донные наносы подвергаются более тщательной механической подготовке. Навеска мелких частиц (0,5—5,0 г) взвешивается на аналитических весах, размачивается в фарфоровой чашке в течение двух суток, залитая 10—20 мл дистиллированной воды.

После размачивания навеска растирается резиновым пестиком с добавлением нескольких капель 25-процентного раствора аммиака (NH_4OH). Густая суспензия постепенно сливается из чашки в однолитровую коническую колбу. Колба дополняется дистиллированной водой до объема в 300—500 мл, затем добавляется 0,5—1,0 мл 25-процентного раствора аммиака, в горлышко вставляется резиновая или корковая пробка с обратным холодильником (для конденсации паров воды) и колба ставится на кипячение в течение 1 ч. Если аммиак не добавляется, кипячение продолжается 3 ч.

По окончании кипячения проба остужается до комнатной температуры и переводится для анализа в цилиндр пипеточной установки.

8.4.7.5. Содержание гигроскопической влаги определяется для донных наносов, в которых может присутствовать значительное количество илистых и глинистых частиц, следующим путем.

Из образца наносов, просеянного через сито с отверстиями 1 мм, отбирается навеска 1,0—1,5 г. Масса наносов в воздушно-сухом состоянии (m_0) определяется на аналитических весах в заранее взвешенном бюксе (m_1). Бюкс с пробой в открытом виде помещается в термостат и выдерживается 5 ч при температуре 105—110° С, крышечка бюкса ставится там же рядом. По окончании срока сушки бюкс с пробой быстро закрывается крышечкой внутри термостата, охлаждается в эксикаторе в течение 45 мин и после охлаждения взвешивается на аналитических весах (m_2).

Уменьшение массы бюкса с пробой равно массе гигроскопической влаги в граммах и вычисляется в процентах от навески в абсолютно сухом состоянии

$$\frac{m_0 - m}{m} \cdot 100 = e,$$

где $m = m_2 - m_1$ — масса наносов в абсолютно сухом состоянии.

Процентное содержание гигроскопической влаги ($e\%$) учитывается при пересчете массы навески в воздушно-сухом состоянии на массу ее в абсолютно сухом состоянии при выполнении анализа пипеточным методом, при вычислении содержания органических веществ, при определении плотности частиц наносов, а также при определении водно-растворимых солей в глинистых донных наносах поймы.

8.4.7.6. Отмывка навески от водно-растворимых солей производится для засоленных глинистых донных наносов с поймы, чтобы при анализе не произошла коагуляция частиц под влиянием электролитов, попадающих в водную среду, в которой ведется анализ пипеточным методом.

Предварительно делается опробование наноса на коагуляцию частиц. Специальная навеска массой около 2 г растирается в фарфоровой чашке резиновым пестиком с 4—6 мл дистиллированной воды, кипятится после добавления 25 мл дистиллированной воды в течение 5—10 мин, затем содержимое фарфоровой чашки охлаждается и сливается через воронку в стеклянную пробирку емкостью около 30 мл. Если суспензия в пробирке коагулирует (верхняя часть осадка рыхлая, хлопьевидная), то взятая на анализ навеска перед кипячением отмывается от водно-растворимых солей. Отмывка навески от водно-растворимых солей производится следующим образом. Навеска массой 5—10 г, взвешенная на аналитических весах, промывается методом автоматического фильтрования на бумажном фильтре дистиллированной водой до полного удаления водно-растворимых солей. Окончание промывки определяется по отсутствию реакции в фильтрате на ионы хлора и сульфатионы в отдельных пробирках, куда наливают немного фильтрата и добавляют в одну азотнокислое серебро $AgNO_3$, а в дру-

гую — хлористый барий $BaCl_2$. Весь фильтрат в объеме 1—2 л собирают в одну колбу и после перемешивания из нее берут две пробы по 100 мл. Пробы выпариваются в бюксах, высушиваются в термостате при 105—110° С в течение 2—3 ч, охлаждаются в эксикаторе в течение 30 мин и взвешиваются. Вычисляется среднее значение массы водно-растворимых солей m_c во всем объеме фильтрата W (мл):

$$m_c = 0{,}005W(m_1 + m_2),$$

где m_1 и m_2 — массы солей в каждой из проб, г.

Затем определяется чистая масса отмытого наноса, идущего на анализ:

$$m = m_0 - m_c - m_e,$$

где m_0 — навеска в воздушно-сухом состоянии, поступившая на отмывку солей; m_e — масса гигроскопической влаги в навеске, которая определяется путем пересчета процентного содержания ее в образце на массу относительно навески m_0; m_c — масса вымытых из навески солей.

После промывки воронка с фильтром и остатками навески вставляется в однолитровую коническую колбу, фильтр в вершине конуса прокалывается стеклянной палочкой и наносы через отверстие смываются в колбу чистой дистиллированной водой. Затем колба дополняется дистиллированной водой до 300—500 мл и после добавления 0,5—1,0 мл 25-процентного раствора аммиака ставится на кипячение в течение 1 ч.

8.4.8. Выполнение гранулометрического анализа

8.4.8.1. Гранулометрический анализ проб наносов заключается в определении процентного содержания частиц различных фракций и геометрических размеров самой крупной частицы в пробе.

Разделение крупных частиц на фракции производится непосредственно по их диаметру путем фотографирования или обмера ($d > 10$ мм) или ситовым методом ($d = 1 \div 10$ мм), а частиц мельче 1 мм — по гидравлической крупности (пипеточным методом и методом фракциометра).

8.4.8.2. Гидравлическая крупность частиц переводится в их диаметр с помощью таблиц 8.6 или 8.7, в которых показаны соотношения между нормальной гидравлической крупностью (при $t = 15°$ С) и диаметром частиц (при среднем, наиболее часто встречающемся коэффициенте их формы [1] $\Theta = 0{,}75$) по принятой шкале.

---

[1] Коэффициент формы частицы определяется по специальному заданию. Он вычисляется по формуле $\Theta = \frac{d^2}{ab}$, где d — диаметр равновеликого шара; a и b — соответственно длина и ширина частицы.

Таблица 8.6

Соотношение между диаметром и гидравлической крупностью частиц наносов

Диаметр, мм	Гидравлическая крупность, м/с	Диаметр, мм	Гидравлическая крупность, м/с
0,001	0,0000008	1,2	0,128
0,005	0,00002	1,5	0,154
0,01	0,00008	1,8	0,177
0,05	0,00195	2,0	0,192
0,1	0,0061	2,2	0,204
0,2	0,0174	2,5	0,221
0,5	0,0555	3,0	0,242
1,0	0,110		

В лабораторных условиях температура суспензии в цилиндрах пипеточной установки и во фракциометре часто отличается от 15° С; переход от фактической к нормальной гидравлической крупности частиц в зависимости от температуры суспензии осуществляется путем умножения фактической гидравлической крупности на температурный поправочный коэффициент k_t (табл. 8.8).

8.4.8.3. Перед анализом любым методом образец осматривается и из него выбирается самая крупная частица. Если она крупнее

Таблица 8.7

Связь между временем падения частицы во фракциометре и гидравлической крупностью

Время прохождения частицей расстояния 1400 мм, с	Гидравлическая крупность при $t = 15°$ С, м/с	Диаметр частиц, мм	Время прохождения частицей расстояния 1400 мм, с	Гидравлическая крупность при $t = 15°$ С, м/с	Диаметр частиц, мм
1	2	3	1	2	3
5,8	0,242	3,0	9,2	0,154	1,5
5,9	0,238	2,9	9,7	0,146	1,4
6,0	0,235	2,8	10,2	0,137	1,3
6,1	0,230	2,7	10,9	0,128	1,2
6,2	0,226	2,6	11,8	0,119	1,1
6,3	0,221	2,5	12,7	0,110	1,0
6,5	0,215	2,4	14,0	0,099	0,9
6,6	0,212	2,3	16,0	0,088	0,8
6,9	0,204	2,2	18,0	0,078	0,7
7,1	0,198	2,1	21,0	0,067	0,6
7,3	0,192	2,0	25,0	0,056	0,5
7,6	0,185	1,9	33,0	0,043	0,4
7,9	0,177	1,8	45,0	0,031	0,3
8,3	0,170	1,7	82,0	0,017	0,2
8,7	0,162	1,6	230	0,0061	0,1

Таблица 8.8

Поправочные коэффициенты k_t к гидравлической крупности в зависимости от температуры

d, мм	$t°$ С					
	2,5—7,5	7,6—12 5	12,6—17,5	17,6—22,5	22,6—27,5	27,6—32,5
2,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,5	1,06	1,03	1,00	0,96	0,93	0,90
1,0	1,15	1,07	1,00	0,93	0,88	0,82
0,5	1,24	1,11	1,00	0,90	0,83	0,76
0 2	1,30	1,14	1,00	0,88	0,80	0,73
0,1	1,32	1,15	1,00	0,88	0,79	0,72
0,05	1,34	1,15	1,00	0,88	0,79	0,71

3 мм, измеряются три ее основных размера (a — длина, b — ширина, c — высота). Если самая крупная частица меньше 3 мм, ее диаметр определяется по гидравлической крупности. Определение диаметра наибольшей частицы по гидравлической крупности производится в процессе анализа всей навески на фракциометре (см. пп. 8.4.8.6 — 8.4.8.8) и заключается в фиксировании по секундомеру времени прохождения самой крупной частицей, которая падает впереди других, нижней метки, сделанной на цилиндрической части трубы фракциометра.

Гидравлическая крупность частицы находится делением расстояния между верхней и нижней метками фракциометра (путь падения частицы) на продолжительность падения и выражается в метрах в секунду.

Для нахождения гидравлической крупности частицы по времени ее падения во фракциометре и для последующего определения диаметра частицы по гидравлической крупности следует пользоваться табл. 8.7. Данные граф 2 и 3 соответствуют температуре воды во фракциометре, равной 12,5—17,5° С. При иной температуре воды во фракциометре частицы одинакового диаметра будут падать быстрее (если $t > 17{,}5°$ С) или медленнее (если $t < 12{,}5°$ С). В этих случаях полученная по табл. 8.7 гидравлическая крупность частицы исправляется путем умножения на коэффициент, соответствующий температуре, при которой ведется анализ (см. табл. 8.8), и затем по исправленному значению гидравлической крупности по той же табл. 8.7 находится диаметр частицы.

Для частиц диаметром меньше 0,1 мм (гидравлическая крупность $< 0{,}0061$ м/с) наибольшая крупность не определяется, например, в случае анализа наносов только пипеточным методом (без фракциометра и сит).

8.4.8.4. Анализ образца, в котором имеются частицы крупнее 10 мм, производится путем измерения трех характерных размеров каждой частицы (длина, ширина, высота) или на грохотах с приме-

нением самодельных калибров. Предварительно вся проба взвешивается на технических весах, затем просеивается через сито с отверстиями 10 мм. При наличии в пробе более 10% частиц крупнее 10 мм необходимо подразделить их на фракции 20—10 мм, 50—20 мм и т. д.

Для удобства выполнения обмера частиц крупнее 10 мм рекомендуется изготовить приспособление из трех взаимно перпендикулярных плоскостей прозрачного оргстекла (рис. 8.4) с нанесением градуировки через 10 мм (первые десять миллиметров градуируются через 1 мм).

Рис. 8.4. Приспособление для обмера частиц наносов.

Группировка частиц по фракциям производится на основании двух меньших размеров (ширины и высоты), так как именно эти размеры, а не длина, лимитируют попадание частицы в ту или иную фракцию.

Масса каждой фракции определяется на технических весах, затем вычисляется процентное содержание частиц в каждой из принятых градаций и общий процент наносов менее 10 мм. Записи определений крупных фракций производятся в журнале КГ-53.

Сумма масс выделенных фракций не должна отличаться от массы всей пробы более чем на 1%.

Часть пробы с наносами мельче 10 мм далее анализируется ситовым методом.

8.4.8.5. Ситовой метод может применяться как самостоятельный для частиц от 10 до 1 мм и как дополнительный в тех случаях, когда основными методами анализа являются гидравлические методы (пипетка или пипетка — фракциометр) или метод обмера (фотографирование, грохота). Ситовым методом выделяются фракции 10—5, 5—2, 2—1 и <1 мм. Навеска, подготовленная соответ-

ствующим образом, просеивается в воздушно-сухом состоянии через набор сит с отверстиями 10, 5, 2 и 1 мм (рис. 8.5). Выделенные на ситах частицы, а также застрявшие в отверстиях па данном сите относятся к фракции, нижней границей которой принимается диаметр отверстия этого сита, а верхней — диаметр следующего по номеру более крупного сита.

Продолжительность просеивания устанавливается по прекращению проскакивания частиц через отверстия каждого сита, но не должна превышать 20 мин. В результате анализа ситовым методом сумма масс отдельных выделенных фракций может отличаться

Рис. 8.5. Набор сит.

от взятой навески не более чем на 0,5%. Эта невязка разбрасывается пропорционально массе фракций. Окончательная сумма процентного содержания отдельных фракций должна равняться 100%.

8.4.8.6. Метод фракциометра может применяться в двух случаях:

1) как самостоятельный для частиц от 1,0 мм до 0,05 мм;

2) при комбинированных методах сита — фракциометр, пипетка — фракциометр — для частиц тех же размеров. Методом фракциометра выделяются фракции 1—0,5; 0,5—0,2; 0,2—0,1; 0,1—0,05 и $< 0,05$ мм. При наличии в образце частиц крупнее 1 мм они предварительно просеиваются на ситах. Величина навески на анализ берется в пределах 0,5—2,0 г. Если образец очень мал, может быть допущена навеска массой до 0,25 г. Взвешивание навески и фракций производится на аналитических весах (до 0,0001 г). Взятая навеска в фарфоровой чашке смачивается чистой водой и осторожно растирается резиновым пестиком в течение 3—5 мин до состояния жидкой кашицы.

Перед анализом фракциометр (рис. 8.6) медленно наполняется чистой пресной водой, растекающейся по внутренней стенке стеклянной трубы (во избежание образования воздушных пузырьков на стенках), до верхней метки, выше которой оставляется место для введения анализируемого образца (описание фракциометра см. в приложении 11). Зажимы фракциометра оставляются открытыми. К анализу приступают спустя 5—10 мин с тем, чтобы успокоилась вода во фракциометре и выравнялась ее температура, измеряемая по истечении этого времени с точностью до 0,1° С.

8.4.8.7. Растертую в чашке пробу переводят в маленькую коническую колбочку, встряхивают, закрыв горлышко большим пальцем или резиновой пробочкой на проволочной дужке, затем, быстро перевернув, вливают пробу во фракциометр, одновременно пуская секундомер и следя за падением самой крупной частицы.

В момент прохождения первой частицы через нижнюю метку не останавливая секундомера, фиксируют время прохождения частицей расстояния между верхней и нижней метками для определения наибольшей крупности.

Сроки закрывания зажимов для выделения установленных фракций определяются в зависимости от температуры воды во фракциометре по табл. 8.9.

По окончании анализа под фракциометр подставляется стеклянный бюкс и отделяется нижняя пробирка, содержимое которой смывается в чашку с помощью промывалки. Затем под фракциометр подставляется второй бюкс, открывается зажим *1* и отделяется трубка, заключенная между зажимами *1* и *2*. Частицы, осевшие на стенках отделенной трубки, смываются в тот же бюкс. Подобным же образом извлекаются частицы, осевшие в трубках между зажимами *2* и *3*, *3* и *4*.

8.4.8.8. Стеклянные бюксы с наносами разных фракций ставятся на водяную или песчаную баню для выпаривания воды, а затем взвешиваются при воздушно-сухом состоянии наносов.

Последней фракцией при анализах на фракциометре является суммарное содержание в навеске частиц мельче 0,05 мм, количество которых определяется по разности между массой взятой навески и суммой масс всех фракций, выделенных на фракциометре. Массы фракций перечисляются в проценты от взятой навески.

8.4.8.9. Для анализа комбинированным методом пипетка — фракциометр требуется навеска массой 0,5—5,0 г. Если масса образца менее 0,5 г, то анализ комбинированным методом выполняется, но при этом в журнале КГ-54 делается примечание. Анализ на пипеточной установке выполняется с выделением четырех

Рис. 8.6. Фракциометр ГР-82.

1—4 — зажимы.

Таблица 8.9

Сроки закрывания зажимов фракциометра ГР-82

Фракции, мм	Расстояние до зажима, см	Температура воды, °С					
		2,5—7,5	7,6—12,5	12,6—17,5	17,6—22,5	22,6—27,5	27,6—32,5
1,0—0,5	188	42 с	38 с	34 с	31 с	29 с	26 с
0,5—0,2	172	2 мин 08 с	1 мин 52 с	1 мин 39 с	1 мин 27 с	1 мин 19 с	1 мин 12 с
0,2—0,1	162	5 мин 52 с	5 мин 06 с	4 мин 26 с	3 мин 52 с	3 мин 31 с	3 мин 11 с
0,1—0,05	153	17 мин 28 с	15 мин 00 с	13 мин 05 с	11 мин 30 с	10 мин 16 с	9 мин 16 с

Таблица 8.10

Сроки отбора проб пипеткой в зависимости от температуры суспензии в цилиндрах ПИ-22

Наибольший диаметр частиц в пробе, мм	Глубина взятия пробы, см	Температура воды, °С					
		2,5—7,5	7,6—12,5	12,6—17,5	17,6—22,5	22,6—27,5	27,6—32,5
0,05	10	63 с	57 с	51 с	46 с	40 с	36 с
0,01	10	28 мин 00 с	24 мин 30 с	21 мин 20 с	18 мин 40 с	16 мин 40 с	15 мин 09 с
0,005	10	1 ч 50 мин	1 ч 36 мин	1 ч 23 мин	1 ч 12 мин	1 ч 07 мин	1 ч 00 мин
0,001	5	23 ч 47 мин	20 ч 27 мин	17 ч 47 мин	15 ч 35 мин	13 ч 53 мин	12 ч 38 мин

фракций 0,05—0,01; 0,01—0,005; 0,005—0,001 и <0,001 мм. Анализ комбинированным методом состоит из взятия навески в воздушно-сухом состоянии (из выделенной через сито в 1 мм части образца, если в нем были частицы крупнее 1 мм), ее механической подготовки (см. п.п. 8.4.7.1—8.4.7.3) и в подразделении частиц на фракции в зависимости от их крупности путем отбора проб пипеткой с последующим подразделением на фракции частиц крупнее 0,05 мм на фракциометре.

Анализы пипеточным методом осуществляются с помощью пипеточной установки (рис. 8.7), позволяющей быстро и точно производить анализ шести образцов (описание пипеточной установки см. в приложении 11).

8.4.8.10. После кипячения (см. п. 8.4.7.4) охлажденная до комнатной температуры взмученная суспензия переводится из колбы в пустой одноштровый цилиндр диаметром 5—6 см. Стенки колбы промываются дистиллированной водой до полного перевода частиц в цилиндр, затем в него доливается дистиллированная вода комнатной температуры до метки[1] (1 л), смесь энергично взбалтывается мешалкой, после чего суспензия оставляется на 15—20 мин для выравнивания температуры.

Рис. 8.7. Пипеточная установка ПП-22.

1 — основание; *2* — мешалка; *3* — столик; *4* — стержень; *5* — кронштейн; *6* — крестовина; *7* — аспираторные сосуды; *8* — смывной сосуд; *9* — кран пипетки; *10* — держатель пипетки; *11* — пипетка; *12* — вертикальный стержень кронштейна; *13* — цилиндры.

Приступая к анализу, измеряют температуру чистой воды в контрольном цилиндре с точностью до 0,1° С и по табл. 8.10. определяют сроки отбора проб пипеткой. Суспензию в цилиндре тщательно взбалтывают специальной мешалкой (движениями вверх и вниз, но не допуская разбрызгивания суспензии и образования пузырьков воздуха). В момент окончания взбалтывания мешалка вынимается из цилиндра и включается секундомер; с этого момента ведется счет времени для отбора пипеткой первой пробы. При отборе второй, третьей и четвертой проб каждый раз

[1] Допускается отклонение емкости цилиндра и суспензии в нем до 900 и 1200 мл (при обязательном учете действительной емкости).

суспензия вновь взбалтывается мешалкой и ведется свой счет времени по секундомеру. Первая (частицы < 0,05 мм), вторая (частицы < 0,01 мм) и третья пробы (частицы < 0,005 мм) берутся пипеткой с глубины 10 см, четвертая проба (частицы < 0,001 мм) — с глубины 5 см. Глубина последующих проб определяется от понижающегося уровня суспензии. Все пробы берутся стандартной пипеткой Мора (25 мл) путем засасывания суспензии с помощью вакуума. Объем взятой пробы отсчитывается с точностью до 0,1 мл по шкале, изготовленной при калибровке пипетки в лаборатории. Шкала вычерчивается на миллиметровой бумаге и наклеивается на верхнюю трубку пипетки так, чтобы при заполнении пипетки пробой было видно положение уровня суспензии. Взятая пипеткой проба полностью переносится в пронумерованный и взвешенный бюкс.

8.4.8.11. При выполнении на пипеточной установке нескольких анализов рекомендуется придерживаться следующего порядка работ. При отборе первой пробы отсчет времени по секундомеру ведется отдельно для каждого цилиндра (образца). При отборе второй пробы ведется единый счет времени (не выключая секундомера) для всех цилиндров, при этом суспензия в каждом из них взбалтывается последовательно через определенные интервалы времени (например, через 3 мин). Закончив взбалтывание суспензии в последнем цилиндре, лаборант готовится к отбору второй пробы из первого цилиндра (см. табл. 8.10); затем в той же последовательности (с интервалом в 3 мин) производится отбор проб во всех остальных цилиндрах.

Таким же образом ведется счет времени и при отборе третьей и четвертой проб в цилиндрах.

8.4.8.12. Все пробы выпариваются досуха на бане. Если в анализируемом образце содержатся преимущественно илисто-глинистые частицы, выпаренные пробы дополнительно просушиваются в термостате в течение 2—3 ч при температуре 105—110° С и охлаждаются в эксикаторе 45 мин. Бюксы с пробами взвешиваются на аналитических весах. При контрольном взвешивании выборочных проб разность между двумя взвешиваниями не должна превышать 0,001 г.

8.4.8.13. После отбора пипеткой положенных проб оставшаяся в цилиндрах суспензия взбалтывается мешалкой и оставляется на отстой в течение 3 мин, после чего частично осветленный слой воды с оставшимися во взвеси частицами мельче 0,05 мм осторожно сливается с помощью резинового шланга.

В цилиндре оставляется слой суспензии 7—8 см. Этот процесс повторяется 3 раза. Полного удаления частиц < 0,05 мм добиваться не следует; важно удалить излишнее их количество, которое может затруднить правильное подразделение песчаных частиц на фракциометре.

Остаток суспензии с частицами > 0,05 мм тщательно переводится из цилиндра в коническую колбочку емкостью 50 мл для

Таблица 8.11

Образец записи в журнале КГ-54 при выполнении анализа методом пипетка—фракциометр

№ п/п	Порядок записи	Навеска в воздушно-сухом состоянии / в абсолютно сухом состоянии	Фракциометр: диаметр фракции, мм				Пипетка: пробы / диаметр фракции, мм				Примечания
			1—0,5	0,5—0,2	0,2—0,1	0,1—0,05	<0,05 / 0,05—0,01	<0,01 / 0,01—0,005	<0,005 / 0,005—0,001	<0,001	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	№ бюкса	*89*	*4*	*15*	*9*	*83*	*28*	*36*	*45*	*17*	
2	Масса бюкса с наносом, г	*25,1472*	*22,1108*	*12,6672*	*13,1737*	*13,4756*	*30,1447*	*23,1210*	*31,9813*	*30,2143*	
3	Масса бюкса, г	*21,5800*	*22,0703*	*12,6220*	*12,8968*	*13,0663*	*30,0753*	*23,0860*	*31,9608*	*30,2061*	
4	Масса наноса в пипетке, г						*0,0694*	*0,0350*	*0,0205*	*0,0082*	*Сумма масс фракций после анализа*
5	Объем пробы в пипетке, мл						*25,0*	*25,2*	*25,1*	*25,4*	
6	Масса наноса в суспензии, г						*2,7760*	*1,3889*	*0,8167*	*0,3228*	
7	Масса наноса фракции, г	*3,6028 / 3,5672*	*0,0405*	*0,0452*	*0,2769*	*0,4088*	*1,3871*	*0,5722*	*0,4939*	*0,3228*	*3,5474 г*
8	Относительное содержание, %	*100*	*1,1*	*1,3*	*7,8*	*11,5*	*39,1*	*16,1*	*14,0*	*9,1*	*Ошибка анализа —0,0198 г или —0,6%*

Таблица 8.12

Переходные коэффициенты (k) от объема пробы в пипетке (c) к объему всей суспензии в цилиндре (b)

c, мл	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
				b = 1000 мл						
24	41,6667	41,4938	41,3223	41,1523	40,9836	40,8163	40,6504	40,4858	40,3226	40,1606
25	40,0000	39,8406	39,6825	39,5257	39,3701	39,2157	39,0625	38,9105	38,7597	38,6100
26	38,3142	38,3142	38,1679	38,0228	37,8788	37,7358	37,5940	37,4532	37,3134	37,1747
				b = 1200 мл						
24	50,0000	49,7925	49,5867	49,3827	49,1803	48,9795	48,7804	48,5829	48,3870	48,1927
25	48,0000	47,8087	47,6190	47,4308	47,2440	47,0588	46,8750	46,6926	46,5116	46,3320
26	46,1538	45,9770	45,8015	45,6273	45,4545	45,2830	45,1127	44,9438	44,7761	44,6096

дальнейшего подразделения их на фракциометре (см. пп. 8.4.8.6—8.4.8.8). После высушивания на бане масса каждой фракции определяется в воздушно-сухом состоянии на аналитических весах с точностью до 0,0001 г.

8.4.8.14. Количество отобранных пипеткой и выделенных на фракциометре наносов и их процентное содержание относительно взятой навески вычисляется по ходу анализа в журнале КГ-54 (табл. 8.11).

Масса наноса в пипетке (строка 4) умножается на переходный коэффициент от объема пипетки к объему всей суспензии в цилиндре; полученный результат — масса наноса в суспензии — записывается в строку 6. Переходный коэффициент $k = \frac{b}{c}$, где b — объем суспензии в цилиндре, c — объем пробы в пипетке. Для удобства вычислений рекомендуется пользоваться вспомогательной табл. 8.12. Чтобы получить массу наносов в каждой отдельной фракции 0,05—0,01; 0,01—0,005; 0,005—0,001 мм и суммарную массу частиц мельче 0,001 мм (строка 7), надо произвести последовательное вычитание из массы в суспензии частиц $<0,05$ мм массу частиц $<0,01$ мм (строка 6, графа 8 минус графа 9), затем из последней массы вычитается количество наносов $<0,005$ мм (строка 6, графа 9 минус графа 10) и т. д. Результаты последовательных вычитаний записываются в строке 7 (графы 8—11).

Масса более крупных фракций вычисляется непосредствен-

но после выполнения анализа на фракциометре и взвешивания бюксов с наносами. Сумма полученных масс всех выделенных на фракциометре и пипетке фракций не должна отличаться от массы, взятой на анализ навески больше чем на ± 3,0%. Если расхождение превышает 3%, анализ повторяется более тщательно на вновь взятой навеске. Невязка менее 3% разбрасывается пропорционально массе отдельных фракций. Поправка вычитается в случае когда невязка со знаком плюс и прибавляется, когда невязка со знаком минус. При анализе илисто-глинистых донных наносов принимается исходная масса абсолютно сухой навески (см. п. 8.4.7.5).

В приведенном примере (см. табл. 8.11) расчет произведен, исходя из навески в абсолютно сухом состоянии равной 3,5672 г.

Сумма полученных в результате анализа масс фракций отличается от навески на 3,5474 — 3,5672 = —0,0198 г, что составляет ошибку, допущенную при анализе, —0,6% (см. графу 12 табл. 8.11). Этой ошибкой пренебрегаем, так как она находится в пределах ± 3%. Невязку уничтожаем введением поправки, равной +0,0198 г, приблизительно пропорционально массам отдельных фракций. Процентное содержание каждой фракции определено относительно взятой на анализ навески. Если в образце наносов имеются частицы крупнее 1 мм, следует сделать пересчет процентного содержания мелких наносов, определенного методом пипетка — фракциометр относительно массы всего образца (см. п. 8.4.12.1).

8.4.9. Определение содержания органических веществ в донных наносах

8.4.9.1. Определение органической части производится для тех образцов донных наносов, в которых мелкие частицы (< 0,1 мм) составляют по массе более 70%.

Для определения органической составляющей из взятого образца отбирается навеска около 1 г, помещается в заранее прокаленный и взвешенный фарфоровый тигель, взвешивается на аналитических весах с точностью до 0,0001 г, затем сжигается и прокаливается в муфельной печи в течение 1—1,5 ч. После прокаливания тигель с золой остужается в эксикаторе 45 мин и опять взвешивается на аналитических весах.

8.4.9.2. Содержание органических веществ вычисляется в процентах от массы абсолютно сухой навески:

$$z = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100.$$

Здесь m_1 — масса золы после прокаливания; m — масса абсолютно сухой навески, вычисляемой по формуле

$$m = \frac{100 m_0}{100 + e},$$

где m_0 — масса воздушно-сухой навески; e — содержание гигроскопической влаги в процентах (п. 8.4.7.5).

8.4.10. Определение плотности частиц наносов и плотности смеси наносов в естественном залегании

8.4.10.1. Плотность частиц наносов представляет собой отношение массы частиц наносов к их объему в твердом теле без пор; она зависит от минералогического состава наносов, выражается в килограммах на кубический метр.

Плотность смеси наносов в естественном залегании представляет собой отношение массы наносов к их объему вместе с порами; она зависит от минералогического и гранулометрического состава наносов, их формы и содержания органических примесей, выражается в килограммах на кубический метр.

Для гравия и песков принимается масса образца в воздушно-сухом, а для илов и глин — в абсолютно сухом состоянии.

8.4.10.2. Плотность частиц наносов и плотность смеси наносов в естественном залегании определяются только для донных наносов (отложений).

Плотность смеси наносов в естественном залегании определяется наряду с гранулометрическим составом для всех проб донных наносов, поступающих в лабораторию. Плотность частиц наносов определяется для проб, отобранных на постах, где наблюдения за донными наносами ранее не производились, а также для проб, поступающих со створов, по которым характеристика плотности частиц наносов в прежние годы не определялась. Изучение плотности частиц наносов на таких постах выполняется в течение 3—5 лет, а затем прекращается, если на основании наблюдений может быть сделан вывод о практической неизменности этой величины. Определение плотности частиц наносов возобновляется в случае искусственного или естественного изменения режима реки в створе наблюдений.

8.4.10.3. Плотность частиц наносов определяется следующим образом: чистый пикнометр с высоким горлышком наполняется до метки 50—100 мл дистиллированной водой комнатной температуры, закрывается притертой пробочкой и взвешивается с точностью до 0,01 г. После этого вода из пикнометра выливается.

Взятая в воздушно-сухом состоянии навеска с частицами мельче 2 мм в количестве 10—15 г осторожно высыпается в тот же пикнометр через воронку.

Пикнометр с наносами примерно до половины объема доливается дистиллированной водой и проба кипятится в течение 30 мин (для удаления воздуха из пор наносов). По окончании кипячения проба в пикнометре охлаждается до комнатной температуры, затем в него доливается до метки дистиллированная вода, пикнометр закрывается пробкой и опять взвешивается. Масса воздушно-сухого наноса, всыпанного в пикнометр, перечисляется на массу абсолютно сухого наноса по формуле

$$m = \frac{100 m_0}{100 + e},$$

где m_0 — масса воздушно-сухого наноса; e — процентное содержание гигроскопической влаги.

Плотность частиц наносов определяется по формуле

$$\rho_ч = \frac{m}{m + m_1 - m_2} \rho_0,$$

где m — масса абсолютно сухого наноса; m_1 — масса пикнометра с водой; m_2 — масса пикнометра с водой и наносом; ρ_0 — плотность воды ($1{,}0 \cdot 10^3$ кг/м^3).

Плотность частиц наносов, составляющих смесь песка, гравия и гальки, определяется раздельно для крупных (более 2 мм) и мелких наносов.

Плотность частиц гравия и гальки определяется в мерном сосуде по объему вытесненной воды. Масса гравия и гальки, поделенная на массу вытесненной воды (или на объем, так как плотность воды принимается равной 1,0), и дает плотность частиц наносов. Плотность частиц наносов всего образца вычисляется как средневзвешенная из плотностей и доли содержания в образце каждой из двух категорий наносов

$$\rho_ч = \frac{\rho_{ч1}\alpha_1 + \rho_{ч2}\alpha_2}{100},$$

где $\rho_ч$ — плотность частиц наносов всей пробы; $\rho_{ч1}$ и $\rho_{ч2}$ — плотность крупных (> 2 мм) и мелких частиц наносов; α_1 и α_2 — процентное содержание в образце соответственно крупных и мелких частиц.

8.4.10.4. Определение плотности смеси наносов в естественном залегании заключается в следующем: берется навеска, взвешенная в воздушно-сухом состоянии с точностью до 0,01 г в количестве 25—30 г — для мелких наносов (с преобладанием частиц мельче 0,1 мм), 50—70 г — для средних наносов (с преобладанием частиц от 0,1 до 2,0 мм), 150—300 г — для наносов с наличием частиц крупнее 2,0 мм.

Навеска, растертая с водой в фарфоровой чашке резиновым пестиком, переводится в стеклянный градуированный цилиндр емкостью 100 см^3 для мелких и средних наносов, 500 см^3 — для крупных. Навеска илистых и глинистых отложений предварительно в течение 1—2 суток размачивается в фарфоровой чашке.

В цилиндр добавляется вода до полного покрытия пробы с тем, чтобы поверхность ее была выше поверхности отстоявшейся пробы на 3—4 см. Перед установкой на длительный отстой наносы тщательно взбалтываются с водой в цилиндре для естественного заполнения частицами промежутков уплотняемой навески и удаления из них воздуха. На отстой цилиндры размещаются на строго горизонтальной поверхности.

Наносы уплотняются путем постукивания по стенкам цилиндра резиновым молоточком, изготовленным из резиновой пробки, диаметром равным диаметру цилиндра. Постукивание цилиндров

производится ежедневно в начале и конце рабочего дня. Перед каждым уплотнением отсчитывается объем наносов W (в кубических сантиметрах) и записывается в журнал. Необходимо следить за тем, чтобы усадка наносов происходила равномерно по всей высоте и поверхность пробы в цилиндре была горизонтальной. Это обеспечивается постукиванием по стенкам резиновым молоточком равномерно со всех сторон и по всей высоте осадка. Длительность уплотнения составляет примерно 10—12 суток для илистых и глинистых отложений, 5—7 суток для песчано-гравелистых. После прекращения уплотнения и установления постоянного объема вычисляется плотность смеси наносов в естественном залегании по формуле

$$\rho_c = \frac{m}{W},$$

где m — масса наносов в воздушно-сухом, а для илистых и глинистых наносов в абсолютно сухом состоянии, г; W — уплотненный объем наносов, см^3.

8.4.10.5. Если в лабораторию поступает только часть образца с наносами диаметром менее 10 мм (процентное содержание более крупных наносов определяется в полевых условиях фотографическим способом, визуально или путем обмера), плотность частиц наносов и смеси определяется только для этой части образца. При этом оставшиеся после выполнения гранулометрических анализов всех образцов части проб в равных весовых пропорциях объединяются в одну среднюю пробу, для которой и находятся характеристики плотности частиц и смеси наносов для данного поста. В таких случаях в примечании к соответствующей таблице Ежегодника указывается, для каких наносов получены значения плотности частиц наносов и плотности смеси наносов в естественном залегании.

8.4.11. Обработка фотографий донных наносов

8.4.11.1. Поступающая в лабораторию фотопленка тщательно просматривается, проверяется соответствие данных ведомости КГ-53а и содержания пленки; затем пленка регистрируется в журнале (табл. 8.13) и выполняется печатание снимков. Если станция направляет в лабораторию пленку и отпечатанные фотографии, то в графах 5 и 6 табл. 8.13 делается соответствующая отметка.

При печатании следует строго следить за тем, чтобы все снимки были изготовлены в одном масштабе. Для этого нужно, чтобы на всех снимках сторона масштабной рамки была равна одной и той же величине (например, 10, 11, 12 см и т. д.).

Особое внимание при изготовлении фотоснимков следует обратить на негативы с искажениями масштабной рамки, которые могут иметь место в случае фотографирования с руки. Необходимо с помощью фотоувеличителя трансформировать изображение та-

Таблица 8.13

Образец таблицы для регистрации фотографий донных наносов

Номер фотопленки	Дата поступления	Гидрологическая станция	Число фотоснимков	Сдано в фотолабораторию	Получено из фотолаборатории	Примечание
1	2	3	4	5	6	7

ким образом, чтобы масштабная рамка получалась квадратной. Это достигается наклоном печатного столика под увеличителем.

8.4.11.2. Разделение изображенных на фотографии (см. рис. 8.2) частиц на фракции выполняется с помощью трафаретов, которые представляют собой кружки, вычерченные на небольших прозрачных тонких пластинках из органического стекла или на кальке (рис. 8.8). Для каждой фракции вычерчиваются два кружка с общим центром; больший соответствует верхнему, а меньший — нижнему пределу фракции. На трафарете указываются границы фракции в миллиметрах. Если масштаб всех фотоснимков одинаковый, тогда и масштабные кружки, соответствующие различным фракциям, будут одинаковыми для всех фотографий.

Если на отдельных снимках сторона квадрата отличается от принятого масштаба, необходимо определить масштаб каждого из таких фотоснимков. Для этого измеряется сторона масштабной рамки на снимке $l_ф$, длина которой в натуре $l_н$ известна (1000 мм). Масштаб снимка равен $M = \frac{l_ф}{l_н}$. Трафаретные кружки в этом случае должны быть изготовлены с учетом разных масштабных коэффициентов. В табл. 8.14 в качестве примера и для удобства построения трафаретных кружков приведены границы фракций с учетом масштаба фотографий для следующих размеров рамы на фотоснимках: 10 × 10; 11 × 11; 12 × 12; 13 × 13; 14 × 14; 15 × 15 см².

Рис. 8.8. Трафаретные кружки для сортировки частиц на фотографии по фракциям.

8.4.11.3. По трафаретам частицы сортируются на фракции и подсчитывается их количество в каждой градации. К определенной градации относятся такие частицы, площадь которых на фотографии больше площади внутреннего кружка трафарета, но

Таблица 8.14

Диаметры трафаретных кружков при различных изображениях рамы на фотоснимке (мм)

Фракции, мм	Размеры рамы на фотоснимке, см					
	10×10	11×11	12×12	13×13	14×14	15×15
200—100	20—10	22—11	24—12	26—13	28—14	30—15
100—50	10—5	11—5,5	12—6	13—6,5	14—7	15—7,5
50—20	5—2	5,5—2,2	6—2,4	6,5—2,6	7—2,8	7,5—3,0
20—10	2—1	2,2—1,1	2,4—1,2	2,6—1,3	2,8—1,4	3,0—1,5

меньше (или равна) площади внешнего кружка. Лимитирующим размером при этом является ширина частицы.

8.4.11.4. Вычисление процентного содержания фракций выполняется в форме табл. 8.15. В графе 3 этой таблицы приводятся граничные размеры фракций в миллиметрах. Верхний предел наиболее крупной фракции определяется размером самой крупной частицы на фотографии. Средний диаметр фракции (графа 4) вычисляется как средняя арифметическая величина из крайних размеров фракций; для первой самой крупной фракции эта величина получается как средняя арифметическая из нижнего предела фракции и диаметра наибольшей частицы. Средний диаметр фракции записывается в сантиметрах. Средняя площадь одной частицы (графа 5) вычисляется по формуле

$$\varphi = \frac{\pi d_i^2}{4} = 0{,}785 d_i^2,$$

где d_i — средний диаметр i-той фракции; $\pi \cong 3{,}14$.

Значения среднего диаметра и площади одной частицы первой крупной фракции (графы 4 и 5) будут различными в зависимости от размера самой крупной частицы. Для остальных фракций данные граф 4 и 5 постоянны.

8.4.11.5. Количество частиц каждой фракции n_i (графа 6) подсчитывается с точностью: для фракций крупнее 100 мм — до 0,1 шт.; для фракций мельче 100 мм — до 1 шт. Если часть крупных частиц находится за пределами рамки, учитывается лишь доля их, находящаяся внутри рамки. Количество частиц самых мелких фракций (< 10 мм) определяется косвенным путем через площадь, занятую этими фракциями.

8.4.11.6. Площадь, занятая i-той фракцией на фотографии (графа 7), вычисляется по формуле

$$f_i' = n_i \varphi.$$

Площадь, занятая частицами, диаметр которых менее 10 мм ($f'_{<10}$), получается как разность между всей заключенной в рамку

Таблица 8.15

Примеры вычисления процентного содержания крупных фракций по фотографиям

№ п/п	Река — пункт, номер кадра, тип донных наносов	Фракции, мм	Средний диаметр фракции d см	Средняя площадь одной частицы φ см²	Количество частиц n шт.	Площадь, занятая на фотографии, f' см²	Уточненная площадь f см²	d^3 см³	nd^3 см³	Процентное содержание фракций
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	*р. Баксан — с. Подгорное, № 5, равномерное распределение крупности по глубине отложений*	*100—59*	*7,5*	*44,2*	*5*	*210*	*210*	—	—	*2,5*
		50—20	*3,5*	*9,6*	*198*	*1 901*	*1 901*	—	—	*22,4*
		20—10	*1,5*	*1,8*	*743*	*1 337*	*1 337*	—	—	*15,8*
		< 10	*0,5*	*0,2*	—	*6 552*	*5 045*	—	—	*59,3*
					Σ	*10 000*	*8 493*	—	—	*100*
2	*р. Утулик — Рыбачье, № 2, отмостка*	*140—100*	*12,0*	*113*	*13,2*	*1 492*	*1 492*	*1 728*	*22 810*	*38,4*
		100—50	*7,5*	*44,2*	*61*	*2 696*	*2 696*	*422*	*25 742*	*43,5*
		50—20	*3,5*	*9,6*	*199*	*1 910*	*1 910*	*42,9*	*8 537*	*14,4*
		20—10	*1,5*	*1,8*	*160*	*288*	*288*	*3,38*	*540*	*0,9*
		< 10	*0,5*	*0,2*	*13 550*	*3 614*	*2 710*	*0,125*	*1 694*	*2,8*
					Σ	*10 000*	—	—	*59 323*	*100*

площадью и суммой площадей, занятых более крупными фракциями:

$$f'_{<10} = F - \sum_{i=1}^{m-1} f'_i,$$

где m — число фракций.

Так как площадь мелких частиц $f'_{<10}$ включает в себя и поровое пространство, необходимо вводить поправочный коэффициент на объем пор. Для единицы площади этот коэффициент равен 0,75. Уточненная площадь, занятая частицами размером менее 10 мм (графа 8), будет равна

$$f_{<10} = 0{,}75 f'_{<10}.$$

Для фракций крупнее 10 мм $f_i = f'_i$.

8.4.11.7. При равномерном распределении крупности наносов по глубине отложений процентное содержание фракций (графа 11) вычисляется с учетом площадей, занимаемых каждой фракцией, т. е. используются данные графы 8, а графы 9 и 10 не заполняются (табл. 8.15, пример 1):

$$\alpha_i = \frac{f_i}{\sum_1^m f_i} \cdot 100.$$

Если верхний слой донных наносов сформирован отмосткой и крупность наносов по глубине отложений распределена неравномерно, при вычислении процентного содержания фракций следует переходить от площадных характеристик к объемным, т. е. от d^2 к d^3. В этом случае по среднему диаметру фракции (графа 4) вычисляется значение d_i^3 (графа 9), затем подсчитывается общий объем данной фракции nd^3 (графа 10).

Число мелких частиц < 10 мм($n_{<10}$) не подсчитывается по фотографии (что невозможно выполнить), а вычисляется делением площади $f_{<10}$, занятой этими частицами, на среднюю площадь одной частицы ($\varphi_{<10}$), т. е. $\frac{\text{(графа 8)}}{\text{(графа 5)}}$,

$$n_{<10} = \frac{f_{<10}}{\varphi_{<10}}.$$

Процентный состав фракции при наличии отмостки (графа 11) определяется по формуле

$$\alpha_i = \frac{n_i d_i^3}{\sum_1^m n_i d_i^3}.$$

Примеры вычисления гранулометрического состава донных наносов по фотографиям приведены в табл. 8.15. Процентное со-

держание фракций определялось в примере 1 для случая равномерного распределения крупности по глубине отложений, а в примере 2 — при наличии отмостки.

По фотографиям определяется лишь общий процент наносов менее 10 мм. В тех случаях, когда мелкие частицы диаметром менее 10 мм составляют $> 10\%$, проба мелкозернистой части донных наносов анализируется методом сита — фракциометр уже в лаборатории. При этом необходимо делать пересчет процентного содержания мелких фракций, полученных в результате лабораторного анализа с учетом общего процента частиц менее 10 мм, определенного по фотографии.

8.4.12. Вычисление полного гранулометрического состава наносов

8.4.12.1. При разнородном составе донных наносов определение процентного содержания фракций производится различными методами, а результаты выполненных определений объединяются. Так, объединяются данные о составе крупных фракций, полученные непосредственно в поле путем обмера или фотографическим методом с результатами лабораторных анализов, выполненных на ситах, фракциометре и пипетке.

Ниже приводится пример вычисления действительного состава донных наносов, полученного фотографическим методом с учетом данных о процентном содержании мелких фракций, полученных по лабораторным анализам.

Пример. По фотографии определено следующее процентное содержание частиц:

Фракции, мм	200—100	100—50	50—20	20—10	<10
$\alpha_{i\ фот}$ %	5,0	18,2	26,8	24,7	25,3

В результате лабораторного анализа получено следующее процентное содержание фракций мельче 10 мм:

Фракции, мм	10—5	5—2	2—1	1—0,5	<0,5
$\alpha_{i\ лаб}$ %	33,5	28,5	21,7	9,0	7,3

Приведенное процентное содержание фракций <10 мм получено в предположении, что вся проба мелких фракций или ее часть — навеска, необходимая для анализа, составляют 100%. В действительности частицы <10 мм составляют всего 25,3% общего состава донных наносов, поэтому выполняется пересчет по следующей схеме:

$$\alpha_{i\ м.\ действ} = \frac{\alpha_{i\ м.\ лаб}}{100}\ \alpha_{<10\ фот},$$

где $\alpha_{i\ м.\ действ}$ — действительное процентное содержание мелкой фракции; $\alpha_{i\ м.\ лаб}$ — процентное содержание отдельной фракции мелких наносов, определенное в лаборатории; $\alpha_{<10\ фот}$ — общее процентное содержание всех мелких фракций, получаемое по фотографии (или обмером).

Для первой фракции $\alpha_{i\ м.\ действ} = \frac{33,5}{100} \cdot 25,3 = 8,5\%$ и т. д. Гранулометрический состав всего обследованного в поле образца записывается в таблицу ТГ-51. Пример записи показан в табл. 8.16.

Таблица 8.16

Пример записи гранулометрического состава образца в таблице ТГ-51

Фракции, мм	200—100	100—50	50—20	20—10	10—5
%	5,0	18,2	26,8	24,7	8,5
Фракции, мм	5—2	2—1	1—0,5	<0,5	Диаметр наибольшей частицы
%	7,2	5,5	2,3	1,8	140×128×75

8.4.12.2. Если из фотографируемого образца проба мелких наносов не отбиралась, а они составляют более 10%, то по фотографии выполняется подразделение мелких частиц (< 10 мм) на две фракции: 10—5 и < 5 мм (в таких случаях фотография изготовляется более крупного размера, например, 15 × 15 см²).

8.5. ПЕРВИЧНАЯ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ПО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМУ СОСТАВУ РЕЧНЫХ НАНОСОВ

Статистическая обработка данных по гранулометрическому составу наносов равнинных и горных рек выполняется по особому заданию УГМС (ГМО) и заключается в определении гранулометрических параметров d_5, d_{10}, d_{25}, d_{50}, d_{75}, d_{90}, d_{95}. Индекс при d показывает, какой процент частиц меньше данного размера d содержится в составе рассматриваемой пробы наносов. Значения этих параметров определяют по интегральной кривой гранулометрического состава. Интегральные гранулометрические кривые строятся на миллиметровой бумаге по данным о среднем составе речных наносов в определенную дату наблюдений. Границы фракций откладываются по оси абсцисс графика через равные интервалы (независимо от фактических размеров этих интервалов)

Таблица 8.17

Масштаб фракций на интегральной гранулометрической кривой (рис. 8.9)

Фракция, мм	Масштаб в одном миллиметре графика, мм	Фракция, мм	Масштаб в одном миллиметре графика, мм
<0,001	0,0001	0,5—1,0	0,05
0,001—0,005	0,0004	1—2	0,1
0,005—0,01	0,0005	2—5	0,3
0,01—0,05	0,004	5—10	0,5
0,05—0,1	0,005	10—20	1.0
0,1—0,2	0,01	20—50	3,0
0,2—0,5	0,03	50—100	5,0

Таблица 8.18

Образец записи параметров гранулометрического состава наносов

Номер станции (поста)	Река, местоположение станции (поста)	Номер расхода наносов	Дата взятия пробы	Место и способ взятия, число осредненных проб	Диаметр частиц (мм) и их содержание (в % по массе)							
					1—0,5	0,5—0,2	0,2—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001
4	*р. Песчаная—с. Заречное*	*1*	*25/III-75*	*1, ГР-86, 6*	*13,0*	*6,8*	*15,5*	*10,4*	*29,2*	*9,2*	*13,6*	*2,3*

Номер станции (поста)	Река, местоположение станции (поста)	Номер расхода наносов	Дата взятия пробы	Место и способ взятия, число осредненных проб	Гранулометрические параметры (мм)							Размер наиболее крупной частицы, мм	Метод анализа	Примечание
					d_5	d_{10}	d_{25}	d_{50}	d_{75}	d_{90}	d_{95}			
4	*р. Песчаная—с. Заречное*	*1*	*25/III-75*	*1, ГР-86, 6*	*0,002*	*0,003*	*0,010*	*0,04*	*0,17*	*0,64*	*0,80*	*1,1*	*п. ф.*	

от мелких к более крупным фракциям; по оси ординат — суммарный процент фракций меньше определенного размера (верхнего предела фракции). Нижняя часть интегральной кривой экстраполируется на нижний предел самой мелкой фракции. На рис. 8.9 изображены интегральные кривые и показано, как определяются гранулометрические параметры (для кривой *1*).

Рис. 8.9. Интегральные кривые гранулометрического состава донных наносов (р. Песчаная — с. Заречное, 1975 г.).

1 — 25/III; *2* — 3/V; *3* — 5/VI; *4* — 11/X.

При определении значений d_5, d_{10}, d_{25} и т. д. необходимо учитывать, что фракции на графике изображены в разном масштабе (табл. 8.17).

Значения параметров гранулометрического состава снимаются с графика и записываются двумя значащими цифрами; при параметрах больше 0,01 мм — с точностью до 0,01 мм, при параметрах меньше 0,01 мм — с точностью до 0,001 мм.

Результаты статистической обработки записываются в таблице. В соответствии с приведенным выше примером определения параметров гранулометрического состава (см. рис. 8.9) заполнен образец такой таблицы (табл. 8.18).

8.6. КОНТРОЛЬ ЗА РАБОТОЙ НА СТАНЦИЯХ И ПОСТАХ

После выполнения лабораторных определений следует обеспечить сохранность лабораторных журналов, фильтров с наносами и остатков проб взвешенных, влекомых и донных наносов, чтобы в случае возникновения вопросов в процессе обработки и анализа результатов наблюдений можно было произвести проверку лабораторных определений.

Срок хранения этих материалов определяется моментом опубликования Гидрологического ежегодника за данный год наблюдений.

После этого остатки образцов и фильтры с наносами могут быть уничтожены, а журналы сданы в архив.

Помимо лабораторной обработки проб наносов, лаборатория осуществляет методическое руководство организацией и ведением работ в филиале лаборатории при гидрологической станции. Лаборатория также осуществляет текущий контроль за качеством

поступающих проб и образцов наносов с постов, принадлежащих гидрологическим станциям, не имеющим филиалов лабораторий и своевременно устраняет обнаруженные недостатки в работе лабораторий при станциях и недостатки в работе постов.

Контролируется организация работ по взвешиванию фильтров на гидрологических станциях, проверяется правильность установки аналитических весов (п. 8.4.3.2), соблюдение правил их эксплуатации (п. 8.4.3.3), чистота содержания пустых бюксов и тиглей, дата их последнего взвешивания.

С целью проверки достоверности массы пустых бюксов производится выборочное их взвешивание и сравнение с массой, зафиксированной в журнале; проверяется правильность упаковки фильтров при рассылке их на посты (пп. 8.4.4.1—8.4.4.4.).

Стационарная лаборатория контролирует переписку станции с постами по качеству присылаемых проб с наносами, проверяет достаточность количества наносов в пробах для точного определения мутности воды и для проведения гранулометрического анализа наносов.

Замеченные недостатки фиксируются и принимаются соответствующие меры к их устранению.

Контроль и методическое руководство работами по измерению стока наносов лаборатория осуществляет в тесном контакте с отделом гидрологии ГМО.

ГЛАВА 9. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОДЫ И ВОЗДУХА

9.1. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОДЫ

9.1.1. Наблюдения за температурой воды производятся на гидрологических постах по указанию гидрологической станции и включают:

1) систематические ежедневные измерения температуры воды в постоянном месте — в прибрежной зоне или на стрежне реки;

2) временные эпизодические измерения температуры воды в нескольких точках по длине и ширине реки с целью выявления типичности выбранного постоянного места измерений.

Наблюдения за температурой воды и первичная обработка их результатов выполняются наблюдателем в соответствии с Наставлением, вып. 2, ч. II. Проверка, дополнительная обработка и анализ результатов параллельных измерений в нескольких точках по длине и ширине реки на участке поста производятся станцией согласно указаниям настоящего выпуска Наставления.

9.1.2. Место для измерений температуры воды выбирается в створе или вблизи гидрологического поста в прибрежной части реки, на проточном участке с глубиной по возможности не менее 0,3—0,5 м. К месту измерений не должны подходить струи родниковых или сбросы промышленных вод. Температура воды в месте измерений должна быть типичной, т. е. мало отличаться от средней температуры воды во всем водном сечении и на участке поста.

Соблюдение этого условия проверяется путем организации эпизодических исследований, как указано ниже.

При ширине реки менее 10 м измерения температуры воды производятся на стрежне, а при малых глубинах — в самом глубоком проточном месте реки.

При пересыхании реки и превращении ее в ряд разобщенных, непроточных водоемов измерения температуры воды в стоячей воде продолжаются (только по указанию ГМО) в случаях более или менее значительных размеров и типичности этих водоемов для района, имея в виду использование результатов наблюдений на них для расчетов испарения.

9.1.3. Правильность выбора постоянного места измерений температуры воды проверяется в первый год действия поста, а на действующих постах, на которых этого не было сделано своевременно, — в ближайший год.

Проверка состоит в проведении на посту: 1) одновременных наблюдений за температурой воды в постоянном месте у берега и в том же створе — на стрежне реки и 2) одновременных измерений температуры воды в стрежневой зоне реки в нескольких точках по длине реки выше поста.

Одновременные наблюдения у берега и на стрежне реки в постоянном створе ведутся в 8 и 20 ч ежедневно и, как правило, в течение одного сезона, выборочно по 10—15 дней подряд в характерные фазы режима реки (в паводок и межень). Измерения производятся наблюдателем по указанию станции.

Обследование участка по длине реки производится на расстоянии до 0,2 км выше поста на малых реках и до 1—2 км—на больших.

Это обследование ведется специалистом станции. Температура воды в стрежневой части реки измеряется в 5—10 точках по ее длине. Измерения производятся дважды: в паводок и межень в течение 2—3 дней подряд в 8 и 20 ч.

Измерения по длине реки должны сопровождаться проведением учащенных наблюдений за температурой воды (через 10—15 мин) в постоянной точке измерений у берега в течение всего времени обследования.

При параллельных измерениях температуры воды в постоянной точке у берега и на стрежне на больших и средних реках наблюдения в каждый срок ведутся в следующем порядке:

1) измерение у берега;
2) измерение на стрежне;
3) повторное измерение у берега.

На малых реках, где разница во времени между измерениями у берега и на стрежне незначительна, повторного измерения температуры воды у берега не производится.

Обследование по длине реки во избежание влияния суточного хода температуры воды должно быть выполнено за возможно более короткий промежуток времени. Для этого по ходу лодки в намечаемых точках по длине участка вода зачерпывается из реки ведром, в которое опускают термометр так, чтобы его оправа не касалась стенок и дна ведра. Скорость движения лодки (удобнее вверх по течению) должна быть такой, чтобы промежуток времени между точками измерения был не менее 5—8 мин. Тогда термометр, опущенный в ведро, успеет принять температуру воды, взятой в точке измерения.

Ведро должно быть защищено от прямых лучей солнца. Результаты измерений на стрежне и по длине реки, связанных с выбором постоянной точки, записываются на отдельном листке, разграфленном аналогично соответствующим графам полевой книжки КГ-1М.

В записи результатов наблюдений по длине реки добавляется еще графа «Место измерений», где указывается расстояние точки измерений от створа поста, которое определяется по карте или плану участка.

Заполненный листок подшивается или подклеивается к книжке КГ-1М и пересылается вместе с нею на станцию.

Результаты поверочных измерений должны выявить:

1) типична ли температура воды, наблюденная в постоянной точке у берега, для всей водной массы реки и допустимо ли продолжать наблюдения в этой точке или их следует перенести;

2) свободно ли постоянное место (створ) измерений температуры воды от местного искажения термического режима реки вследствие природных или искусственно созданных условий на участке поста (выхода вблизи створа грунтовых вод, сброса промышленных вод и т. п.).

Указания, по которым можно судить об этом, излагаются в п. 1.2.5.

9.1.4. Температура воды измеряется наблюдателем водным термометром [1] с точностью до 0,1° С. Измерения и запись результатов производятся в полевой книжке КГ-1М в соответствии с указаниями Наставления, вып. 2, ч. II.

На шугоносных реках в переходные периоды, осенью и весной, при температуре воды, близкой к нулю (ниже 0,5° С), для измерений применяется микротермометр, позволяющий отсчитывать значения температуры воды с точностью до 0,01° С.

Описание микротермометра и правила пользования им даны в приложении 12.

9.2. ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

9.2.1. Первичная обработка результатов наблюдений за температурой воды выполняется наблюдателем в полевой водомерной книжке в соответствии с § 79—82 Наставления, вып. 2, ч. II.

В состав первичной обработки входит:

1) введение в отсчеты инструментальных поправок;

2) вычисление средних суточных значений температуры воды по исправленным отсчетам в 8 и 20 ч (для систематических ежедневных измерений);

3) вычисление средних декадных температур воды и выборка наибольших за месяц их значений.

Станция ежемесячно полностью проверяет первичную обработку результатов наблюдений, произведенную наблюдателем, и кроме того, выполняет:

1) построение хронологического графика хода изменения средних суточных температур воды на комплексном графике;

2) анализ результатов наблюдений;

3) восполнение пропусков в наблюдениях (по интерполяции) там, где это возможно, и перевычисление или вычисление вновь в связи с этим средних декадных и месячных назначений температуры воды;

4) составление таблицы «Температура воды» Гидрологического ежегодника.

9.2.2. Инструментальные поправки вводятся в отсчеты по термометру при значениях температуры воды ниже 2° С, незави-

---

[1] При наличии на станции (посту) электрических термометров сопротивления (ГР-41М и ГР-51) в соответствующих случаях целесообразно пользоваться ими (см. Наставление, вып. 2, ч. II, § 78).

симо от величины поправок согласно свидетельству о последней поверке термометра.

Исправленные значения температуры с точностью до 0,1° С выписываются наблюдателем в полевой книжке рядом с записями отсчетов по термометру.

После проверки на станции правильности введения поправок в срочные наблюдения проверяются вычисленные наблюдателем средние арифметические значения температуры воды за сутки из наблюдений в сроки 8 и 20 ч.

9.2.3. Вычисленные средние суточные значения температуры воды наносятся на комплексный график гидрометеорологических наблюдений.

При анализе по комплексному графику прослеживается естественность хода температуры воды в сопоставлении с ходом температуры воздуха и фазами ледового состояния реки. В случаях нарушения согласованности между указанными элементами режима выявляются причины, обусловившие особенности этого режима в отдельные периоды.

В переходные периоды, осенью и весной, когда температура воды близка к точке ее замерзания, записи отсчетов температуры воды просматриваются особо тщательно. Появление льда для пресных вод наблюдается при температуре воды, близкой к нулю; для сильно минерализованных вод температура воды при появлении льда может быть ниже нуля.

Следует иметь в виду, что на изменение (обычно понижение) температуры воды могут оказывать влияние паводки, формирующиеся за счет таяния ледников, а на зарегулированных реках — также попуски из вышерасположенных водохранилищ.

При наличии пропусков наблюдений интерполяция значений средних суточных температур воды допускается с соблюдением тех же правил, как и при интерполяции измерений уровня воды; интерполированные значения вписываются в скобках в полевую книжку наблюдателя поста.

Выявленные при анализе отдельные резкие изменения температуры воды, не согласующиеся с наблюдениями на соседних постах (при сопоставлении комплексных графиков по соседним постам) и не объяснимые естественными причинами, бракуются и в полевой книжке перечеркиваются тонкой чертой, а на графике подчеркиваются волнистой линией красным карандашом.

9.2.4. После анализа хода изменения средних суточных значений температуры воды на комплексном графике и возможного восполнения пропусков наблюдений на станции производится проверка вычисленных наблюдателем средних декадных значений температуры воды.

При наличии в декаде данных менее чем за 8 суток средняя декадная температура воды не вычисляется и в соответствующей графе выводов ставится тире, что значит «нет сведений». В случае восполнения пропусков наблюдений за отдельные дни значе-

ния температуры воды за соответствующие декады дополнительно вычисляются или перевычисляются станцией.

Пропуски наблюдений в течение 3—4 суток весной, обычно в начале первой декады измерений, или осенью, в конце последней декады, при условии, что перед пропуском (весной) или после пропуска (осенью) наблюдались нулевые температуры воды, могут быть восполнены станцией для вычисления средней за декаду температуры воды нулевыми ее значениями при уверенности в их правомерности.

При пересыхании реки в створе поста в течение не менее 3 суток в декаде вместо среднего значения температуры воды за данную декаду ставится «прсх».

Средние за месяц значения температуры воды вычисляются по средним декадным их значениям при наличии данных за все три декады. Если за одну из декад вместо среднего значения среднесуточной температуры воды стоит «прсх» или знак тире, что значит «нет сведений», то среднее за месяц также не вычисляется и тоже ставится знак тире.

Средние декадные и средние месячные значения температуры воды выписываются в соответствующих графах, а наибольшие значения за месяц подчеркиваются красным карандашом. Наибольшие значения температуры воды выбираются из всех срочных измерений.

Проверенные на станции средние декадные и месячные, а также наибольшие годовые значения температуры воды (с датой их наступления) переписываются из полевых водомерных книжек в таблицу «Температура воды» Гидрологического ежегодника.

Таблица заполняется постепенно, ежемесячно, по мере полной проверки, анализа и окончательной обработки результатов наблюдений с соблюдением указаний Наставления, вып. 6, ч. III.

9.2.5. Первичная обработка результатов параллельных измерений температуры воды на стрежне и в отдельных точках по длине реки, выполняемая наблюдателем, заключается лишь во введении инструментальных поправок в отсчеты по термометру с выпиской исправленных значений температуры воды. На станции полученные данные переписываются в таблицы специальной формы.

9.2.6. При сопоставлении результатов измерений температуры воды в ряде точек по длине реки (в стрежневой зоне) данные выписываются в таблицу по форме табл. 9.1.

В графе 4 выписываются значения измеренной температуры воды в точках по длине реки (после введения инструментальных поправок), в графе 5 — соответствующие по времени значения температуры в постоянной точке по данным учащенных наблюдений. В случае несовпадения сроков учащенных наблюдений в постоянной точке со сроками измерений в точках по длине реки недостающие значения температуры воды в постоянной точке могут быть восполнены по интерполяции.

Таблица 9.1

Пример сопоставления результатов измерений температуры воды по длине реки

Дата измерения	Время, ч мин	Створ измерений выше поста, м	Температура воды, °С		
			в точках по длине	в постоянной точке	разность одновременных наблюдений
1	2	3	4	5	6
15/V	*8 00*	*0 (пост)*	*14,0*	*14,0*	*0*
	8 20	*200*	*14,4*	*14,1*	*0,3*
	8 45	*400*	*14,2*	*14,3*	*—0,1*
	9 00	*600*	*14,4*	*14,4*	*0,0*
	9 20	*800*	*14,4*	*14,6*	*—0,2*

В графе 6 вычисляются разности температуры воды в точках по длине реки и в постоянной точке, характеризующие однообразие или наличие местных отклонений в термическом режиме реки на участке поста относительно режима в первоначально выбранном постоянном месте измерений.

При анализе полученных результатов могут встретиться следующие типовые случаи:

1) при систематических расхождениях измеренных значений температуры воды в различных точках по длине реки с температурой воды в постоянной точке в пределах не более чем ± 0,2° С или при случайных отклонениях (с разными знаками) до 0,3—0,5° С выбранный постоянный профиль для измерений сохраняется;

2) если в одной из точек по длине реки было получено отклонение от значения температуры воды, измеренной в постоянном месте, равное ± 0,5° С или более, а во всех остальных точках были получены незначительные отклонения, то следует предположить, что именно вблизи этого профиля имеется местное искажение термического режима реки сравнительно с остальным участком, например выход родниковых вод. В этом случае выбранный для измерений постоянный профиль может быть также сохранен, а профиль, давший большое отклонение, признан не характерным для участка;

3) если анализ одновременно измеренных температур воды в ряде точек выявит постепенное изменение значений температуры воды одного знака по длине участка реки, например, их постепенное уменьшение по течению, то следует предположить, что выше створа имеется источник нагрева воды (например, сброс промышленных вод), и измерения в этом случае следует перенести либо выше этого источника, либо ниже границы его влияния. Эта граница определяется также опытным путем на основании параллельных измерений температуры воды в ряде точек по длине

реки и в постоянной точке с охватом участка большего протяжения.

Анализ полученных результатов параллельных измерений температуры воды по длине реки в постоянной точке производится специалистом станции на посту сразу же после обследования, чтобы в соответствии с выводами выбрать в случаях необходимости и указать наблюдателю новое место для измерений.

9.2.7. Для анализа результатов параллельных измерений на стрежне и у берега станцией заполняется таблица обработки по форме табл. 9.2.

Таблица 9.2

Пример анализа результатов параллельных измерений на стрежне и у берега

Число	8 ч				Разность на стрежне — ср. у берега	20 ч				Разность на стрежне — ср. у берега
	у берега	на стрежне	у берега	ср. у берега		у берега	на стрежне	у берега	ср. у берега	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15/VII	*14,9*	*14,9*	*15,1*	*15,0*	*—0,1*	*18,4*	*18,2*	*18,6*	*18,5*	*—0,3*
16/VII	*15,4*	*15,2*	*15,8*	*15,6*	*—0,4*	*18,8*	*18,7*	*19,0*	*18,9*	*—0,2*
и т. д.										

В графах 5 и 10 вычисляется арифметическое среднее из значений двух измерений температуры воды у берега; в графах 6 и 11 — разность между температурой воды на стрежне и средней у берега. Для малых рек, где измерения в прибрежной точке производятся только один раз, графы 4—5 и 9—10 при обработке исключаются. Разность вычисляется между значениями $t_{стр}$ и $t_{бер}$ (графы 2—3 и 7—8).

Выводы в результате обработки должны быть сделаны, придерживаясь следующих основных положений.

1. В тех случаях, когда за время параллельных наблюдений расхождения между значениями температуры воды у берега и на стрежне получились с разными знаками в пределах 0,3—0,4° С, т. е. когда отклонения носят, по всей вероятности, характер случайных ошибок, происходящих за счет неточности измерений температуры, а также в тех случаях, когда получились систематические расхождения с одним знаком (плюс или минус), но в пределах 0,2° С, т. е. не превышают двойной погрешности отсчета по термометру, наблюдения следует продолжать в береговой точке. Параллельные наблюдения на стрежне в этом случае прекращаются.

2. В тех случаях, когда в результате первой же серии параллельных наблюдений выяснится, что систематические однознач-

ные расхождения наблюдались в пределах более чем 0,3—0,4° С, то необходимо сразу же проверить, нет ли местных причин, искажающих температуру воды в береговой точке: чрезмерная близость берега, растительность, выход родников, спуск сточных и промышленных вод и т. п. При наличии указанных обстоятельств место измерения должно быть сразу перенесено выше источника искажения температуры воды в реке или ближе к середине потока.

3. При невозможности найти подходящее место для измерений у берега постоянные наблюдения следует производить на стрежне реки.

Выводы, сделанные станцией по анализу результатов параллельных наблюдений за температурой воды на стрежне и у берега, а также в ряде точек по длине участка, должны быть утверждены УГМС (ГМО).

9.2.8. В отдельных случаях (по указанию ГМО) для больших рек на основании результатов систематических измерений температуры воды может быть вычислен тепловой сток, т. е. количество тепла, проносимого вместе с водой через створ поста в течение известного промежутка времени: секунда, сутки, месяц и т. д.

Количество тепла T_0 в килокалориях, проносимого в 1 с через створ при расходе воды Q м³/с и при температуре воды t_i, равно

$$T_0 = 1000 t_i Q.$$

Тепловой сток за больший период, например сутки, вычисляется путем умножения среднего суточного расхода воды на среднюю суточную температуру воды, на число секунд в сутках и на 1000; за декаду — путем суммирования средних расходов тепла, вычисленных за отдельные сутки (или приближенно — как произведение средней декадной температуры воды на средний декадный расход воды, на число секунд в декаде и на 1000) и т. п.

Для большинства рек значение температуры воды t_i в приведенной формуле можно принять примерно равным значению температуры воды, измеряемой на посту в постоянной точке (обычно прибрежной). Для отдельных больших рек, где температура воды в постоянной точке у берега существенно отличается от температуры воды на стрежне (р. Енисей в нижнем течении, реки Ангара, Лена и др.), т. е. не характеризует средней температуры всей массы воды, в приведенную формулу следует дополнительно ввести коэффициент K, равный отношению температуры воды, измеренной в постоянной точке наблюдений, к средней температуре воды по всему живому сечению реки. Значение коэффициента K определяется в этих случаях путем организации специальных исследований в различные сезоны года с проведением температурных разрезов, т. е. измерений температуры воды по ряду вертикалей, расположенных в различных точках по ширине реки в нескольких точках по глубине на каждой из них.

9.3. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОЗДУХА

Наблюдения за температурой воздуха выполняются на некоторых станциях и постах (п. 1.2.5.5) и производятся по сухому термометру аспирационного психрометра в соответствии с указаниями Наставления, вып. 3, ч. I.

Наблюдения производятся у уреза воды вблизи гидрологического поста. Местоположение пункта наблюдений изменяется в связи с изменением уровня воды в реке.

Пункт наблюдений оборудуется деревянной переносной вехой высотою в наземной части около 2,5 м и стандартной переносной лесенкой. В веху ввинчивается металлический стержень (крюк) для подвешивания прибора с таким расчетом, чтобы резервуар термометра находился на высоте 2 м над поверхностью земли. Вблизи прибора не должно быть никаких посторонних предметов, которые, имея температуру, отличную от температуры воздуха, могли бы исказить показания прибора.

Запись наблюдений за температурой воздуха производится в «Книжку для записи водомерных наблюдений» (КГ-1М).

ГЛАВА 10. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЛЕДОВЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ

10.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

10.1.1. Наблюдения за ледовыми явлениями на реках имеют целью получить многолетние систематические данные о ледовых условиях. Эти сведения используются:

а) для обслуживания народнохозяйственных и других организаций текущей информацией о ледовых условиях на реках;

б) для гидрологического обоснования проектов строительства гидротехнических сооружений;

в) для подсчета стока воды;

г) для разработки и совершенствования методов расчета и прогноза сроков и продолжительности ледовых фаз, нарастания толщины ледяного покрова и т. п.;

д) для характеристики ледового режима рек.

10.1.2. В ледовом режиме рек различают три периода: замерзание, ледостав и вскрытие.

Процесс замерзания рек характеризуется совокупностью явлений образования льда, начиная от возникновения первичных кристаллов, поверхностного или внутриводного льда, их смерзания, т. е. образования сала, отдельных льдин, а затем переноса масс льда (ледоход, шугоход), его накопление (ледяные перемычки, зажоры) и кончая формированием ледяного покрова.

За период замерзания ледовые явления изменяются как во времени, так и по длине реки. Значительное отличие в характере ледовых явлений наблюдается, в частности, на реках, текущих в различных направлениях. Процесс замерзания на реках, текущих с севера на юг, начинается раньше в верховьях и в связи с этим увеличивается его длительность за счет беспрепятственного транзита льда и шуги вниз по реке.

На реках, текущих с юга на север, замерзание наступает раньше в низовье, транзит льда сокращается и ледостав устанавливается в более короткие сроки. Отмечается также известное своеобразие ледовых явлений на участках рек, вытекающих из озер и водохранилищ.

Большим разнообразием ледовых явлений в период замерзания отличаются горные реки, участки которых от истока до устья различаются по климатическим условиям и характеризуются значительными уклонами и шероховатостью русла. Вследствие этого на горных реках наблюдаются длительные ледоходы, кратковременные ледоставы, мощные зажоры.

Разнообразие ледовых явлений, сроки и продолжительность периода замерзания рек определяются совокупностью условий теплообмена воды с атмосферой и грунтом, гидравлическими характеристиками и морфометрическими особенностями рек. В за-

висимости от интенсивности потерь тепла с открытой водной поверхности и условий перемешивания переохлаждение воды и образование льда может происходить либо преимущественно в поверхностном слое воды, либо по всей глубине с различной интенсивностью.

Так, на реках с малыми скоростями течения (до 0,3 м/с) переохлаждение воды наблюдается в тонком поверхностном слое, где происходит образование иглообразных кристаллов льда (сала), смерзание которых приводит к образованию ледяного покрова. Замерзание распространяется от берегов (забереги) на всю водную поверхность и ледостав в этих случаях наступает сравнительно быстро. Такой процесс замерзания наблюдается на большинстве малых и средних рек с незначительной водностью в осенне-зимний период.

На реках со скоростями течения 0,3—0,5 м/с процесс замерзания характеризуется ледообразованием в поверхностном слое воды, движением льда по длине реки и формированием ледяного покрова в результате остановки и смерзания отдельных льдин. Продолжительность и интенсивность ледохода определяются водностью реки, направлением течения, гидравлическими свойствами потока и морфометрическими особенностями русел.

По территориальному распределению наиболее ранний (осенний) ледоход наблюдается на реках севера Азиатской территории СССР (вторая декада сентября). На реках Европейской территории и в Средней Азии в отдельные годы начало ледохода задерживается до января.

На реках со скоростями течения больше 0,5 м/с интенсивное перемешивание воды способствует переохлаждению всей массы воды, и образование льда происходит не только у поверхности, но и в глубине потока, а также на дне. Интенсивность образования внутриводного льда на глубине различная по длине реки и достигает максимальных значений на участках, где уклоны и скорости течения наибольшие. Процесс образования, накопления и смерзания шуги занимает много времени, в течение которого наблюдается шугоход. Длительность шугохода составляет 2—3 недели, а на некоторых горных реках достигает 2—3 месяцев. Формирование ледяного покрова на шугоносных реках сопровождается образованием зажоров льда.

В период л е д о с т а в а происходит дальнейшее формирование ледяного покрова за счет промерзания неподвижных масс льда, нарастания толщины льда путем кристаллизации воды на нижней поверхности ледяного покрова, промерзания шуги под ледяным покровом, а также смерзания снега, пропитанного водой и находящегося на ледяном покрове.

Интенсивность нарастания толщины льда определяется начальными условиями ледообразования, характером погоды в зимний период, ходом температуры воздуха, скоростью потока, а также его термическими условиями.

В процессе изменения толщины льда за время ледостава выделяются характерные периоды:

1) максимальной интенсивности нарастания толщины льда в начале ледостава;

2) замедленного роста толщины льда;

3) убыли толщины льда в конце ледостава.

При ледоставе происходят деформации ледяного покрова на реках под влиянием колебаний температуры воздуха (термические деформации), а также под влиянием изменения скорости течения, колебаний уровня и атмосферного давления (динамические деформации). В результате этих деформаций изменяется состояние ледяного покрова, возникают трещины и полыньи, образуются торосы, навалы льда и т. д.

Период в с к р ы т и я характеризуется интенсивным разрушением ледяного покрова, его подвижками, появлением открытых участков в ледяном покрове, движением льда. Завершается этот период полным очищением реки ото льда.

Характер и интенсивность процессов разрушения ледяного покрова зависят от интенсивности подъема уровня воды, температуры воды, метеорологических условий и радиационного баланса.

В нижних бьефах ГЭС условия ледообразования и формирования ледяного покрова значительно отличаются от бытовых вследствие увеличения расходов воды в осенне-зимний период, суточного регулирования стока, а также изменения термического режима водных масс за счет поступления более теплой воды из водохранилища.

В течение всего зимнего периода на участке, примыкающем к плотине ГЭС, наблюдается полынья, размеры которой изменяются под влиянием режима работы ГЭС и условий теплообмена воды с атмосферой.

Участок бьефа, находящийся в зоне пульсации кромки ледяного покрова, характеризуется неустойчивым ледовым режимом. Под влиянием суточного регулирования ГЭС на этом участке в течение зимнего периода происходит частая смена ледовых явлений — чередование ледостава с ледоходом и шугоходом. При этом создаются благоприятные условия для формирования зажоров и заторов льда, сопровождающихся повышением уровней воды, что приводит к снижению напора на ГЭС, уменьшению выработки электроэнергии и иногда к затоплению больших территорий.

10.1.3. Ледовые явления в период замерзания и вскрытия рек, а также состояние ледяного покрова при ледоставе изучаются путем:

а) ежедневных визуальных и инструментальных наблюдений за ледовой обстановкой и состоянием ледяного покрова на участке поста, доступном для обозрения в каждый срок наблюдений;

б) измерений толщины льда и высоты снега на льду в постоянных точках;

в) маршрутных обследований с картированием ледовой обстановки на бланке плановой схемы участка;

г) ледомерных съемок, позволяющих оценивать состояние ледяного покрова на достаточно больших площадях;

д) авиаразведки ледовой обстановки, охватывающей значительные по длине участки реки. Авиаразведка в необходимых случаях сопровождается аэрофотосъемкой, дающей наиболее точные сведения о границах распространения отдельных ледовых явлений.

10.1.4. Наблюдения за ледовыми явлениями подразделяют на стандартные, выполняющиеся на всех постах, и специальные, которые производятся по указанию УГМС (или специализированных ГМО).

К стандартным относят следующие виды наблюдений на участке поста:

а) за сроками появления льда, установления ледостава, вскрытия и очищения реки ото льда;

б) за видами ледяных образований и ледовых явлений;

в) за степенью покрытия льдом водной поверхности реки в периоды замерзания и вскрытия;

г) за ледоходом в периоды замерзания и вскрытия;

д) за образованием внутриводного льда (шуги);

е) за состоянием ледяного покрова и его деформациями во время ледостава;

ж) за толщиной льда и снежным покровом на льду (включая ледомерные съемки участка);

з) за строением ледяного покрова и его видимой структурой;

и) за сроками начала и конца навигации и передвижения по льду;

К специальным относят наблюдения:

а) за ледовыми явлениями и ледяными образованиями за пределами участка поста (маршрутные обследования с картированием ледовой обстановки);

б) за условиями формирования и разрушения зажоров и заторов льда;

в) за распределением толщины льда на отдельных участках реки (ледомерные съемки за пределами участка поста);

г) за расходами льда и шуги в периоды замерзания и вскрытия;

д) за стаиванием снега на льду;

е) за термическими и динамическими деформациями ледяного покрова (инструментальные измерения);

ж) за размерами полыньи в бьефах гидроузлов;

з) за положением кромки ледяного покрова в периоды замерзания и вскрытия;

и) за состоянием ледовых переправ;

к) наблюдения за ледовой обстановкой с помощью аэрометодов.

10.2. ВЫБОР ПУНКТА НАБЛЮДЕНИЙ

Наблюдения за ледовыми явлениями, организуемые станцией на участке гидрологического поста, производятся наблюдателем на возможно большом протяжении по длине реки выше и ниже гидроствора, доступном для обозрения в каждый срок наблюдений.

Протяженность участка на малых реках должна быть не менее 200—500 м, а на средних и больших реках в зависимости от их ширины — от 0,5 до 5 км (две-три ширины реки).

Участок наблюдений должен по возможности включать как плёсовый, так и перекатный участки реки. Для промерзающих до дна рек это условие обязательно.

Если нижележащий (нормирующий) перекат на промерзающей реке находится на значительном расстоянии от поста, превышающем 1,5—2 км, то наблюдения за ледовой обстановкой на перекате ведутся параллельно с наблюдениями на плёсе (по возможности не реже одного раза в сутки) только весной перед вскрытием реки, с начала наступления оттепелей до установления постоянного течения воды в русле и осенью со дня появления первых ледяных образований до установления на перекате ледяного покрова.

Для наблюдений выбираются наиболее возвышенные места берега, мосты, вышки и т. д., позволяющие иметь наибольший обзор реки выше и ниже поста.

Участок, в пределах которого описывается ледовая обстановка и места, откуда ведутся наблюдения, выбирается специалистами станции и указывается наблюдателю при организации поста.

10.3. СРОКИ И СОСТАВ НАБЛЮДЕНИЙ

10.3.1. Наблюдения за ледовыми явлениями начинаются со дня первого появления льда в районе пункта наблюдения и продолжаются до окончательного очищения водной поверхности реки ото льда. Ледовые наблюдения на постах выполняются ежедневно два раза в сутки в светлое время. Если светлое время суток совпадает со стандартными сроками наблюдений за уровнем воды (8 и 20 ч), ледовые наблюдения приурочивают к этим срокам. В противном случае первое ледовое наблюдение производится позже утреннего срока наблюдений за уровнем, а второе — ранее вечернего. Если условия видимости в начале дня были плохими (туман, снег, метель), наблюдения следует повторить в тот же день сразу после того, как видимость улучшится. Время повторного наблюдения должно быть указано в книжке наблюдений. Если в течение дня ледовая обстановка значительно изменяется, следует произвести дополнительные наблюдения (дополнительный срок), указав время этих наблюдений и по возможности причины, вызвавшие существенное изменение ледовой обстановки.

10.3.2. Ежедневные стандартные наблюдения за ледовыми явлениями на станциях и постах включают комплекс определений, тесно связанный с развитием ледовых процессов и меняющийся в соответствии с различными периодами (замерзание, ледостав, вскрытие) ледового сезона.

В период замерзания в пункте наблюдений определяются:

а) дата появления льда;

б) виды ледяных образований и ледовых явлений;

в) степень покрытия льдом реки;

г) ширина заберегов;

д) наличие внутриводного льда;

е) характеристики ледохода (шугохода);

ж) дата прекращения навигации.

В период ледостава определяются:

а) дата начала ледостава (полного, повторного);

б) состояние и характер ледяного покрова;

в) толщина льда;

г) деформации ледяного покрова — трещины, навалы, гряды, полыньи;

д) даты начала и конца образования снежного льда;

е) даты образования наледей;

ж) даты начала передвижения по льду (пешеходного, конного, автомобильного).

В период вскрытия определяют:

а) дату появления талой воды на льду;

б) дату схода снега с поверхности льда;

в) дату прекращения сообщения по льду;

г) наличие закраин;

д) наличие подвижек льда и разводий;

е) дату вскрытия;

ж) характеристики весеннего ледохода;

з) дату начала навигации;

и) дату полного очищения реки ото льда.

10.3.3. Наблюдатель должен быть своевременно подробно ознакомлен с характеристикой всех ледяных образований и ледовых явлений, которые встречаются на данной реке, их терминологией и условными знаками для зарисовки (картирования) (см. Наставление, вып. 2, ч. II, § 86 и 90).

При этом важно, чтобы наблюдатель знал названия ледовых явлений и внешний вид ледяных образований и отчетливо представлял себе их происхождение, естественную последовательность и возможные отклонения от нее.

При сравнительно однообразной и устойчивой во времени ледовой обстановке на участке поста результаты наблюдений за нею должны записываться наблюдателем в водомерной книжке КГ-1М в графе «Состояние реки». Запись производится в сроки наблюдения за ледовыми явлениями и должна содержать название наблюдаемых ледяных образований и характеристику степени их развития.

В случаях быстрого и существенного изменения ледовой обстановки на реке в течение суток, когда возникает необходимость в дополнительных наблюдениях за ледовыми явлениями между сроками основных наблюдений, наблюдатель обязан вести дневник. В дневнике в хронологическом порядке записывается последовательность развития ледовых явлений на участке поста в течение суток.

Дневник ледовых явлений ведется на отдельных листках, подшиваемых к водомерной книжке за данный месяц. Пример записи в дневнике приведен в § 89 Наставления, вып. 2, ч. II.

10.3.4. Если в момент наблюдений ледовая обстановка на участке поста разнообразна и описать ее с достаточной полнотой в виде текста затруднительно, наблюдателю следует рекомендовать в дополнение к записи производить в дневнике зарисовку (картирование) ледовой обстановки условными знаками на бланке плановой схемы участка (рис. 10.1).

Рис. 10.1. Образец картограммы ледовой обстановки на участке реки.

Бланки плановой схемы участка реки составляются станцией на основе съемки, произведенной при организации поста. Масштаб схемы должен быть таким, чтобы русло реки на ней (без поймы) изображалось полосой не менее 4—5 см. На бланке, помимо контуров реки, должны быть нанесены ориентиры, относительно которых ведется зарисовка: приметные обрывы берегов, устья ручьев, мосты, переправы, отдельно стоящие здания и деревья и т. п. В тех случаях, когда указанных ориентиров в пределах участка недостаточно, рекомендуется вдоль берега расставить специальные знаки (вехи) и нанести их на бланк плана реки. Наблюдатель должен быть заблаговременно снабжен достаточным количеством таких бланков.

Условные знаки, применяемые для изображения на схеме участка наблюденных ледяных образований и ледовых явлений, приведены в Наставлении, вып. 2, ч. II, § 90.

Примененные на картограммах условные обозначения ледовой обстановки должны быть обязательно пояснены текстом на самой картограмме или на отдельном листке сразу для серии картограмм в соответствии с принятой в Наставлении, вып. 2, ч. II терминологией ледовых явлений. Более подробно порядок составления картограмм изложен в Наставлении, вып. 2, ч. II (см. § 90).

10.3.5. Маршрутные обследования ледовой обстановки в районе поста имеют целью получить характеристику изменения ледовой обстановки по длине реки в периоды замерзания и вскрытия на расстоянии, достаточном для суждения о степени ее влияния на условия протекания реки на участке.

На постах больших рек, где гидрометрические работы преимущественно производятся силами работников станций, обследование ледовой обстановки выполняется в основном техником или инженером станции с привлечением наблюдателя. При выборе дополнительных мест, с которых ведутся наблюдения, одно из них должно обязательно находиться ниже границы участка поста. Наблюдения на всем протяжении участка обследования начинаются с момента, когда ледовая обстановка на нем быстро изменяется. Они особенно необходимы в те периоды, когда на посту наблюдаются резкие колебания уровня воды, так как позволяют выявить, не вызваны ли эти колебания только сменой ледовой обстановки на участке ниже или выше поста (перемещение кромки льда, скопления шуги, заторы и т. п.).

При обследовании ведется дневник и зарисовка (картирование) ледяных образований на бланке плановой схемы реки с нанесенными на ней ориентирами. В дневнике обязательна ежедневная запись. В дни, когда обследование не велось (ледовая обстановка на реке однообразна и резких изменений уровня воды на посту не наблюдалось), в дневнике записывается состояние реки на участке поста. Картограммы составляются по мере надобности. Наблюдения рекомендуется сопровождать фотографированием наиболее характерных фаз ледового режима реки.

На постах, где гидрометрические работы в периоды вскрытия и замерзания выполняются самостоятельно наблюдателем (преимущественно на малых реках), в его обязанность входит также и обследование ледовой обстановки по длине реки за пределами участка поста на расстоянии 5—8 км. Частота обследований и протяженность участка в таких случаях могут быть сокращены и определяются станцией, исходя из изложенных выше общих положений и в соответствии с особенностями режима конкретных рек и с реальными возможностями отдельных наблюдателей.

10.3.6. При наблюдениях за ледовой обстановкой, помимо вида ледяных образований, в соответствии с принятыми терминами определяются также степень их развития, характеристика ледохода (шугохода), расположение и размеры заберегов, закраин, трещин в ледяном покрове, полыней.

В периоды замерзания и вскрытия определяются густота ледохода (шугохода), толщина льдин или скоплений шуги, скорость движения льда (шуги). Подробное описание способов их определения приведено в п. 10.6 настоящего выпуска.

При наблюдении заберегов и закраин определяется на глаз, какую ширину в метрах имеют они у одного и другого берегов.

В полевой книжке записывается, например, так: «Забереги л/б—12 м, п/б — 6 м, толщина льда 5—8 см».

При наблюдениях за состоянием ледяного покрова определяется наличие и размеры полыней, направление и ширина трещин. Производится соответствующая запись в полевой книжке, например, так: «Полынья 0,2×2 км в 300 м от правого берега», «Продольная трещина в 10 м от правого берега шириной до 20 см».

Густота ледохода (шугохода), отмечаемая наблюдателем в полевой книжке в десятых долях ширины реки, занятой льдом (шугой), объединяется при картировании в три категории:

1) ледоход (шугоход) редкий — густота движущегося льда (шуги) составляет не более 0,3;

2) ледоход (шугоход) средний — густота движущегося льда (шуги) составляет 0,4—0,6;

3) ледоход (шугоход) густой — густота движущегося льда (шуги) составляет 0,7 и более.

В таблицах «Ежедневные уровни воды» (ЕУВ) и «Ежедневные расходы воды» (ЕРВ) Гидрологического ежегодника для обозначения интенсивности ледохода (шугохода) вводятся три вида условных знаков (см. п. 10.5.1 настоящего выпуска) вместо двух, имевшихся во втором издании данного выпуска.

10.4. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЛЕДОВЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ В РАЙОНАХ ГЭС

10.4.1. Ледовый режим рек вблизи гидроэлектростанций и других гидротехнических сооружений характеризуется некоторыми особенностями сравнительно с реками, находящимися в свободном состоянии.

Процессы ледообразования и формирования ледяного покрова в нижних бьефах гидроузлов определяются режимом работы ГЭС, расходом и температурой воды, поступающей в нижний бьеф, теплопотерями и гидравлическими условиями.

Условия формирования ледяного покрова вследствие неоднородности гидравлических характеристик существенно изменяются по длине нижнего бьефа. Особенно различается ледовый режим участков в зоне и вне зоны влияния режима работы ГЭС.

На участке, наиболее удаленном от плотины ГЭС, условия формирования ледяного покрова, сроки и продолжительность ледовых явлений не отличаются от бытовых. На участке, примыкающем к плотине, условия формирования ледяного покрова определяются режимом работы ГЭС. При большой регулирующей способности водохранилища размеры этого участка могут достигать 100—300 км. Характер формирования ледяного покрова по длине рассматриваемого участка не одинаков. Верхняя его часть характеризуется наличием в течение всего зимнего периода

полыньи, размеры которой изменяются под влиянием режима работы ГЭС и условий теплообмена.

Участок бьефа, находящийся в зоне перемещения кромки ледяного покрова, отличается неустойчивым ледовым режимом. Под влиянием суточного регулирования ГЭС на этом участке в течение зимнего периода ледостав чередуется с ледоходом и шугоходом.

При продвижении кромки льда на участках с повышенными скоростями течения под ледяной покров заносятся массы шуги и льда, вызывая стеснение русла, т. е. образуются зажоры и заторы, сопровождающиеся значительным повышением уровней воды.

На участках нижних бьефов с большими уклонами и скоростями течения при формировании ледяного покрова происходит образование каскада зажоров различной мощности.

Под влиянием многократных подвижек кромки льда формируются зажоры катастрофических размеров, почти полностью закупоривающие русло реки шугой и льдом.

Особенно большие стеснения русла отмечаются в момент резких увеличений расходов, в результате которых происходит интенсивное взламывание ледяного покрова и создаются условия для формирования заторов льда на нижерасположенных участках.

Формирование зажоров на участках нижних бьефов происходит иногда в течение всей зимы вследствие интенсивного шугообразования в приплотинной полынье. Шуга переносится под ледяным покровом на значительное расстояние от кромки льда, а скопления шуги могут отмечаться в нескольких местах одновременно.

Местами формирования зажоров и заторов в нижних бьефах являются главным образом участки с резким изломом продольного профиля — от большого уклона к малому — крутыми поворотами, мелями и другими препятствиями в руслах рек.

10.4.2. На постах, находящихся на участке нижнего бьефа, в период осеннего ледохода и шугохода фиксируется местоположение створа начала ледообразования, отмечаются ширина и форма заберегов, наличие шуги, а также места образования донного льда.

Производятся измерения степени покрытия реки льдом, скорости движения шуги или льда, размеров шуговых скоплений и льдин, а также объемов шуги и льда, поступающих к кромке ледяного покрова.

10.4.3. В период формирования ледяного покрова производятся наблюдения за положением кромки льда и ее перемещением. Скорость перемещения кромки льда определяется по времени прохождения ею гидрологических постов в заранее намеченных пунктах. Наблюдения за перемещением кромки ледяного покрова производятся на всех постоянных и временных постах. Кроме того, для более точного учета скорости продвижения кромки льда организуются либо наземные (с применением автотранспорта), либо авиационные обследования. При маршрутных обследованиях скорость перемещения кромки определяется один-два раза в сутки.

10.4.4. В состав наблюдений за перемещением кромки льда входят: определение места и размеров участка подвижек льда, сроков и продолжительности подвижек, скорости движения льда при подвижках, изменений в ледовой обстановке на участке, общее число подвижек за период формирования зажора (затора).

Для регистрации подвижек на зажорном участке на берегу через 200—300 м намечают ориентиры. В качестве последних используются характерные предметы: деревья, постройки и т. д. Кроме того, на ледяном покрове примечают характерные льдины или устанавливают специальные условные знаки (вехи). По смещению ориентиров, расположенных на ледяном покрове, определяют подвижки льда и их размеры. Все более или менее значительные срывы кромки ледяного покрова вниз по течению связаны с подвижками льда при формировании зажоров и заторов льда. Для наблюдений за условиями формирования зажоров льда организуется специальная сеть временных (сезонных) постов. Места расположения постов, состав и сроки наблюдений определяются программой этих работ в соответствии с «Методическими рекомендациями по наблюдениям за зажорно-заторными явлениями в нижних бьефах ГЭС» (Л., Гидрометеоиздат, 1972).

10.4.5. В период, предшествующий вскрытию, производятся наблюдения за закраинами и разрушением ледяного покрова, полыньями и т. д., при этом отмечается изменение состояния поверхности ледяного покрова, таяние снега, появление воды на льду, исчезновение такой воды. Разрушение льда характеризуется по визуальным признакам: наличие трещин, ухудшение прозрачности и т. д.; отмечается состояние переправ по льду. Производятся наблюдения за скоростью отступления кромки, т. е. продвижением кромки льда вниз по реке.

10.4.6. Наблюдатели постов на зарегулированных реках при наблюдениях и записи ледовой обстановки пользуются общей терминологией ледовых явлений, приведенной в § 86 Наставления, вып. 2, ч. II.

При смене ледовой обстановки, связанной с режимом работы сооружения, наблюдатель по возможности дополнительно указывает причины образования тех или иных ледовых явлений, например: «15/II, 12 ч. Вода поверх льда от попуска из водохранилища. При промерзании образовался новый слой льда 3—5 см» или «17/IV, 17—19 ч. Ледоход 0,9 по всей ширине реки вследствие сброса льда через плотину».

10.4.7. Наблюдения за ледовыми явлениями в водохранилищах производятся в соответствии с Наставлением, вып. 7, ч. I.

10.5. ЗАПИСЬ И ОБРАБОТКА НАБЛЮДЕНИЙ

10.5.1. Результаты наблюдений за ледовой обстановкой в виде записей в водомерной книжке, дневнике ледовых явлений и путем зарисовок на картограммах по получении на станции прове-

ряются по каждому посту в отдельности с точки зрения полноты и согласованности их между собой.

После проверки результаты наблюдений наносятся принятыми условными знаками на комплексный график по данному посту, на чертеж хронологических графиков колебания уровня воды, совмещенных по ряду постов, расположенных по длине одной реки, на хронограмму ледовых явлений (см. Наставление, вып. 6, ч. III).

После окончательной проверки и анализа на станции сведений о ледовых явлениях по графикам основные характеристики ледового режима реки на каждый день отмечаются условными знаками в полевой водомерной книжке и переносятся затем оттуда в годовую таблицу «Ежедневные уровни воды» Гидрологического ежегодника.

Условные знаки, применяемые при этом и помещаемые справа от значений уровня на этот день, приведены ниже:

: (двоеточие) — сало;

) (круглая скобка, открытая влево) — заберег;

× (косой крест) — редкий шугоход;

✳ (шестилучевая звездочка) — густой шугоход;

⊗ (кружок с косым крестом) — средний шугоход;

○ (кружок диаметром 2 мм) — редкий ледоход;

◑ (то же, полузалитый тушью) — средний ледоход;

● (то же, залитый тушью) — густой ледоход;

I (вертикальная черта за период) — ледостав;

|ξ (две вертикальные черты: прямая и волнистая) — закраина;

Р (буква «р») — разводья;

п (буква «п») — подвижка льда;

II (две вертикальные черты) — вода течет поверх льда (стоячая вода не отмечается).

▼ — затор льда ниже поста;

▲ — затор льда в створе и выше поста;

⧗ — зажор ниже поста;

⧗ — зажор в створе и выше водпоста.

Все прочие наблюденные ледовые явления, существенные для характеристики ледового режима на участке поста, но не отмеченные в годовой таблице условными знаками, приведенными выше, например, полыньи, наледь, стоячая вода на льду (если слой ее больше 0,1 м при сплошном покрытии свыше 0,2 ширины реки), лед подняло, лед растаял на месте и т. п., дополнительно выписываются ежемесячно в виде текста на комплексном графике или на обороте годовой таблицы уровня, а в конце года обобщаются по каждому посту в виде примечаний внизу таблицы ЕУВ (см. Наставление, вып. 6, ч. III).

В примечании также отмечается местоположение затора или зажора (указывается, на каком расстоянии выше или ниже створа он расположен).

При вычислении ежедневных расходов воды материалы, полученные в результате наблюдений за ледовой обстановкой на участке

поста и при обследовании по длине реки на участке большего протяжения в период вскрытия и замерзания, используются для уточнения условий протекания реки и при наличии ледяных образований.

10.5.2. Шифровки ледовых явлений производятся в соответствии с «Кодом для составления телеграмм с результатами гидрологических наблюдений на реках, озерах и водохранилищах», (Л., Гидрометеоиздат, 1976). В зашифрованном виде (двузначным числом) записываются основные ледовые явления и ледяные образования.

Допускается шифровать одновременно два явления или ледяных образования. В этом случае запись включает четыре цифры, из которых две последние цифры обозначают явление, наиболее важное с точки зрения влияния его на режим водного объекта. Например, если в графе 13 книжки КГ-1М записано число 16, это означает, что на видимом с пункта наблюдений участке реки наблюдается ледостав. Если в той же графе записано 0010, это означает, что в районе поста на видимом пространстве одновременно наблюдалась чистая вода и ледостав. То обстоятельство, что шифр (10) «участки с ледоставом чередуются с участками чистой воды» помещен на втором месте, подчеркивает большую важность именно этого явления.

При шифровке ледовых явлений необходимо учитывать следующее:

а) шифр ледостава (16) ставится за те сутки, в течение которых наблюдатель кроме ледостава не отмечал никаких других явлений;

б) шифр «вода на льду» (22), так же как и шифр «подвижки льда» (25) ставится за те сутки, в течение которых наблюдатель хотя бы один раз отметил их, но при этом не было отметок «ледоход», «плавающие льдины» или «чисто». Если наблюдатель отметил за данные сутки подвижку льда и наличие воды поверх льда, но не отмечал ледохода, следует поставить шифр только подвижки льда (25);

в) шифр «густой или средний ледоход» (09, 08) ставится за те сутки, в течение которых наблюдатель отметил это явление (даже если это было не в срок наблюдений). При наличии заберегов и ледохода шифруются оба эти явления.

При редком ледоходе шифр (07) ставится за те сутки, когда наблюдатель отмечал только одно это явление или наблюдал его в сочетании с чистой водой. Он может отмечаться в сочетании с шифром заберегов;

г) шифр «сало» (02) применяется в осенне-зимний период и в очень редких случаях весной в те сутки, когда наблюдатель отметил это явление хотя бы один раз, но не отмечал никаких других ледовых явлений, кроме первичных заберегов;

д) шифр «забереги» (01) ставится только при наличии устойчивых заберегов (неустойчивые забереги в графе 9 не шифруются).

10.6. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ШУГОХОДОМ И ЛЕДОХОДОМ

10.6.1. В периоды замерзания и вскрытия рек производятся наблюдения за шугоходом и ледоходом, предусматривающие определение их продолжительности, степени покрытия льдом реки, массы шуги на единицу площади ее поверхности, толщины льдин и скорости их движения. По этим данным вычисляются расходы шуги и льда, а также их сток за период.

Наблюдения за шугоходом и ледоходом в методическом отношении имеют много общего.

10.6.2. При ледоходе (шугоходе) определяется степень покрытия плывущими ледяными образованиями водной поверхности реки. Степень покрытия или коэффициент ледохода (шугохода) выражается в десятых долях ширины реки между заберегами и определяется визуально с возвышенной точки на берегу реки (с бровки коренного берега) или со специально устроенной вышки.

Наблюдения производятся 3 раза в сутки (в светлое время). Время первого и последнего сроков наблюдений определяется условиями видимости, зависящими от даты и широты места. Средний срок наблюдений назначается в 14 ч. Если шугоход продолжается не прерываясь длительное время (более 5 суток), то число сроков наблюдений сокращается до двух.

На многих горных реках интенсивный шугоход наблюдается в утренние часы, а после полудня шуга в реке исчезает. В этом случае наблюдения необходимо вести через 2—3 часа. Сроки наблюдений устанавливаются на месте специалистами станции, сообразуясь с суточным ходом явления. При необходимости проводить наблюдения в ночное время поверхность реки освещается ракетами. Для этой цели используется ракетница и сигнальные ракеты белого цвета.

Коэффициент ледохода (шугохода) определяется в зависимости от условий распределения ледяных образований по ширине реки:

1) при однородном распределении льда по ширине реки наблюдатель оценивает визуально сразу для всей ширины реки густоту льда, которая в данном случае представляет собой коэффициент ледохода (шугохода);

2) на реках довольно часто лед и шуга распределены неравномерно по ширине реки. Если льдины плывут полосой, а на остальной части реки ледоход отсутствует или имеет небольшую густоту, в этом случае оценивается густота ледохода в двух выделенных зонах отдельно и относительная ширина этих зон в десятых долях от ширины реки. В полевую книжку сначала записывается густота ледохода, а затем после знака умножения (×) — относительная ширина полосы. Если на остальной части реки также плывут ледяные образования, то после знака сложения (+) записывается густота ледохода (шугохода) второй зоны, потом ставится знак (×) и записывается относительная ширина этой зоны. Например, запись: $0{,}8 \times 0{,}2 + 0{,}1 \times 0{,}8 = 0{,}2$ означает, что ледо-

ход густотой 0,8 занимает полосу с относительной шириной 0,2, а на остальной части реки наблюдался ледоход с густотой 0,1. Коэффициент ледохода (шугохода), учитывая приближенность визуальных определений, округляется до первого знака после запятой.

В книжку записывается также характеристика ледохода в баллах по 11-балльной системе. За нуль принимается свободная ото льда поверхность реки, а за 10 баллов — сплошь покрытая льдом. Один балл соответствует 0,1 коэффициента ледохода, т. е. 1 балл — 0,1; 2 балла — 0,2; 3 балла — 0,3 и т. д.

При визуальном определении густоты шуги и льда следует учитывать, что наблюдатель видит поверхность воды под углом и в перспективе. Льдины, выступающие над водой, заслоняют от глаз наблюдателя часть водной поверхности. Поэтому с удалением зоны от наблюдателя густота кажется больше.

Визуальные определения густоты ледохода и шугохода будут достаточно надежными, если возвышение пункта наблюдений над урезом воды будет составлять не менее 1 : 30 ширины реки. При меньших значениях этого отношения надежность оценки густоты ледохода обеспечивается, если полоса плывущего льда проходит близко к берегу, где располагается наблюдательный пункт. В тех случаях, когда на берегу нет соответствующих возвышений для наблюдений, оборудуется специальная вышка.

Нередко шугоход сопровождается движением сала, снежницы, блинчатого льда и сильно смерзшейся шуги. Наличие этих включений должно быть отмечено наблюдателем в примечаниях водомерной книжки КГ-1М или в книжке для записи наблюдений за шугоходом.

10.6.3. Для определения расходов льда и шуги в первом случае определяется толщина льда, а во втором — количество шуги на единицу площади, занятой плывущей шугой.

Толщина может быть непосредственно измерена только у льдин, остановившихся у берега. Измерение производится ледомерной рейкой, а результат записывается с точностью до 0,01 м. Если условия для непосредственного измерения отсутствуют, толщина льдин оценивается визуально по высоте части льдин, выступающих над водной поверхностью (0,1 от всей толщины льдин). Результат записывается в метрах с точностью 0,1 и 0,05 при толщине льдин соответственно более и менее 0,5 м.

Помимо густоты и толщины оцениваются также преобладающие размеры плывущих льдин в метрах.

10.6.4. Количество (масса) шуги на единицу площади скопления определяется шугобатометром, представляющим собой трубу квадратного сечения (площадью 50 см² — ГР-3 и 100 см² — ГР-3М), изготовленную из листового оцинкованного железа (рис. 10.2). К нижней части трубы приклепан стальной башмак с острыми режущими кромками для облегчения погружения шугобатометра в слой шуги. Для удержания захваченной пробы шуги

в нижней части трубы имеется откидная металлическая дверца, открывающаяся только внутрь прибора и не препятствующая проходу шуги при вертикальном погружении шугобатометра в слой плывущей шуги. С той же целью верхняя часть шугобатометра также снабжена металлической дверцей с защелкой. Для свободного выхода воды, захватываемой вместе с шугой, в стенках шугобатометра и в дверцах имеются отверстия.

Рис. 10.2. Шугобатометр ГР-3.

Для погружения шугобатометра в слой плывущей шуги применяются два способа:

1) к шугобатометру привинчивается болтами деревянная ручка, с помощью которой удобно погружать шугобатометр с лодки или с низких мостков;

2) при наблюдениях с высоко расположенных мостков, гидротехнических сооружений или с подвесной люльки взамен деревянной ручки прикрепляется в имеющиеся для этой цели вверху трубы проушины металлическая дужка, к которой крепится прочная веревка.

В первом случае шугобатометр резко погружают в шугу и вырезают из нее столб, равный толщине шугового ковра. Во втором случае при свободном бросании прибора с высоты, превышающей 3—5 м, также обеспечивается достаточная сила удара для погружения шугобатометра в шугу. Прибор, имея утяжеленную башмаком нижнюю часть, опускается при свободном бросании вертикально.

10.6.5. При помощи шугобатометра из вертикального столба воды в реке берется проба шуги с площадью основания, равной сечению шугобатометра. Проба шуги высыпается из шугобатометра в ведерко, прилагаемое к шугобатометру, и взвешивается

с точностью до 50 г безменом, также входящим в комплект шугобатометра. Результаты измерения записываются в книжку.

Масса пробы шуги делится на площадь сечения шугобатометра и записывается в тоннах на 1 м^2 (результат в г/см^2 делится на 100).

В отдельных случаях могут представлять интерес данные о толщине слоя плывущей шуги (например, при проектировании устройств для задержания или сброса шуги, определения ее плотности и т. д.), поэтому в комплекте шугобатометра имеется специальная рейка, при помощи которой измеряется толщина слоя шуги, захваченной шугобатометром.

Деления на рейке нанесены сверху вниз, поэтому при отсчете сразу получают высоту захваченной пробы шуги, находящейся в шугобатометре ниже рейки. Данные измерений записываются в книжку.

10.6.6. На реках, где вблизи гидрологической станции (поста) имеется мост, взятие проб шуги шугобатометром производится с моста на ряде вертикалей, находящихся в зоне полосы движущейся шуги. В этом случае в зависимости от ширины реки назначают 3—5 вертикалей, на которых последовательно при каждом измерении расхода шуги берут 5 проб на каждой вертикали.

Если гидроствор оборудован канатом, применяемым для гидрометрических работ (на средних и малых реках), пробы шуги следует брать с лодки.

Во многих случаях шуга неравномерно распределена по поверхности воды и движется сравнительно узкой полосой, проходящей по стрежню реки, либо прижимающейся к вогнутому берегу. В этом случае при отсутствии переправ и каната можно ограничиться взятием проб шуги вблизи берега на одной вертикали в створе, где шуга прижимается к берегу, с которого вблизи уреза воды удобно брать пробы шуги. Можно рекомендовать сооружение специального консольного мостика из двух параллельно уложенных досок, опирающихся на деревянные козлы на высоте около 0,5 м над водой и выступающих на 2—3 м от уреза.

Число проб на береговой вертикали должно быть не менее десяти при каждом измерении расхода шуги. Пробы без шуги при случайном попадании шугобатометра в просветы между комьями шуги не учитываются.

Обстановка и условия работы с моста, лодки, берега и т. д. должны быть описаны на первой странице книжки. При числе вертикалей более одной данные наблюдений записываются на дополнительных листах. Средние значения массы шуги за сроки наблюдений, необходимые для вычисления расхода шуги, берутся как среднеарифметическое из всех проб как в случае работы на одной вертикали, так и на нескольких вертикалях.

10.6.7. Скорость движения плывущей сверху шуги определяется по времени прохождения отдельными, хорошо заметными комьями или венками шуги участка пути длиной от 25 до 100 м (в зависимости от скорости движения плывущей шуги).

Для этой цели на прямолинейном участке реки вблизи пункта наблюдений устраиваются два створа с вехами на расстоянии, например, 100 м один от другого. Наблюдатель засекает с помощью секундомера время прохождения выбранного скопления шуги через верхний створ и, идя по берегу к нижнему створу, наблюдает за прохождением того же скопления шуги через нижний створ, засекая момент прохождения.

Расстояние между створами, деленное на продолжительность движения шуги между ними в секундах, характеризует скорость движения плывущей шуги (в метрах в секунду). Такие измерения производятся 5 раз при каждом цикле измерений. При измерениях следует выбирать скопления шуги (комья или венки), проходящие на различных расстояниях от берега, для получения средней скорости для всей ширины реки в пределах ее покрытия шугой.

В книжку, кроме записи наблюдений за скоростью движения шуги, записывается также ширина шуговой полосы и суммарная ширина заберегов правого и левого берегов. Створ наблюдений за густотой шугохода, количеством шуги, шириной заберегов и шуговой полосы обычно совпадает с одним из створов для измерения скоростей движения шуги.

На реках, оборудованных люлечными переправами и гидрометрическими мостиками, скорость плывущей шуги удобно измерять по рейке (длиной 4—5 м), которая удерживается на плаву у створа веревкой, привязанной к концу рейки. Наблюдатель определяет скорость движения шуги, выбрав подходящее скопление шуги, проплывающее вблизи рейки, пуская и останавливая секундомер в моменты, когда характерная часть скопления пересекает «створы» верхнего и нижнего концов рейки. Скорость шуги вычисляется делением длины рейки на время прохождения скопления вдоль нее. На каждой вертикали производится по три измерения скорости плывущей шуги.

10.6.8. Расход шуги (т/с), плывущей по поверхности воды ($N_ш$), вычисляется по формуле

$$N_ш = \alpha a v_ш B,$$

где α — коэффициент шугохода (степень покрытия реки льдом); a — масса шуги на единицу площади скопления, т/м^2; $v_ш$ — средняя скорость движения шуги, м/с; B — ширина реки между заберегами, м.

Расход льда (м^3/с) вычисляется по формуле

$$N_л = \alpha h_л v_л B,$$

где $h_л$ — толщина плывущих льдин, м.

Результаты измерений расходов шуги и льда в створе оформляются в виде ведомости (табл. 10.1).

При расчете стока льда за каждые сутки периода с ледоходом применяются следующие способы в зависимости от частоты измерений расходов льда и суточного хода явления:

1) расходы шуги и льда измеряются с частотой три и более раз в сутки. Сток льда вычисляется суммированием произведений полусумм расходов льда, измеренных в смежные сроки, на интервал времени между ними в секундах;

2) расходы шуги и льда измеряются 1—2 раза, а коэффициент ледохода — несколько раз в сутки. Для каждого срока определения коэффициента ледохода по интерполяции вычисляются скорость движения льда (с учетом хода уровней), толщина льда или масса шуги на единицу площади, а также ширина реки между берегами. По этим данным вычисляются расходы шуги (льда);

3) при расчете стока шуги используется также часто встречающееся, характерное для одного и того же створа значение a при данном коэффициенте шугохода. С этой целью строится график связи между расходами шуги и коэффициентом шугохода, на основании которого можно определить значения расходов в сроки, когда наблюдалась густота шугохода. Качество таких связей определяется многими и главным образом местными условиями. Существующий опыт подтверждает возможность получения таких зависимостей по данным наблюдений в течение одного-двух сезонов.

10.7. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ТОЛЩИНОЙ ЛЬДА

10.7.1. В состав наблюдений за толщиной льда на гидрологических станциях и постах входят:

1) измерения толщины льда в единичных точках на участке по-

Таблица 10.1

Данные о расходах шуги и льда

Дата	Время ч мин	Ширина реки, м	Средняя густота	Скорость движения шуги (льда), м/с		Толщина пробы шуги, м	Масса шуги, т/м³		Толщина льдин, м	Расход		Примечания
				ср.	наиб.		ср.	наиб.		шуги, т/с	льда, м³/с	
2/XI	16 20—17 10	400	3	1,2	2,1	0,07	0,19	0,32		27,0		*Шуга идет полосой*
3/XI	15 00—16 10	390	4	1,2	2,2	0,05	0,21	0,40		39,0		
5/XI	12 00—13 20	380	4	1,0	2,3	0,03	0,1	0,24		15,1		*Среди шуги смерзшиеся скопления*
10/XI	10 50—12 00	380	6	1,6	2,3	0,09	0,22	0,34		81,0		

ста, выполняемые наблюдателем (см. Наставление, вып. 2, ч. II, § 91—98);

2) измерение толщины льда на участке реки во многих точках — ледомерная съемка.

10.7.2. Ледомерная съемка участка реки производится:

1) для выявления соответствия результатов измерений в единичных точках средним значениям толщины льда на участке реки в районе поста;

2) в составе специальных видов наблюдений, например, при изучении заторных и зажорных явлений.

Помимо данных для суждения о типичности места систематических измерений толщин льда результаты ледомерных съемок дают также основание для помещения в описаниях постов и станций Гидрологического ежегодника за годы съемок общей характеристики распределения толщин льда на участке реки.

Ледомерные съемки на больших реках выполняются преимущественно работниками гидрологических станций совместно с наблюдателем. В отдельных случаях наблюдателю может быть поручено самостоятельное выполнение съемки по заранее разбитым на местности поперечным профилям. При этом ввиду большой трудоемкости связанных со съемкой полевых работ разрешается съемку производить частями на протяжении нескольких (не более четырех) дней.

Ледомерная съемка для проверки репрезентативности наблюдений в единичной точке выполняется при организации систематических наблюдений или проверке правильности этой организации на существующих постах. Производятся ледомерные съемки для этих целей в середине и конце периода ледостава.

Длина участка ледомерной съемки должна быть примерно равной пятикратной ширине реки зимой. Когда в районе поста имеются выраженные плёс и перекат, участок ледомерной съемки располагается с таким расчетом, чтобы захватить части плёса и переката, включая его гребень. Если деление русла на плёсы и перекаты выражено слабо, участок ледомерной съемки располагается симметрично относительно створа гидрологического поста. Участок ледомерной съемки сохраняется постоянным на период действия данного поста.

Ледомерные съемки на больших и средних реках производятся по поперечникам, которые привязываются к планово-высотным знакам топографического плана участка поста. Общее количество поперечников должно быть не менее пяти. Два из них располагаются на границах участка, а остальные — на равных расстояниях между ними. Если готового плана топографической съемки для участка данного поста нет, разбивка поперечников на местности производится с привязкой их к постоянным ориентирам на участке.

На каждом поперечнике устанавливается не менее семи точек измерений, причем по ширине реки они располагаются равно-

мерно: береговые точки на расстоянии 5—10 м от берега, а остальные примерно на равных расстояниях друг от друга (около $^1/_6$ ширины реки).

Среднеквадратическая относительная погрешность определения средней по створу толщины льда (δ) вычисляется по формуле

$$\delta = \frac{C_{v_n}}{\sqrt{n}},$$

где C_{v_n} — коэффициент вариации толщины льда; n — число точек измерения. C_{v_n} на реках обычно не превышает 0,2. Таким образом, ошибка определения средней толщины льда по створу при семи точках измерения составит менее 10%.

10.7.3. При производстве ледомерной съемки следует учитывать некоторые основные особенности распределения толщины льда на участке.

При наличии подо льдом шуги, т. е. в тех случаях, когда в процессе съемки выяснилось, что шуга обнаруживается не во всех точках и границы ее распространения (в плане) не могут быть определены измерениями в принятых, согласно общим правилам, профилях и скважинах, рекомендуется назначить несколько дополнительных точек измерения между поперечниками и между основными скважинами.

При сильно торосистой поверхности льда точки измерения назначаются в промежутках между торосами. Дополнительно следует измерять (или определять на глаз) высоту тороса на поперечнике, отмечая преобладающие значения этих высот в графе примечаний полевой книжки для записи промеров.

При наличии на участке съемки отдельных, незначительных по площади полыней, необходимо глазомерно заснять их очертания. Поперечники в этом случае следует по возможности назначать между полыньями.

Местные выходы у берегов грунтовых вод, вызывающих иногда на значительном расстоянии вдоль берега незамерзающие закраины, должны быть обследованы и нанесены на план съемки.

10.7.4. На малых реках, имеющих ширину при ледоставе менее 25 м, производятся ледомерные съемки, а измерения толщины льда в пяти точках, назначенных по стрежню реки через 25—50 м с таким расчетом, чтобы охватить характерные участки реки. Одна точка назначается в месте ежедневных измерений вблизи водомерного поста и по две точки выше и ниже по течению. Измерения толщины льда на малых реках в пяти точках поручаются наблюдателю. Обработка и анализ результатов этих измерений выполняются станцией. При однородной толщине льда на участке измерения производятся в течение двух-трех зим ежедекадно. Если выявится большая неоднородность ледяного покрова, ежедекадные измерения в пяти точках производятся ежегодно.

10.7.5. В районах многолетней мерзлоты и глубокого промерзания почвы на участках малых рек с большим стеснением русла льдом пробивка скважин вызывает иногда обильный выход воды на поверхность льда (искусственная наледь). В то же время образование наледи для данного участка может быть не характерно. В этом случае систематические измерения в единичной точке следует производить реже — до одного раза в месяц.

10.7.6. Ледомерные съемки, выполняющиеся при специальных видах наблюдений, регламентируются в части длины участка, числа поперечников и промерных точек, сроков проведения и топографической основы задачами выполняемых исследований. В частности, при длине участка более 15 км планово-высотное закрепление поперечников на местности и составление топографического плана обязательно только в случае, если съемки на этом участке производятся систематически, или одной из целей съемки является получение плана русла реки.

Для целей определения объемов льда на участке или мест с наибольшими толщинами льда одинаковое расстояние между поперечниками не выдерживается. Они назначаются в характерных местах: на середине плёса, гребне переката, в наиболее суженных местах, а также на участках торошения, которое имело место при замерзании реки. Местоположение поперечников наносится на карту-схему участка реки.

10.7.7. При выполнении ледомерной съемки в каждой точке измеряются:

1) высота снега на льду;
2) общая толщина льда;
3) толщина погруженного льда;
4) толщина подледной шуги;
5) глубина реки от уровня воды в лунке.

Высота снежного покрова на льду измеряется переносной снегомерной рейкой. При наличии мокрого снега его высота показывается отдельно. Толщина льда измеряется металлической рейкой, прилагаемой к буру. Толщина подледной шуги измеряется рейкой с откидной планкой, удлиненной до 150—200 мм. Если подледная шуга имеет рыхлую структуру, для измерения ее толщины необходимо применять звуковую шугомерную рейку ГР-85, к которой прилагается комплект штанг, чтобы она могла быть использована при большой толщине шуги и для промеров русла. Описание приборов для измерения толщины льда и шуги приводится в Наставлении, вып. 2, ч. II.

10.7.8. При ледомерных съемках описывается структура ледяного покрова на характерных участках реки (плёс, перекат) и в точке поперечного профиля на середине реки. Для описания структуры льда из ледяного покрова выбуривается цилиндрический монолит кольцевым буром (см. Наставление, вып. 2, ч. II). Описание структуры льда можно сделать и по стенке лунки, пробитой пешней. Лунка для этой цели делается больших размеров

и ее пробивают осторожно, снимая лед тонкими слоями, чтобы лунку не залило водой. Структура льда может быть определена и по монолиту, специально выпиленному из ледяного покрова. Монолит извлекается из воды с помощью каната 4 ваг. Его размеры в плане берутся примерно равными 0,4×0,4 м.

При описании структуры льда по слоям отмечаются следующие его виды: кристаллический, снежный, шуговой (из смерзшейся шуги), наледный, а также внешний вид льда: мутный или прозрачный, имеются ли пузырьки воздуха, твердые включения в виде песка, водорослей, ила, гальки и т. п.

Толщина отдельных слоев льда, выделенных по структуре, замеряется. Ниже приводится краткая характеристика видов льда.

Кристаллический лед — составляет нижний, прилегающий к воде (если нет подледной шуги) слой, образующийся при непосредственном замерзании речной воды с поверхности; прозрачен, имеет призматические структурные отдельности, на которые распадается при ударе; может содержать включения пузырьков газа (воздуха), при этом становится матовым, серовато-белым.

Снежный лед — залегает поверх кристаллического льда и образуется от смерзания смоченного снега на льду; имеет неоднородную структуру по слоям, различающуюся в зависимости от степени смачивания снега водой. При незначительном смачивании (обычно в самом верхнем слое, выше которого располагается слой снега) снежный лед сохраняет структуру отдельных зерен с обтаявшими, сглаженными краями. Снежный лед — мутный от большого количества полостей, наполненных воздухом. На границе с кристаллическим льдом часто сохраняется прослойка незамерзшей воды.

Шуговой лед — формируется в результате промерзания скоплений шуги; имеет мутный цвет, зернистое строение; для него характерны включения воздуха и большое содержание взвешенных наносов. Слой шугового льда может находиться поверх кристаллического льда (первоначальный ледяной покров сформировался из скоплений шуги) и ниже его — при промерзании подледной шуги.

Наледный лед — залегает на поверхности ледяного покрова и образуется при замерзании выступающей на лед воды за счет стеснения живого сечения при промерзании реки или растекании по льду воды из мелких притоков. Прозрачен, имеет характерную бугристую поверхность.

10.8. ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ И АНАЛИЗ ЛЕДОМЕРНЫХ СЪЕМОК

10.8.1. При обработке материалов ледомерной съемки составляются: а) план ледомерной съемки и б) поперечные профили.

В качестве основы для плана ледомерной съемки используется план топографической съемки участка реки.

На плане должны быть нанесены знаки планово-высотного обоснования съемки (магистраль, реперы и т. п.) и поперечные профили, по которым измерялась толщина льда.

Справа от линии профиля на плане выписываются значения общей толщины льда по измерениям в отдельных точках, слева — соответствующие значения глубин. При достаточном количестве точек измерений на плане синим карандашом проводятся изолинии общей толщины льда через 5 или 10 см, но не менее двух — четырех изолиний. Наносятся трещины, полыньи, закраины, пунктиром — границы области подледной шуги и т. п. На плане обязательно отмечается условным знаком место производства систематических (декадных или пентадных) измерений толщины льда на участке.

Поперечные профили вычерчиваются на отдельном листе миллиметровой бумаги, причем для удобства анализа и сопоставления все профили должны быть помещены подряд по возможности на одном листе.

Масштаб горизонтальных расстояний выбирается с таким расчетом, чтобы длина поперечных профилей составляла около 10—15 см, а соотношение глубины и ширины (в масштабах) было равным 0,2—0,5.

На поперечных профилях наносятся по данным измерений высота снега, общая толщина льда и подледной шуги (с выделением толщины погруженного льда и шуги) и глубина реки. Для рек с большими глубинами, когда изображение их в одном вертикальном масштабе с толщиной льда является не наглядным, линия дна поперечных профилей не вычерчивается, а масштаб выбирается, исходя из наблюденных значений толщины льда. Левый берег помещается на чертеж слева, а правый — справа. На чертеже должны быть указаны масштабы, принятые для нанесения всех величин. Выписка под чертежом цифровых данных результатов не обязательна.

10.8.2. Анализ материалов ледомерной съемки состоит в рассмотрении плана и поперечных профилей толщин льда на участке с точки зрения распределения на нем полученных значений, их однообразия или закономерности изменения. Для этой цели при съемках, проводимых на одном сплошном участке (без предварительного выделения плёсов и перекатов), следует прежде всего по каждому из поперечных профилей съемки вычислить осредненные значения толщины льда для стрежневой полосы реки как средние арифметические из измерений в двух-трех точках, расположенных примерно в пределах до 1/3 всей ширины реки. Затем полученные значения сопоставляются между собой и со средним арифметическим их значением по всему участку. Последнее сопоставляется также с результатами систематических (декадных или пентадных) измерений толщины льда на участке в единичных точках.

Сопоставление осредненных значений толщины льда по отдельным поперечным профилям позволяет судить о степени равно-

мерности залегания ледяного покрова в пределах участка, а сопоставление среднего значения толщины льда на всем участке по стрежню с результатами систематических измерений — о типичности места этих измерений.

Примеры

1. В результате ледосъемки на р. Угловка в 1972 г. по семи поперечникам были получены осредненные значения толщины льда в стрежневой полосе участка для отдельных поперечных профилей: 27, 18, 26, 24 (гидрологический створ), 26, 24 и 25 см. Среднее из указанных значений равно 24. Отклонение от этого среднего для отдельных профилей составляет менее 15%, за исключением профиля № 2.

Значительное преуменьшение толщины льда только в профиле № 2 дает основание предполагать наличие на участке местной причины этого явления, что должно быть подтверждено полевым обследованием реки вблизи этого профиля и последующими измерениями (при вычислении среднего значения толщины льда на участке результаты измерения в подобных единичных профилях могут не учитываться).

Систематические наблюдения за толщиной льда ведутся на участке вблизи профиля № 4, т. е. место их производства достаточно типично для данного участка реки.

2. На р. Луговая в 1971 г. по отдельным поперечным профилям были получены значения измеренных толщин льда (осредненные по стрежневой полосе): 28, 33, 26, 15 (гидрологический пост), 21 и 28 см.

Как видно из рассмотрения приведенных значений, они обнаруживают значительные колебания в пределах обследованного участка, а место систематических измерений, расположенное вблизи профиля № 4 (гидрологический пост), является нетипичным на участке в целом.

Повторная съемка, проведенная на том же участке реки в конце зимы, подтвердила указанные соображения относительно места систематических измерений, хотя общее распределение толщин льда на участке к концу зимы стало более равномерным. Полученные осредненные для стрежневой полосы значения толщин льда по отдельным профилям составили: 57, 55, 49, 46 (гидрологический пост), 50 и 56 см.

В случаях явно выраженной нетипичности места систематического измерения толщины льда необходимо провести анализ причин неоднородности залегания льда на участке (см. ниже). В результате анализа участок съемки следует либо продолжить вверх или вниз по течению с тем, чтобы подыскать для систематических наблюдений условия более равномерного распределения толщины ледяного покрова по длине реки, а первоначально выбранный участок считать неудачным, либо, если неравномерная толщина льда по длине реки характерна на большом протяжении, ледомерные съемки на участке поста вести ежегодно, а систематические наблюдения организовать не в одном, а в двух профилях с примерно крайними значениями толщины льда, близкими к наибольшей и наименьшей.

При выявлении причин неравномерности толщины льда на участке следует полученные ее значения по отдельным поперечным профилям сопоставлять с изменением на нем морфометрических и гидравлических характеристик реки (глубина, ширина, очертание русла в плане, скорость и т. п.). Для ориентировки при этом рекомендуется использовать материалы рекогносцировоч-

ного обследования по длине реки, проводимого при организации гидрометрических работ, крупномасштабные карты, продольные профили, сведения о водохозяйственном использовании реки и т. п.

Существенное изменение в толщине льда (нарастание его или убывание), прослеживаемое по смежным профилям, характерно для участков реки между плёсом и перекатом. Выделившиеся при этом две группы различных значений толщины льда на таких участках сохраняются обычно из года в год. Поэтому и для систематических (декадных или пентадных) наблюдений толщины льда на них в дальнейшем так же, как и для случаев, когда участки плёса и переката выделяются предварительно по данным топографической съемки, должны быть выбраны два различных места измерений. Одно из этих мест должно характеризовать средние условия толщины льда в плёсе, а другое — на перекате.

При явно выраженной нетипичности места систематических измерений толщины льда его перенос должен быть осуществлен сразу же после первой зимы, когда это было выявлено, не дожидаясь подтверждения ледосъемками последующих лет.

Сведения о выявленной нетипичности ранее опубликованных результатов измерений должны быть помещены в описании станции (поста) или на титульном листе таблицы «Толщина льда» Гидрологического ежегодника за тот год, когда это было обнаружено.

В случае систематических измерений толщины льда одновременно в двух местах (на плёсе и перекате) в Гидрологическом ежегоднике помещаются результаты наблюдений по обеим точкам, а в описании по данному посту и на титульном листе таблицы «Толщина льда» даются соответствующие пояснения.

При неоднородной толщине ледяного покрова на участке поста вследствие природных или искусственно созданных условий формирования общая характеристика залегания льда на участке по материалам ежегодно проводимых ледомерных съемок помещается в виде текста в «Описаниях станций и постов» Гидрологического ежегодника на данный год. В них должны быть указаны крайние отклонения наблюденных значений толщины льда на стрежне в пределах участка относительно результатов систематических измерений в постоянном месте.

10.8.3. Перечисленные выше отчетные документы, составляемые в результате ледомерной съемки, представляются станцией в УГМС (ГМО) вместе с полевыми книжками измерений и с краткой пояснительной запиской. В записке должно быть дано описание полевых условий производства съемки, анализ полученных материалов и конечные выводы по результатам съемки.

При описании полевых условий производства измерений указываются: дата съемки, длина всего участка, расстояния между поперечниками и точками, особенности их назначения, вызванные условиями ледовой обстановки на данном участке (при нали-

чии полыней, торосов, закраин, наледей, зашугованности и пр.), особенности производства измерений — способ пробивки скважин (лунок), приборы, примененные для измерений толщины льда и снега; прилагается описание структуры льда в лунке на середине реки в створе систематических измерений толщины льда.

Результаты анализа материалов и выводы излагаются в соответствии с указанным выше. Приводится обобщенная характеристика залегания льда на всем обследованном участке, даются

Рис. 10.3. Графики нарастания толщины льда на участке реки (по наблюдениям в пяти точках).

Тип *I* — участок с однообразной толщиной льда; тип *II* — участок с неоднородной толщиной льда (плёс—перекат). Сплошная линия — толщина льда в точке систематических наблюдений.

крайние значения толщины льда в стрежневой полосе участка и сопоставляются с полученными в постоянном месте измерений; указывается новое место, куда рекомендуется перенести систематические наблюдения, если прежнее место не характерно.

Записка используется в качестве материала для составления соответствующего раздела описаний станций и постов Гидрологического ежегодника.

10.8.4. В результате обработки материалов декадных наблюдений в пяти точках по длине малых рек составляются:

1) план участка реки (на основе топографической съемки) с обозначением мест измерений и с указанием полученных значений толщины льда и глубины в декаду с наибольшей толщиной льда. Масштаб плана должен быть таким, чтобы русло реки на нем изображалось полосой шириной не менее 3—5 см.

2) таблица измерений в отдельных точках по срокам за весь период наблюдений — гидрологическую зиму;

Таблица 10.2

Таблица результатов декадиых измерений толщины льда в пяти скважинах по длине малой реки (см)

№ п/п	Река — пост	№ лунки (точки)	Характеристика участка	XI			XII			I			II			III		
				10	20	30	10	20	31	10	20	31	10	20	28	10	20	31
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	*р. Снежина — д. Горки*	1	*Без ясно выраженных плесов и перекатов*	*Ледоход 0,6*	*8*	*10*	*15*	*17*	*18*	*20*	*18*	*25*	*32*	*32*	*33*	*37*	*42*	*31*
		2			*9*	*11*	*11*	*19*	*18*	*18*	*21*	*29*	*38*	*37*	*38*	*46*	*48*	*38*
		3			*9*	*8*	*13*	*20*	*19*	*20*	*23*	*26*	*36*	*38*	*37*	*46*	*47*	*42*
		4			*10*	*9*	*10*	*17*	*17*	*19*	*22*	*26*	*35*	*36*	*36*	*40*	*38*	*34*
		5			*7*	*8*	*14*	*21*	*20*	*23*	*22*	*31*	*43*	*38*	*41*	*44*	*45*	*40*
2	*р. Медуница — д. Казичино*	1	*Перекат*							*0*	*4*	*7*	*22*	*25*	*26*	*23*	*17*	*15*
		2	*Плёс*	*15*	*18*	*27*	*26*	*27*	*26*	*23*	*35*	*40*	*47*	*51*	*52*	*50*	*50*	*33*
		3	*Плёс*	*12*	*16*	*21*	*21*	*23*	*23*	*25*	*28*	*26*	*35*	*40*	*45*	*47*	*33*	*21*
		4	*Плёс*	*20*	*22*	*24*	*27*	*25*	*30*	*31*	*30*	*35*	*42*	*38*	*36*	*36*	*36*	*26*
		5	*Перекат*				*4*	*4*	*7*	*7*	*13*	*13*	*14*	*20*	*26*	*12*	*14*	*15*

3) совмещенные хронологические графики изменения толщины льда по отдельным скважинам за тот же период.

10.8.5. Анализ материалов состоит в сопоставлении между собой результатов измерений толщины льда, полученных в отдельных точках, по величине и по ходу изменения во времени.

При анализе могут быть выявлены следующие типовые случаи:

1) толщина льда на всем участке измерений сравнительно однородна (в пределах 15—20%) и имеет однотипный характер изменения в течение зимы (рис. 10.3, тип *I*). В этом случае место систематических (декадных или пентадных) измерений толщины льда вблизи поста можно считать соответствующим средним условиям на всем участке;

2) толщина льда на участке неоднородна и обнаруживает наличие различных групп значений толщины льда на участках, соответствующих различным гидравлическим условиям протекания реки: плёс и перекат (рис. 10.3, тип *II*). В этом случае систематические измерения толщины льда должны быть организованы на двух отдельных участках реки — на плёсе и на перекате (табл. 10.2);

3) нарастание льда на участке происходит различно из года в год вследствие особых условий его формирования (шугоносные реки, участки зарегулированных рек ниже плотин ГЭС и т. п.).

В этих случаях ежедекадные измерения толщины льда в пяти лунках проводятся в течение двух-трех зим, а в последующие годы 2 раза в зиму (после образования ледяного покрова и в период максимальной его толщины).

Результаты проведения на малых реках декадных измерений толщины льда в ряде точек по длине участка представляются в ГМО в Гидрологическом ежегоднике в виде указанных выше таблиц и графиков, вместе с полевыми книжками измерений и пояснительной запиской.

Выводы о постановке дальнейших наблюдений в каждом отдельном случае требуют утверждения УГМС.

10.9. ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ТОЛЩИНЫ ЛЬДА

Обработка результатов систематических измерений толщины льда для средних и больших рек выполняется станцией и заключается в вычислении средних арифметических значений из измерений в трех скважинах. Вычисленные значения толщины льда ежемесячно наносятся на комплексный график, на который дополнительно наносится также толщина снежного покрова на льду.

В процессе анализа по комплексному графику выявляется надежность полученных значений толщины льда и хода их изменения во времени путем сопоставления с данными о высоте слоя

снега на льду, ледовыми фазами состояния реки и ходом изменения температуры воздуха за зиму.

В основу анализа принимаются следующие исходные положения. При устойчивых морозах без оттепелей нарастание льда в обычных условиях (без наледей) происходит довольно плавно, имея наибольшую интенсивность в начальный период ледостава и постепенно замедляясь к концу зимы, что соответствует общему виду связи толщины льда с нарастанием суммы отрицательных температур воздуха. В случае наступления ледостава от смерзания скоплений плывущего льда (шуги) начальная толщина ледяного покрова, очевидно, определяется толщиной этих ледообразований. Затем происходит постепенное сглаживание нижней поверхности льда и рассасывание подледной шуги, если она имелась.

Скачкообразное увеличение толщины льда характерно для снежных зим с неустойчивой температурой воздуха и совпадает обычно с наступлением сильных морозов после оттепелей или обильных снегопадов, во время которых вода выступала на поверхность ледяного покрова со снегом. При этом на поверхности кристаллического льда образуется слой снежного льда за счет смерзания смоченного снега, который и включается дополнительно наблюдателем в общую толщину льда. Резкое скачкообразное увеличение толщины льда может быть также вызвано наледями.

В периоды интенсивных или длительных оттепелей наблюдается уменьшение толщины ледяного покрова вследствие его таяния.

Наличие снежного покрова на льду замедляет интенсивность нарастания льда, а отсутствие снега на льду весной способствует его быстрому разрушению.

Занесение проверенных и прошедших анализ результатов наблюдений за толщиной льда в таблицу «Толщина льда» Гидрологического ежегодника производится в соответствии с указаниями Наставления, вып. 6, ч. III.

10.10. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЗАТОРНЫМИ И ЗАЖОРНЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ

10.10.1. Образование заторов льда характерно для рек, вскрытие которых происходит в результате разрушения относительно прочного ледяного покрова живой силой потока, что имеет место, если половодье начинается в верхней части бассейна. Реки, текущие с юга на север, отличаются значительными масштабами и высокой повторяемостью заторных явлений.

Заторы формируются на участках реки, где задерживается вскрытие реки или происходит заклинивание русла ледяными полями вследствие резкого изменения уклона, наличия поворотов, островов. Задержка вскрытия происходит также на участках с повышенной толщиной ледяного покрова.

Затор, представляющий собой многослойное скопление льдин, вследствие упора в берега приобретает значительную устойчивость. Стеснение живого сечения потока приводит к повышению уровня воды — на многих реках максимальный годовой уровень воды формируется под влиянием заторных явлений.

По длине заторы имеют неоднородное строение. Обычно выделяют три основные части заторного скопления (рис. 10.4):

1) «замок» или «очаг» затора, представляющий собой покрытый трещинами ледяной покров или перемычку из ледяных полей, заклинивших русло;

Рис. 10.4. Схематические продольные профили заторов льда.

I — затор с выраженной головной частью; *II* — затор с равномерным продольным профилем.

2) собственно затор или «головная» часть — участок, представляющий собой многослойное скопление из хаотически расположенных льдин, подвергшихся интенсивному торошению. На этом участке продольный уклон превышает уклон при открытой водной поверхности. Здесь скопления льда имеют максимальную толщину;

3) «шлейф» затора или «хвостовая» часть представляет собой примыкающее к затору однослойное скопление льдин в зоне подпора. На участке шлейфа продольный уклон водной поверхности меньше, чем при свободном русле. Устойчивость поля из однослойных льдин зависит от их размеров. На крупных реках шлейф затора может достигать десятки километров.

10.10.2. Заторы льда на реках отличаются друг от друга по строению заторного скопления и режиму формирования.

По морфологическим признакам участка реки заторы подразделяют на русловые, в зоне выклинивания подпора водохранилищ, устьевые и заторы в нижних бьефах ГЭС. Заторы руслового типа, за исключением заторов на отдельных участках перелома продоль-

ного профиля реки или с особо значительными русловыми препятствиями, не формируются строго в одних и тех же местах. Заторы же в устьях рек и в водохранилищах формируются в пределах ограниченных участков.

10.10.3. Зажоры льда формируются при образовании ледяного покрова и при ледоставе ниже крупных полыней. Зажорные скопления шуги и льдин, стесняя живое сечение потока, вызывают повышение уровня воды непосредственно на участке зажора и выше по течению. Ниже зажора в период его образования уровни понижаются.

Формирование зажоров происходит при малой водности реки и, как правило, не вызывает опасных наводнений, создавая затруднения главным образом для водоснабжения. Исключение представляют собой реки с зарегулированным естественным или искусственным путем стоком (реки Нева, Ангара и реки Карелии), а также горные реки.

Частое и интенсивное зажорообразование характерно для рек с быстрым течением и неустойчивой погодой в холодные периоды. На порожистых участках рек зажоры формируются и в районах с суровыми климатическими условиями.

Выше ледяных перемычек и у кромки ледяного покрова происходит формирование зажоров из смерзшихся шуговых скоплений и льдин. После многократных подвижек, сопровождающихся торошением, мощность зажора возрастает настолько, что в результате подпора скорости течения выше зажора понижаются и подплывающие к кромке льдины и шуговые скопления останавливаются без торошения и смерзаются. Нередко зажоры на реках формируются цепочкой. В период ледостава смерзшиеся зажоры представляют собой торосистые участки ледяного покрова. В этих местах толщина ледяного покрова значительно превышает среднее значение.

Зажоры ниже длительно существующих крупных полыней, располагающихся на участках порогов и быстротоков, формируются в результате заноса шуги под ледяной покров. Скопления масс шуги под ледяным покровом в зонах с малыми скоростями течения иногда распространяются на большие расстояния.

Зажоры образуются и на плесовых участках рек с быстрым течением. На многих реках в течение значительной части зимнего периода сохраняется множество небольших полыней, приуроченных к быстротокам. Образующаяся в этих полыньях шуга уносится течением под ледяной покров и скапливается на участках плесов.

В нижних бьефах ГЭС из-за постоянно действующей полыньи образование зажоров происходит в процессе перемещения кромки льда на участках с повышенными скоростями течения. В результате попусков на ГЭС, работающих в пиковом режиме, происходит разрушение тонкого ледяного покрова, что приводит также к образованию заторов в нижних бьефах.

Строение зажорных скоплений горных рек может быть различным в зависимости от величины реки.

а) На крупных горных реках зажоры представляют собой однородную массу из уплотненной шуги, заполняющей русло реки. Толщина шуговых скоплений в зависимости от формы поперечного профиля русла может превышать 10 м, а в длину скопления достигают 10 км и более. Зажорная масса легко размывается потоком, поэтому зажоры горных рек могут существовать только в состоянии динамического равновесия, т. е. в период шугохода, когда отложение шуги, проносимой потоком под зажором, компенсирует его размыв. После окончания шугохода зажорные скопления разрушаются, сохраняясь в отдельных местах в виде «мостов» и отложений шуги на берегах.

б) На небольших горных реках зажоры формируются в результате разлива насыщенной шугой воды по поверхности заберегов и перемычек. Эта масса промерзает, образуя слоистый наледно-зажорный ледяной покров, распространяющийся на участках реки значительной протяженности. В дальнейшем поток промывает себе путь под ледяным покровом, который предохраняет воду от переохлаждения, прекращая ледообразование.

10.10.4. Изучение заторных явлений основано на наблюдении за ледовой обстановкой и уровнями воды на сети временных постов, установленных по длине участка реки, в пределах которого формируется заторное скопление льда. Уровенные наблюдения дополняются обследованиями с самолетов значительного по протяженности участка реки и маршрутными обследованиями заторов. Крупные заторы за пределами участка реки, оборудованного сетью временных постов, а также заторы на реках, для которых нехарактерно образование заторов в одних и тех же местах, изучаются посредством наземных и воздушных обследований.

Наблюдения за ледовой обстановкой в период замерзания производятся на постоянно действующем гидрологическом посту заторного участка в соответствии с указаниями п. 10.1.3. Дополнительно производятся рекогносцировочные обследования участка с целью выявления мест осеннего торошения льда и зажорных явлений. Эти наблюдения необходимы в связи с тем, что на многих реках имеется связь между интенсивностью заторообразования и характером замерзания: при высоких уровнях замерзания и развития зажорных явлений повышается вероятность образования мощных заторов.

Рекогносцировочное обследование толщин льда на участке ледосбора проводится в предвесенний период в соответствии с указаниями п. 10.7.2.

По данным ледомерной съемки определяется запас ледяного материала и выявляются места с аномальными толщинами ледяного покрова.

10.10.5. При исследовании заторов льда, формирующихся в одном и том же месте или в пределах короткого участка реки,

а также заторов вблизи крупных объектов и населенных пунктов целесообразно организовать наблюдение на сети временных постов, действующих в период вскрытия.

Наблюдения на постах, расположенных в пределах заторного участка, производятся с целью определения максимальных уровней воды, динамики развития и разрушения затора. Для выполнения уровенных наблюдений непосредственно на участке наиболее вероятного образования затора оборудуется несколько временных постов. В эту сеть включаются как основные, так и постоянно действующие посты, расположенные в пределах участка либо вблизи него.

Временные посты для изучения заторов с постоянным местоположением размещаются по следующей схеме: по одному посту ниже затора и в зоне подпора, два-три поста непосредственно на участке затора. Посты должны быть свайного типа и размещаться в местах, защищенных от навалов льда.

На постоянных и временных постах заторного участка производятся наблюдения за уровнем воды, ледовой обстановкой, стоком льда и регистрируются подвижки ледяного покрова. Наблюдения за заторными явлениями начинаются с момента появления признаков начала вскрытия (закраины, вода на льду) или начала весеннего подъема воды, когда уровень над устойчивым зимним горизонтом достигнет 0,5 м. Наблюдения ведутся через 4 ч, включая и стандартные сроки. При угрозе подъема уровня воды до опасных отметок производятся ежечасные наблюдения по указанию станции.

Наблюдения за ледовой обстановкой и стоком льда проводятся в соответствии с п. 10.6.3. Наблюдения за подвижками ледяного покрова производятся на участках постов. Регистрируются время подвижек и длина пути перемещения ледовых масс. Для удобства наблюдений створы постов размечаются вехами.

10.10.6. В начале периода вскрытия выполняются обследования с самолетов обстановки на возможно большом по протяжению участке реки с целью наблюдения за процессом вскрытия и получения оперативной информации, а также уточнения прогнозов вскрытия и заторных явлений.

При этом производится картирование ледовой обстановки в соответствии с п. 10.3.5. На картограмму наносятся характерные ледовые явления: закраины, полыньи, трещины, навалы льда, положение кромки ледяного покрова, участки с ледоходом. В этот период особое внимание следует уделять состоянию снежного покрова на льду. Слой снега препятствует проникновению в толщу ледяного покрова солнечной радиации. После схода снега ледяной покров вследствие обтаивания поверхностей кристаллов в толще льда под воздействием солнечной радиации быстро теряет прочность. На картограмме отмечаются места, где снег отсутствует на поверхности льда, а в журнале подробно характеризуется состояние снежного покрова. Обследования с самолетов

желательно проводить ежедневно. Перерывы в наблюдениях допускаются, если ледовая обстановка стабилизируется вследствие возврата холодов.

При образовании небольших, часто следующих друг за другом заторов можно ограничиться только обследованиями с воздуха без выполнения наземных измерений. При картировании таких заторов отмечается положение головной части затора и его верхней кромки, в журнале обследования характеризуются особенности очага затора — нагромождения льдин в скоплении.

В случае вскрытия реки с образованием устойчивых заторов большой мощности авиационные обследования необходимо дополнять наземными наблюдениями, которые целесообразно производить на автомашине, вездеходе или вертолете.

10.10.7. Маршрутные обследования участка реки дополняют наблюдениями на постах для характеристики процесса вскрытия, уточнения параметров затора и условий его формирования и разрушения. При образовании крупных заторов за пределами участка реки с временными постами по данным маршрутных обследований определяется высота подъема и перепад уровней, обусловленные заторным скоплением льда.

При обследовании картируется ледовая обстановка, нивелируются уровни воды в различных пунктах затора, определяется характер торошения льда и его границы. Нивелировка урезов воды в отдельных пунктах затора производится для уточнения границ участка стеснения русла заторными скоплениями. Для этой цели в указанных пунктах оборудуются временные репера, которые затем привязываются к принятой системе отметок. Нивелировка урезов выполняется в пределах очага затора у верхней границы головной части затора, где заканчивается зона интенсивного торошения. При картировании ледовой обстановки определяются границы характерных частей затора и условия остановки льдин у верхней кромки затора.

Наземные обследования после начала заторообразования производятся ежедневно, а при угрозе опасных последствий от затопления территории 2—3 раза в день. После разрушения затора и образования нового затора ниже по течению обследования переносятся на этот участок.

10.10.8. Изучение зажорных явлений производится по методике, во многом аналогичной методике наблюдений за заторами льда.

При изучении зажорных явлений, помимо стандартных наблюдений на постоянно действующих гидрологических постах за температурой, уровнями и расходами воды, стоком шуги и льда, выполняются:

1) уровенные наблюдения на четырех—шести временных постах, размещенных на участке зажора;

2) маршрутные авиа- или наземные обследования участка реки в период замерзания;

3) ледобалансовые наблюдения (определение стока шуги и льда) на двух постах выше и ниже зажора;

4) обследование зажорного участка при ледоставе;

5) ледомерные съемки.

10.10.9. При образовании зажоров льда в различные годы в одних и тех же местах наблюдения производятся на сети временных постов. Зажоры с устойчивым местоположением формируются на участках реки с резким изменением продольного профиля русла, например, ниже порожистых участков реки или в зоне выклинивания подпора от водохранилищ на горных реках.

Для измерения уровней воды в пределах зажорного участка должно быть пять-шесть временных постов, но не меньше четырех. Оптимальное расположение постов: по одному — выше и ниже зажорного скопления, два-три размещаются в пределах нижней третьей части длины зажорного скопления и один-два поста — на остальном участке. Для наблюдений в сложных ледовых условиях наиболее надежны посты свайного типа, размещенные в местах, защищенных от навалов льда; в устьях протоков и на выпуклом берегу излучины. Реперы постов связываются между собой нивелировкой и привязываются к государственной высотной сети.

Наблюдения за уровнем воды при изучении зажорных явлений производятся с частотой, зависящей от интенсивности изменения уровня и ледовых условий. В период осеннего охлаждения производятся двухсрочные наблюдения за уровнем; с момента появления шуги на всех временных постах начинаются синхронные четырехсрочные наблюдения в 2, 8, 14 и 20 ч. После образования на участке устойчивого ледяного покрова частота сроков сокращается до двух.

Наблюдения за стоком шуги и льда производятся на верхнем и нижнем постах участка. Для определения густоты ледохода на возвышенном берегу выбирается точка для визуальных наблюдений. Методика наблюдений за шугоходом и ледоходом изложена в пп. 10.6.2, 10.6.3.

10.10.10. После образования устойчивого ледяного покрова производятся систематические ледомерные съемки для учета изменения во времени распределения шуги и льда в зажоре. Первая съемка производится сразу же, как только передвижение по льду станет безопасным, вторая — в середине и третья — в конце зимы.

Толщина льда при ледомерных съемках измеряется по поперечникам. Число поперечников может быть от 10 до 20. Расстояние между ними в зависимости от длины участка принимается равным 0,3—1 км. Число промерных точек на поперечнике в зависимости от ширины реки и зашугованности русла колеблется в пределах 5—15. При ледомерной съемке производятся промеры глубин для оценки пропускной способности русла. Толщина шуги в зажоре измеряется звуковой шугомерной рейкой ГР-85.

10.10.11. Обследование участка реки в период замерзания проводится с целью определения условий образования ледяного покрова, скорости перемещения кромки льда в пределах участка и выявления мест образования зажоров льда. Обследования выполняются с самолета или на автомашине (вездеходе). Облеты участка начинаются с момента появления ледяных образований и заканчиваются с установлением ледяного покрова. Частота обследований зависит от хода процесса замерзания. В период перемещения кромки ледяного покрова в пределах участка обследования проводятся по возможности ежедневно.

При обследовании ведется картирование ледовой обстановки и журнал (в соответствии с п. 10.3.5). Особое внимание уделяется фиксации положения кромки льда, условиям движения шуги и льда непосредственно у кромки (в журнале отмечается: происходит ли занос льда под кромку или остановка льдин у кромки, имеет ли место торошение поля шуги или льдин перед кромкой).

При картировании зажорных скоплений следует иметь в виду, что их не всегда удается обнаружить визуально, особенно если они формируются в результате заноса шуги под кромку. В этих случаях о месте образования зажоров льда оказывается возможным судить по скорости перемещения кромки на различных участках реки. Замедление перемещения кромки при продолжающихся с прежней интенсивностью ледоходе или шугоходе свидетельствует о формировании в данном месте зажорного скопления. Данные визуальных наблюдений при обследованиях сопоставляются с данными наземных наблюдений на постах выше и ниже участка перемещения кромки. При формировании зажора ниже поста отмечается местный подъем уровня воды. Если зажор формируется выше, на посту отмечается понижение уровня на период, пока стеснение живого сечения потока под зажором не будет компенсировано подъемом уровня на вышележащем участке.

При выполнении наземных маршрутных обследований определяется степень промерзания движущейся шуги, а также характер поведения льдин и шуги при подходе к кромке льда (происходит ли занос льдин и шуги под кромку или остановка их перед ней). Ведется наблюдение за подвижками ледяных скоплений перед кромкой и на участке зажорного скопления.

При изучении зажоров, сформировавшихся за пределами участка расположения временных постов, в задачи наземных обследований входит определение зажорных уровней воды путем нивелировки урезов воды в различных местах зажорного скопления: непосредственно ниже зажора, в двух-трех местах на участке зажора и выше кромки ледяного покрова. Урезы воды нивелируются относительно временных реперов, которые впоследствии привязываются к высотной сети или соединяются друг с другом нивелирным ходом. Нивелирование урезов воды в период существования зажора периодически повторяется. После очищения реки

ото льда в этих же местах повторяется нивелировка урезов воды при открытом русле.

10.10.12. Материалы наблюдений за заторами и зажорами льда систематизируются в виде таблиц, графиков и картограмм.

Метеорологические условия периодов замерзания, ледостава и вскрытия характеризуются по данным одной или двух метеорологических станций, расположенных в долине реки в пределах участка или вблизи него. Выписываются среднесуточные значения температуры воздуха и суточные суммы осадков. Эти данные

Рис. 10.5. Схематический план зажорного участка.

1 — граница шуги; *2* — изолинии толщины шуги (через 0,5 м); *3* — граница полыньи; *4* — торосы; *5* — навалы льда.

приводятся в виде таблиц ежедневных значений. За период (десять дней до начала вскрытия и до исчезновения ледовых явлений) приводятся таблицы значений общей и нижней облачности, абсолютной влажности воздуха и скорости ветра.

Данные об уровнях за период с начала появления ледовых явлений до их исчезновения приводятся в виде таблиц среднесуточных значений уровней воды на постоянных гидрологических постах, расположенных в пределах изучаемого участка и выше него на расстоянии 200—500 км. Данные уровенных наблюдений на временных постах и постоянных гидрологических постах участка в период вскрытия (заторы) и в период замерзания (зажоры) приводятся в виде таблиц срочных наблюдений ТГ-11. Во всех таблицах с уровнями воды отмечаются и фазы развития ледовых явлений.

Данные о ежедневных расходах воды по ближайшему стоковому гидрологическому посту приводятся в виде таблицы за периоды замерзания, ледостава (при изучении зажоров) и вскрытия (при изучении заторов).

Наблюдения за стоком шуги и льда обрабатываются в соответствии с п. 10.6.8 и оформляются в виде ведомости измеренных расходов и таблиц ежедневных значений стока шуги и льда.

Рис. 10.6. Продольный профиль водной поверхности на заторном участке реки.

1 — при заторе 27/V 1969 г.; *2* — при открытом русле.

По данным ледомерных съемок вычерчиваются планы толщин шуги на зажорных участках в изолиниях (рис. 10.5), толщин льда и поперечные профили.

10.10.13. Для удобства анализа некоторые материалы наблюдений оформляются также в виде графиков.

а) Совмещенные хронологические графики среднесуточных уровней воды строятся по данным наблюдений на постоянных гидрологических постах за весь период с ледовыми явлениями в соответствии с указаниями п. 4.4.5. На этом же графике вычерчивается ход среднесуточной температуры воздуха по одной из метеостанций, расположенных в пределах изучаемого участка реки.

Рис. 10.7. Характерные продольные профили водной поверхности на зажорном участке р. Белой.

1 — открытое русло; *2* — начало формирования зажора — 4/XII 1970 г.; *3* — конец формирования зажора — 26/XII 1970 г.

б) Совмещенные хронологические графики срочных уровней воды по данным наблюдений на временных постах (за период наблюдений).

в) По данным измерений толщин льда в единичных точках составляются совмещенные хронологические графики толщины льда и высоты снега на льду.

г) Результаты картирования ледовой обстановки при выполнении наземных и воздушных обследований обобщаются в виде картограмм, отражающих характерные фазы изменения ледовой

обстановки на изучаемом участке реки. Кроме этого составляется обобщенная картограмма, на которой отмечаются границы заторных (зажорных) скоплений, сформировавшихся в пределах участка, и места навалов льда.

д) По данным нивелировок при обследованиях или срочных наблюдений за уровнем воды на сети постоянных и временных постов составляются продольные профили водной поверхности на участке затора (зажора), характеризующие фазы их развития и профили этих же участков при отсутствии ледовых явлений (рис. 10.6. и 10.7).

На основании данных обработки и анализа наблюдений составляется технический отчет, содержание которого в зависимости от состава и детальности наблюдений может быть различным. В отчете должны быть приведены сведения об условиях формирования ледяного покрова и данные о распределении толщины льда в пределах участка. В отдельном разделе дается характеристика гидрометеорологических условий вскрытия данного года, включая ход основных метеорологических элементов в весенний период, совмещенные графики уровней на гидрологических постах участка и вышерасположенных соседних постах.

В отчет включаются результаты наблюдений процесса вскрытия, образования и разрушения заторов: карты-бланки ледовой обстановки, фотосхемы заторов и навалов льда, схемы и профили ледомерных съемок, материалы по определению уровней в пределах затора. По этим данным характеризуются условия формирования и разрушения заторов и зажоров льда, масштабы явления, включая максимальные заторные и зажорные уровни. В отчете приводятся также сведения об ущербе от заторов и зажоров, применявшихся мерах борьбы с этими явлениями и их эффективность.

ГЛАВА 11. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ И ФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ВОДЫ РЕК

11.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

11.1.1. Главными задачами систематических наблюдений, проводящихся сетью ОГСНК на водотоках, являются:

— наблюдения и контроль за уровнем загрязнения вод по физическим, химическим и гидробиологическим показателям с целью определения и оценки уровня загрязнения во времени и пространстве, выяснения источников загрязнения, а также оценки эффективности мероприятий по защите от загрязнения объектов окружающей среды;

— обеспечение заинтересованных предприятий, организаций и учреждений систематической информацией об уровне загрязнения водных объектов и в возможности его изменения под влиянием хозяйственной деятельности и гидрометеорологических условий, а также экстренной информацией о резких изменениях уровня загрязнения вод.

Кроме того сетью ОГСНК проводятся специальные наблюдения, задачи которых состоят:

— в установлении главных закономерностей процессов самоочищения;

— в изучении процессов накопления загрязняющих веществ в донных отложениях и их влияния на качество воды;

— в составлении баланса веществ участков водотоков;

— в изучении выноса загрязняющих веществ;

— в определении предельно допустимых выбросов в водные объекты.

В результате проведенных наблюдений должен быть получен материал для:

— прогнозирования состава и свойств воды объектов с учетом влияния хозяйственной деятельности человека;

— разработки мероприятий по усилению охраны и рациональному использованию водных источников и оценки их эффективности;

— оценки эффективности водоохранных мероприятий, проводимых по бассейну в целом;

— разработки разделов по охране природных вод в планах развития народного хозяйства страны.

11.1.2. Сетью Гидрометслужбы ведутся:

— систематические наблюдения за естественным составом и свойствами природных вод и состоянием загрязненности поверхностных вод в стационарных пунктах;

— специальные наблюдения по исследованию загрязненности рек с учетом процессов самоочищения для решения прогностиче-

ских и оперативных задач, по изучению процессов накопления загрязняющих веществ в донных отложениях и влияния их на качество воды и для решения других задач в специализированных пунктах;

— обследования временной экспедиционной сетью для получения данных на водных объектах, не охваченных стационарными наблюдениями (рекогносцировочные обследования), и для оперативного выезда в районы, где в результате ООЯ отмечались высокие уровни загрязнения.

11.2. СЕТЬ ПУНКТОВ ОГСНК И ПРОГРАММА НАБЛЮДЕНИЙ НА НИХ

11.2.1. Количество и расположение пунктов наблюдений за качеством вод должны обеспечивать получение материалов, необходимых для выполнения задач, поставленных перед сетью Гидрометслужбы.

В соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 898 от 29/XII 1972 г. «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов» Главное управление гидрометслужбы провело работу по созданию сети пунктов наблюдений за состоянием загрязнения поверхностных вод суши и морей Общегосударственной службы наблюдений и контроля за загрязнением объектов окружающей среды (ОГСНК) по физическим, химическим и гидробиологическим показателям и организации экстренной информации о резких изменениях уровня загрязнения вод.

Сеть пунктов Общегосударственной службы организована на базе наблюдательных, оперативных и научных подразделений ГУГМС, а также подразделений ММ и ВХ и Минздрава СССР.

Наблюдения и контроль за загрязнением поверхностных вод суши проводятся на водотоках в местах, подверженных влиянию хозяйственной деятельности человека, и в районах минимального загрязнения.

Наблюдательные пункты за загрязненностью поверхностных вод суши организуются в районах:

— расположения городов и крупных рабочих поселков, сточные и ливневые воды которых сбрасываются в водные объекты (реки, озера, водохранилища);

— сброса сточных вод отдельными крупными промышленными предприятиями (заводы, рудники, шахты, нефтепромыслы и т. д.);

— сброса подогретых вод от ТЭЦ, ГРЭС, АЭС;

— поступления сельскохозяйственных сточных вод;

— приплотинных участков рек, являющихся важными для рыбного хозяйства;

— крупных нерестилищ и зимовий ценных пород рыб;

— замыкающих створов больших и средних рек, впадающих в моря и внутренние водоемы, имеющие большое народнохозяйственное значение;

— пограничных рек, вытекающих за пределы СССР или втекающих на территорию СССР из-за рубежа;

— рек, вытекающих из пределов отдельных Союзных республик или укрупненных экономических районов;

— расположения замыкающих гидростворов речных бассейнов, по которым составляются водохозяйственные балансы;

— расположения устьевой зоны загрязненных притоков главной реки внутри крупных речных систем и крупных озер и водохранилищ, имеющих большое народнохозяйственное значение.

Одним из главных требований, предъявляемых к расположению пункта наблюдения, является его репрезентативность в отношении масштабов и видов загрязнения сточными водами отдельных отраслей народного хозяйства и составления физико-географических характеристик местоположения пунктов (для пунктов фонового наблюдения).

11.2.2. Все пункты стационарной сети наблюдения разделены на четыре категории в зависимости от значимости пункта, сложности и объема программы наблюдения, количества определяемых ингредиентов и показателей качества воды (табл. 11.1).

В основу деления положены:

— значение водного объекта как источника питьевого, культурно-бытового, промышленного и сельскохозяйственного водопользования;

— степень рыбохозяйственного использования водного объекта;

— степень загрязненности воды объекта.

Пункты наблюдений категории 1 (ПН-1) располагаются на водных объектах или участках, имеющих важное народнохозяйственное значение:

— в местах сброса загрязненных сточных вод, в результате чего наблюдается загрязнение, превышающее 100 ПДК по любому ингредиенту или показателю состава и свойств воды;

— в местах нерестилищ и зимовий ценных пород рыб;

— в районе наиболее часто повторяющихся аварийных ситуаций и в случае гибели рыбы.

К пунктам наблюдений категории 2 (ПН-2) относятся пункты, расположенные на водных объектах:

— в районах крупных промышленных предприятий или населенных пунктов, где наблюдается устойчивое загрязнение воды, на уровне 10—100 ПДК по любому ингредиенту или показателю состава и свойств воды;

— в районе промышленных городов и рабочих поселков, население которых использует воду для питьевых, хозяйственно-бытовых нужд и в местах массового отдыха населения;

— в местах сброса сельскохозяйственных стоков;

Таблица 11.1

Программа и сроки проведения гидрохимических работ на пунктах ОГСНК

Сроки проведения наблюдений	Пункты категории 1 (ПН-1)	Пункты категории 2 (ПН-2)	Пункты категории 3 (ПН-3)	Пункты категории 4 (ПН-4)
Ежедневно[1]	Визуальные наблюдения[2], инструментальные определения кислорода, pH, электропроводности. Отбор проб воды	Визуальные наблюдения[2]	—	—
Ежедекадно	Программа А	—	—	—
Ежемесячно	Программа Б	Программа Б	Программа Б	—
В основные гидрологические фазы	Программа ОП	Программа ОП	Программа ОП	Программа ОП

[1] Ежедневные наблюдения выполняются только в главном контрольном створе.

[2] При визуальных наблюдениях отмечают явления, необычные для данного объекта, такие как наличие и характер пленки на поверхности воды и на береговой полосе, наличие плавающих примесей, появление повышенной мутности, посторонних окрасок, запаха, цветения воды, пены; выделение пузырьков донных газов; гибель рыбы, лягушек, растений и др.

Примечание. На пунктах категории 1 в главном контрольном створе (первый после выпуска сточных вод) необходимо производить ежедневный отбор проб воды для последующего хранения (без производства анализа) на случай аварийной ситуации. Срок хранения 10 суток.

Программа А — предусматривает визуальные наблюдения, определение расхода воды, температуры воды, pH, электропроводности, ХПК, $БПК_5$, взвешенных веществ, растворенного кислорода, двух-трех основных загрязняющих веществ, характерных для этого пункта.

Программа Б — предусматривает определение расхода воды, температуры воды, pH, кислорода, $БПК_5$, ХПК, взвешенных веществ и содержание всех загрязняющих веществ, характерных для данного пункта.

Программа ОП — общая (обязательная) программа предусматривает визуальные наблюдения, определение расхода воды, температуры, цветности, прозрачности, запаха, кислорода, двуокиси углерода, взвешенных веществ, pH, *Eh*, ХПК, $БПК_5$, содержания главных ионов (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, CO_3^{2-}, HCO_3^{-}, Cl^{-}, SO_4^{2-}), биогенных веществ нефтепродуктов, СПАВ, летучих фенолов, пестицидов, соединений тяжелых металлов. Содержание главных ионов определяется только в главном контрольном створе.

— в пограничных створах рек при пересечении государственной границы СССР;

— в замыкающих створах больших и средних рек, впадающих в моря и внутренние водоемы большого народнохозяйственного значения;

— в замыкающих створах речных бассейнов, по которым составляются водохозяйственные балансы с характеристикой качества водных ресурсов;

— в приустьевой зоне больших притоков крупных рек, озер и водохранилищ.

Пункты наблюдения категории 3 (ПН-3) располагаются на объектах:

— в районах, где по данным периодических наблюдений имеет место устойчивое загрязнение воды на уровне 1—10 ПДК по любому ингредиенту или показателю состава и свойств воды;

— в районах небольших городов, населенных пунктов, местах отдыха трудящихся;

— в местах поступления сельскохозяйственных стоков.

К пунктам наблюдения категории 4 (ПН-4) относятся пункты на незагрязненных водных объектах (фоновых участках). Наблюдения за составом и свойствами воды проводятся с целью изучения природных процессов, а также определения начала возможного антропогенного воздействия.

11.2.3. На каждом пункте ОГСНК может быть организовано несколько наблюдательных створов в соответствии с назначением пункта и особенностями загрязнения водного объекта.

Пункты наблюдений за загрязненностью должны включать в себя створы выше и ниже источника загрязнения. Проба в верхнем створе характеризует фоновое состояние водного объекта. Проба в нижнем створе, отобранная с учетом времени добегания, позволяет судить о характере и степени изменения состава речных вод под действием сбрасываемых стоков.

Створы наблюдений размещаются с учетом морфологических и гидрологических особенностей водного объекта, расположения главных источников загрязнения, количества, состава и свойств сточных вод.

Фоновый створ следует располагать ближе к источнику загрязнения, но на расстоянии, которое исключало бы возможность влияния поступающих загрязнений (обычно примерно в 1 км выше источника загрязнения).

Ниже источника загрязнения створы располагаются следующим образом:

— на расстоянии 500 м ниже выпуска сточных вод;

— в месте достаточно полного (не менее 80%) гарантированного перемешивания сточных вод с речными.

Методы нахождения створа перемешивания изложены в «Практических рекомендациях по расчету разбавления сточных вод в реках, озерах и водохранилищах» (ГГИ, 1973. 101 с.).

В случае наличия группы источников загрязнения верхний створ располагается выше первого источника, нижний — ниже последнего. Исходя из интересов народного хозяйства, между фоновым и главным контрольным створами могут быть установлены дополнительные, которые должны характеризовать влияние загрязнений, вносимых отдельными источниками загрязнения.

В пунктах, расположенных на реках в приплотинных участках, в местах нерестилищ рыб, в местах пересечения государственной границей СССР, в замыкающих створах рек и речных бассейнов и приустьевых зонах загрязнения притоков крупных рек и во-

доемов достаточно одного створа гидрохимических наблюдений. В приустьевых зонах створы размещаются в местах, не подверженных влиянию нагонных явлений. В пунктах фоновых наблюдений (ПН-4) также достаточно одного створа.

11.2.4. Степень загрязнения рек с учетом процессов самоочищения изучается на отдельных участках особо загрязненных водных объектов. При изучении процессов самоочищения выбирается не менее трех створов наблюдений: фоновый, главный контрольный и на нижней границе участка исследования.

Принципы расположения первых двух створов даны выше. Нижняя граница участка наблюдения определяется конкретными местными условиями водотока и стабильностью в воде загрязняющих веществ. Границей может быть:

— пункт полного самоочищения воды от загрязнений (для наиболее жестких условий загрязнения);

— дополнительный источник загрязнения;

— устье водотока.

Ниже источника загрязнения между главным контрольным створом и створом на нижней границе участка должны быть намечены еще несколько створов, которые устанавливаются в зависимости от задач наблюдений, местных условий и состава загрязняющих веществ и располагаются ниже выпуска сточных вод с последовательно увеличивающимся расстоянием между ними.

Пробы воды в выбранных створах следует отбирать с учетом времени добегания воды от верхнего створа к каждому последующему, расположенному ниже. Только в этом случае получают сравнимый материал, на основании которого можно дать характеристику процессов самоочищения вод от загрязняющих веществ.

11.2.5. Размещение пунктов и створов наблюдений, выбор участка изучения процессов самоочищения, определение сроков отбора проб и объема работ проводится на основании результатов рекогносцировочных гидрохимических съемок с учетом гидравлических характеристик водотока, целью которых является выяснение особенностей объекта, источников загрязнения, состава сточных вод и условий поступления их в реку, режима сброса сточных вод, выявления характерных для данного водотока или участка загрязняющих веществ, выбор пунктов и створов наблюдений.

Рекогносцировочному обследованию должно предшествовать подробное изучение имеющихся материалов по характеристике водного объекта, источников загрязнения, условий, при которых имели место аварийные сбросы загрязняющих веществ.

Принципы размещения створов наблюдений изложены в «Методических указаниях по организации и проведению наблюдений и контроля за загрязнением поверхностных вод суши в системе Общегосударственной службы наблюдений и контроля за загрязнением объектов окружающей среды» (Л., Гидрометеоиздат, 1977. 60 с.).

11.2.6. Пункты гидрохимических наблюдений следует совмещать с существующими гидрологическими постами. При отсутствии такой возможности необходимо обеспечить в них выполнение гидрометрических наблюдений в соответствии с «Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам», вып. 2, ч. II (Л., Гидрометеоиздат, 1975. 264 с.) и «Практическими рекомендациями по расчету разбавления сточных вод в реках, озерах и водохранилищах» (ГГИ, 1973. 101 с.). Допускается также получение сведений о расходах расчетным путем.

11.2.7. Перечень наблюдаемых ингредиентов и показателей качества воды определяется главным образом составом и объемом сточных вод, загрязняющих водный объект, токсичностью сбрасываемых в водоемы и водотоки веществ и требованиями, предъявляемыми потребителями воды. Все это обусловливает различие программы наблюдения для разных пунктов сети. Тем не менее определение ряда показателей, относящихся к наиболее общим требованиям к качеству воды для санитарно-бытового и рыбохозяйственного водопользования, входит в общую программу (ОП) и обязательно для всех пунктов сети. К ним относятся: температура воды, взвешенные вещества, минерализация, цветность, прозрачность, запахи, значение pH, *Eh*, растворенный кислород, двуокись углерода, $БПК_5$, ХПК, главные ионы, биогенные компоненты и такие широко распространенные загрязняющие вещества, как нефтепродукты, СПАВ, летучие фенолы, пестициды, соединения тяжелых металлов.

Таким образом, полная программа наблюдения на каждом пункте сети (см. табл. 11.1) состоит из определения перечисленного выше обязательного перечня показателей, а также специфических загрязняющих веществ, характерных для сточных вод, поступающих в наблюдаемый водный объект, с учетом местных конкретных особенностей процесса загрязнения, важности водного объекта в народнохозяйственном отношении и целевого назначения пункта.

11.2.8. В зависимости от категории пункта наблюдения проводятся в следующие сроки (см. табл. 11.1):

— на пунктах категории 1 — ежедневно, ежедекадно, ежемесячно, в основные гидрологические фазы;

— на пунктах категории 2 — ежедневно, ежемесячно, в основные гидрологические фазы;

— на пунктах категории 3 — ежемесячно, в основные гидрологические фазы;

— на пунктах категории 4 — в основные гидрологические фазы.

Наблюдения по обязательной программе определяются водным режимом реки. Отбор проб воды для большинства рек производится семь раз в году: во время половодья — на подъеме, пике и спаде, во время летней межени — при наименьшем расходе и при прохождении дождевого паводка, осенью — перед ледоставом, во время зимней межени.

Количество отбираемых для анализа проб воды может изменяться в зависимости от особенностей водного режима отдельных водотоков:

— на реках с длительным половодьем (больше месяца) увеличивается до 8 в год (на спаде половодья отбираются две пробы — в начале и конце спада);

— на реках с устойчивой летней меженью, где осенний подъем воды выражен слабо, снижается до 5—6 в год;

— на временных водотоках, несущих воду только во время весеннего снеготаяния, уменьшается до 3—4 в год;

— на реках, характеризующихся паводочным режимом в течение всего года, число проб должно быть не менее 8.

Количество проб воды в створе определяется комплексом местных условий исследуемого водотока или его участка. Максимальный объем работ включает в себя отбор проб воды на трех вертикалях с трех горизонтов: поверхностного (0,2—0,5 м от поверхности воды при свободном ото льда русле и у нижней поверхности льда зимой), придонного (0,5 м от дна) и промежуточного (соответствующего примерно половине глубины водотока). При глубине до 5 м пробы воды отбираются только с поверхностного горизонта. При глубине от 5 до 10 м с поверхностного и придонного горизонтов, а при глубине более 10 м — дополнительно с промежуточного горизонта.

На реках с достаточно однородным по сечению водотока химическим составом воды (определяется по результатам рекогносцировочных съемок) пробы можно отбирать в поверхностном и придонном горизонтах на стрежне реки. В створе, расположенном до створа полного перемешивания сточных и речных вод, отбор проб следует производить по крайней мере на трех вертикалях с трех горизонтов. Отбор проб воды в фоновом створе производится, как правило, на одной вертикали с поверхностного горизонта.

Характерные для участка загрязняющие вещества выявляются на основании изучения материалов по составу сточных вод, по данным, полученным от предприятий, и рекогносцировочных обследований участка. В соответствии с выявленными источниками загрязнения во время рекогносцировочных съемок в сточных и речных водах определяют специфические загрязняющие вещества, наличие которых предполагается в сточных водах. Наименования обнаруженных веществ включаются в программу для систематических наблюдений за загрязненностью воды объекта.

Состав определяемых специфических загрязняющих веществ не является неизменным и при появлении новых источников загрязнения программа анализа должна быть дополнена определением новых загрязняющих веществ.

11.2.9. Изучение процессов самоочищения проводится несколько раз в году при различной водности реки. Необходимо провести съемки в период весеннего половодья, когда наиболее

благоприятные условия для самоочищения, и во время зимней и летней межени при наиболее неблагоприятных условиях. Особенно важным является изучение процесса самоочищения в периоды малой водности.

Продолжительность наблюдений определяется необходимостью получения надежных материалов по характеристике самоочищающей способности водотоков в годы с различной степенью водности (многоводные, маловодные, средние).

Количество вертикалей и горизонтов в створах аналогично количеству их в случае изучения процессов загрязнения.

На основании сведений об источниках загрязнения, составе сточных вод и рекогносцировочных исследований в водотоке устанавливается перечень определяемых загрязняющих веществ. Для наблюдения за процессами самоочищения выбираются те из них, содержание которых в речной воде высоко и, как правило, превышает предельно допустимые концентрации. Изучение самоочищающей способности реки ведется и по таким показателям загрязненности воды, как $БПК_5$, ХПК. Объем работ определяется задачами проводящихся наблюдений. При минимальном объеме, помимо названных выше показателей загрязнения и загрязняющих веществ, обязательным является также определение температуры, величины pH, содержания растворенного в воде кислорода.

Необходимым условием при проведении наблюдений за самоочищающей способностью водотоков является изучение загрязненности донных отложений. Пробы донных отложений отбираются во всех пунктах на каждой вертикали при отборе проб воды.

11.2.10. Рекогносцировочные съемки следует проводить в сроки, связанные с основными фазами гидрологического режима реки (половодье, зимняя и летняя межень). При отсутствии возможности производства трех съемок рекогносцировочные обследования выполняются при наиболее жестких условиях загрязнения водного объекта.

Проведение рекогносцировочных съемок предусматривает выполнение максимального объема работ на водном объекте по принципам, изложенным выше. На реках с минимальным загрязнением следует определять показатели по программе ОП; на реках, подверженных загрязнению, помимо показателей программы ОП — специфические загрязняющие вещества, наличие которых предполагается в сточных водах.

11.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ РАБОТ

11.3.1. Наблюдения за естественным химическим составом воды рек, изучение их гидрохимического режима, изучение процессов загрязнения и самоочищения осуществляется работниками гидрохимических лабораторий УГМС, отделов гидрологии ГМО, гидрологических станций и постов.

Работы проводятся путем наблюдений в стационарных пунктах или экспедиционных обследований. Как правило, систематические наблюдения за химическим составом и уровнем загрязнения осуществляются стационарным путем; специальные наблюдения загрязненности рек с учетом процессов самоочищения и рекогносцировочные обследования — экспедиционным (на катерах или машинах с лодкой, оснащенных необходимым оборудованием и посудой).

При наблюдениях в стационарных пунктах отбор проб воды на химический анализ, производство некоторых (по программе «анализ первого дня») полевых химических определений, выполнение гидрологических работ осуществляется работниками станций и постов, химический анализ проб воды, обработка и обобщение полученных материалов — работниками гидрохимических лабораторий.

Организацию, проведение изучения процессов самоочищения и рекогносцировочных обследований, отбор проб воды и донных отложений, анализ отобранных проб, обработку и обобщение полученных результатов проводят работники гидрохимических лабораторий и отделов наблюдений и контроля за загрязнением среды УГМС.

Гидрологические работы должны быть обеспечены гидрологами отделов наблюдений и контроля или гидрологами гидрологических станций и отделов гидрологии ГМО.

Программы систематических наблюдений за состоянием загрязненности поверхностных вод на пунктах определяются категорией пунктов, программы специальных наблюдений — их задачами. Они должны составляться работниками гидрохимических лабораторий и отделов с привлечением специалистов-гидрологов в соответствии с методическими указаниями ГХИ и ГГИ, утвержденными ГУГМС.

Основным принципом организации наблюдений является их комплексность. Комплексность наблюдений предусматривает согласованную программу работ по гидрохимии, гидрологии, гидробиологии, обеспечивающую наблюдения за качеством воды по физическим, химическим и гидробиологическим показателям и проведение сопутствующих гидрологических работ.

11.3.2. Гидрохимические работы выполняются у водного объекта, в химической лаборатории станции и в гидрохимической лаборатории УГМС или ГМО.

В целях повышения надежности получаемых результатов химического анализа воды гидрохимические работы по возможности следует выполнять в лабораторных условиях. Однако содержание некоторых ингредиентов в воде быстро изменяется и потому их определение приходится выполнять непосредственно у объекта.

1) Гидрохимические работы, выполняемые непосредственно у объекта, следует проводить в соответствии с Наставлением, вып. 2, ч. II в определенной последовательности.

2) В лаборатории гидрологической станции не позднее одних суток с момента отбора проб должны быть выполнены следующие работы:

— определение запаха воды;

— наполнение испытуемой водой кислородных склянок для определения величины $БПК_5$;

— фиксирование растворенного в воде кислорода для определения величины $БПК_5$;

— растворение осадка в склянках с фиксированным кислородом и определение содержания растворенного в воде кислорода;

— проверка нормальности основных рабочих растворов для химических определений;

— подготовка проб воды для отправления в химическую лабораторию УГМС или ГМО.

В лаборатории станции гидрологических постов приготовляются также реактивы из навесок сухих веществ.

Для предотвращения изменения химического состава воды пробы следует консервировать. В связи с отсутствием универсального способа консервации для всех показателей химического состава воды отдельные пробы приходится консервировать разными способами. Способы консервации проб для определения различных компонентов описаны в «Руководстве по химическому анализу поверхностных вод суши» (Л., Гидрометеоиздат, 1977. 542 с.).

После консервации воды пробки бутылок заливаются менделеевской замазкой или сургучом. К бутылке привязывается бирка с обозначением номера станции (поста), даты отбора и номера пробы по описи. С партией проб направляется талон, который является копией полевой книжки (приложение 13).

Отобранные и законсервированные пробы воды в кратчайший срок должны быть доставлены в химическую лабораторию УГМС или ГМО.

3) В химической лаборатории УГМС или ГМО определяются все остальные показатели химического состава воды, предусмотренные программой наблюдения. Последовательность выполнения анализа в лаборатории определяется главным образом стабильностью определяемых компонентов.

4) Определение физических свойств и химического состава воды рек проводится по методикам, изложенным в методических указаниях и инструкциях Гидрохимического института и в «Руководстве по химическому анализу поверхностных вод суши».

5) Отбор проб донных отложений, их обработка и описание методов определения содержания ряда загрязняющих веществ в донных отложениях приведены во «Временной инструкции по определению некоторых загрязняющих веществ в донных отложениях и в воде» (М., Изд. ГУГМС, 1972. 57 с.).

6) Порядок определения температуры воды, величины pH, содержания двуокиси углерода, растворенного в воде кислорода, выполняемых наблюдателями постов, приведен в Наставлении, вып. 2, ч. II.

11.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ

Ниже приводится ход определения некоторых показателей физических свойств и химического состава воды, не включенных в Наставление, вып. 2, ч. II.

а) Запах воды определяется следующим образом. 250 мл пробы помещают в коническую колбу, закрывают пробкой, доводят до температуры 20° С и встряхивают вращательным движением в закрытом состоянии. Открывают пробку и органолептически определяют характер запаха (табл. 11.2) и его интенсивность (табл. 11.3). Определяется также запах после нагревания пробы воды до 60° С.

Записывают данные интенсивности и характера запаха словесно, указывая температуру.

Таблица 11.2

Виды запаха

Сокращение	Классификация запаха	Примеры или возможные источники происхождения запаха
A	Ароматный или пряный	Камфора, гвоздика, лаванда, лимон
Al	Огуречный	*Synura*
B	Бальзамический или цветочный	Герань, ирис, ваниль
Bg	Гераниевый	*Asterionella*
Bn	Настурциевый	*Aphani zomaenon*
Bs	Сладковатый	*Coclosphaerinm*
Bv	Фиалковый	*Mallomonas*
C	Химический	Промышленные сточные воды или химическая обработка
Cc	Хлорный	Свободный хлор
Ch	Углеводородный	Стоки нефтеочистительных заводов
Cm	Лекарственный	Фенол и иодоформ
Cs	Сернистый	Сероводород
D	Неприятный или сильно выраженный неприятный	
Df	Рыбный	*Uroglenopis and Dinobryon*
Dp	Навозный	*Anabaena*
Ds	Гнилостный	Застоявшиеся сточные воды
E	Землистый	Сырая земля
Ep	Торфяной	Торф
G	Травянистый	Лежалая трава
M	Затхлый	Преющая солома
Mm	Плесневый	Сырой подвал
V	Овощной	Корни овощей

Таблица 11.3

Определение интенсивности запаха воды

Интенсивность запаха, балл	Характеристика	Появление запаха
0	Никакого запаха	Отсутствие ощутимого запаха
I	Очень слабый	Запах, не замечаемый потребителем, но обнаруживаемый специалистом
II	Слабый	Запах, обнаруживаемый потребителем, если обратить внимание на это
III	Заметный	Запах, легко обнаруживаемый и могущий быть причиной того, что вода неприятная для питья
IV	Отчетливый	Запах, обращающий на себя внимание и могущий заставить воздержаться от питья
V	Очень сильный	Запах, настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

На результаты органолептического определения оказывают влияние состояние лаборатории, температура и субъективные особенности аналитика. Поэтому определение следует проводить в комнате, в которую не проникают никакие запахи. Аналитик должен иметь определенный опыт, не должен курить или принимать острую пищу перед проведением определения. Для исключения субъективной ошибки целесообразно сотрудничество нескольких лиц.

Определение запаха производят вскоре после отбора пробы. Пробы воды не фильтруют и не консервируют.

б) Определение двуокиси углерода (CO_2) и карбонатных ионов выполняется сразу же после отбора пробы воды. Порядок определения двуокиси углерода описан в Наставлении, вып. 2, ч. II, § 106.

Если вода при прибавлении фенолфталеина окрашивается в яснорозовый или красный цвет, превышающий окраску стандарта, это означает, что в ней содержатся карбонатные ионы (CO_3^{2-}).

CO_3^{2-} определяют титрованием 0,05 н. раствором соляной кислоты. После каждой порции прилитого раствора колбу закрывают пробкой и осторожно, не встряхивая, опрокидывают 2—3 раза. При этом розовая окраска постепенно ослабевает: титрование считается законченным, когда очень слабая розовая окраска, сходная с цветом стандарта, сохраняется в течение 5 мин. По окончании титрования замечают показания по бюретке и повторяют все определение вновь. При вторичном титровании приливают раствор соляной кислоты сразу в количестве, несколько меньшем (на 15—20%), чем пошло на первое титрование, а затем (если требуется) дотитровывают пробу до стандартной окраски. Отсчитывают по бюретке количество затраченного при вторичном титровании раствора соляной кислоты с точностью до 0,005 мл (при микробюретке) или 0,01 мл (при обычной бюретке) и результат

записывают в полевой журнал. Для раствора 0,05 н. соляной кислоты необходима отдельная бюретка.

Для определения карбонатных ионов, помимо используемых при определении двуокиси углерода растворов, необходим 0,05 н. раствор HCl, который готовят, разбавляя 4,2 мл химически чистого концентрированного раствора HCl (плотность раствора 1,19) дистиллированной водой в мерной колбе на 1 л до метки. Полученный раствор является лишь приблизительно 0,05 н. и его необходимо проверять по точному раствору буры.

в) Для определения величины $БПК_5$ исследуемая вода на месте взятия пробы набирается в чистую склянку емкостью 1,5 л таким образом, чтобы по возможности не оставалось в ней воздуха. Взятую пробу воды необходимо обработать тотчас же. Если это невозможно, то во время доставки пробы бутыль обкладывают пузырем со льдом и до анализа сохраняют в холодильнике при 0° С.

В лаборатории в воде определяют pH; если ее значение отклоняется от крайних значений 6,0—8,5, воду необходимо нейтрализовать соответствующим количеством раствора 1,0 н. соляной кислоты или щелочи. Затем воду переливают в колбу и доводят до 20° С (путем нагревания на водяной бане или путем охлаждения), после чего взбалтывают в течение 1 мин для равномерного насыщения воды воздухом (в случае перенасыщения). Дав выйти пузырькам воздуха, с помощью сифона наполняют три склянки с притертыми пробками водой наполовину, споласкивают и потом наполняют до краев; в одну из них прибавляют реактивы Винклера и определяют растворенный кислород.

Две другие склянки с испытуемой водой (инкубационные) ставят в кювету термостата (закрытого от света) горлом вниз на 5 суток, после этого в них определяют оставшийся растворенный кислород и вычисляют среднюю величину. Разность между начальным и конечным определениями, пересчитанная на 1 л, даст величину кислорода, пошедшего на окисление органических веществ в испытуемой воде в течение 5 суток.

В случае загрязненных вод растворенного кислорода может не хватить для покрытия всей потребности воды в кислороде, поэтому указанные воды необходимо перед началом определения разбавить специально заготовленной водой. Разбавление должно быть таким, чтобы убыль кислорода за 5 суток была не менее 2 мг/л и остаток его по истечении этого времени не был ниже 2 мг/л. Для приблизительного определения разбавления можно использовать данные по перманганатной окисляемости [1]. Если величина $БПК_5$ неизвестна, необходимо делать несколько разбавлений, например, 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4. Необходимость в больших разведениях может возникнуть лишь в случае сильного загрязнения исследуемой воды.

[1] Кратность разведения составляет $^3/_4$ величины кислорода перманганатной окисляемости.

Разбавленную пробу воды аэрируют путем взбалтывания, разливают по склянкам и определение ведут, как это было указано выше. Для контроля необходимо производить определение $БПК_5$ самой разбавляющей воды с добавленными реактивами: оно не должно превышать 0,3 мг O_2/л; полученная поправка вносится в расчеты.

В водах, содержащих токсические вещества, результаты определения БПК не надежны; в этом случае производят многократное разбавление воды и принимают полученное наибольшее значение БПК с учетом разведения.

Для определения величины $БПК_5$ необходимы следующие растворы и реактивы.

1) Все реактивы, которые необходимы при определении растворенного кислорода (см. Наставление, вып. 2, ч. II, § 107).

2) Для разбавления вод со значительным содержанием органического вещества применяют дистиллированную воду, полученную перегонкой в стеклянном перегонном аппарате; ее же применяют для приготовления нижеперечисленных растворов. Эта вода не должна содержать меди, хлора, минеральных соединений азота, органических веществ, кислот, щелочи. Такую воду готовят заранее; она должна быть насыщена кислородом и ее необходимо хранить в темноте, предохраняя от загрязнения. В качестве питательных солей в день применения в нее вносят по 1 мл следующих растворов (в расчете на 1 л):

— фосфатный буферный раствор, pH = 7,2·8,5 г KH_2PO_4, 21,75 г K_2HPO_4, 33,4 г $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$ и 1,7 г NH_4Cl растворяют в дистиллированной воде и доводят до 1 л (реактивы должны быть химически чистыми);

— раствор сульфата магния, 22,5 г химически чистого $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ растворяют в дистиллированной воде и доводят до 1 л;

— раствор хлористого кальция, 27,5 г химически чистого безводного $CaCl_2$ растворяют в дистиллированной воде и доводят до 1 л;

раствор хлорного железа, 0,25 г химически чистого $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ растворяют в дистиллированной воде и доводят до 1 л.

3) Растворы соляной кислоты и едкого натра 1,0 н. для нейтрализации щелочных или кислых вод.

Посуда. 1. Кислородные склянки — см. «Определение растворенного кислорода». Перед определением они тщательно обрабатываются серно-хромовой смесью, многократно моются водопроводной водой и споласкиваются дистиллированной водой. Для устранения потери или добавочного поглощения кислорода во время инкубации необходимо применять водяные затворы. Для этого могут быть использованы фотографические кюветы, которые, заполнив дистиллированной водой, кладут в термостат и в них ставят склянки пробкой вниз. Кюветы при каждом новом определении тщательно отмываются от возможной слизи и других примесей. 2. Термостат на 20° С, регулируемый в пределах ±1° С.

ГЛАВА 12. СПЕЦИАЛЬНЫЕ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Излагаются рекомендации по выполнению специальных и научно-методических исследований, проводимых для обоснования частоты и точности основных (регулярных) наблюдений на постах. Особо излагаются методы специальных наблюдений за наносами.

12.1. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА УРОВНЕМ, РАСХОДОМ ВОДЫ И ЛЕДОВЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ

12.1.1. Выбор оптимальной частоты наблюдений за уровнем воды в период его резких изменений (колебаний), а также на реках с суточным ходом уровня воды

12.1.1.1. На реках с суточным ходом уровня, где по тем или иным причинам отсутствуют установки СУВ, в течение года или в отдельные периоды производятся многосрочные наблюдения за уровнем воды. Для таких пунктов необходимо установить оптимальную частоту многосрочных наблюдений за уровнем.

Выбор времени наблюдений за уровнем воды и количества сроков производится путем сравнительного анализа значений среднесуточных уровней, вычисленных по ежечасным наблюдениям и вариантам их сроков, с нахождением среднеквадратической ошибки. При отсутствии установки СУВ для получения необходимых данных в характерные периоды проводятся специальные ежечасные измерения уровня, используются данные измерений уровня в нижних бьефах ГЭС или подбираются реки-аналоги.

12.1.1.2. В общем случае подсчет среднего суточного уровня воды производится по формуле

$$H_{\text{ср. сут}} = \left(\frac{H_1 + H_2}{2} T_{1-2} + \frac{H_2 + H_3}{2} T_{2-3} + \cdots + \right.$$

$$\left. + \frac{H_{n-1} + H_n}{2} T_{(n-1)-n}\right) : 24,$$

где H_1 и H_n — уровень воды соответственно в 0 и 24 ч; H_2, H_3, ..., H_{n-1} — уровни, измеренные в любые сроки суток между 0 и 24 ч; T_{1-2}, $T_{(n-1)-n}$ — промежуток времени между соседними сроками наблюдений за уровнем воды.

В число выбираемых сроков включаются стандартные наблюдения в 8 и 20 ч и сначала подсчитывается среднеквадратическая

ошибка вычисления среднесуточного уровня соответствующего этим срокам по формуле

$$\sigma_{H_{\text{ср. сут}}} = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} (\Delta H_i)^2}{n-1}},$$

где $\sigma_{H_{\text{ср. сут}}}$ — среднеквадратическая ошибка определения среднего суточного уровня, см; ΔH_i — отклонение среднего суточного уровня, вычисленного по измерениям в 8 и 20 ч (как среднее арифметическое), от эталона (среднего суточного уровня, вычисленного по ежечасным измерениям); n — число анализируемых вариантов суточного хода уровня.

Если полученное значение $\sigma_{H_{\text{ср. сут}}}$ не удовлетворяет требуемой точности определения среднего суточного уровня, выбираются дополнительные сроки и оценка их надежности производится на основе вычисления среднеквадратической ошибки.

В первую очередь можно рекомендовать производить оценку надежности определения среднего суточного уровня при следующих сроках наблюдений:

1) два срока (8 и 20 ч); $H_{\text{ср. сут}}$ вычисляется как среднее арифметическое;

2) три срока (8, 20 ч и на границе суток, т. е. 0, 24 ч); $H_{\text{ср. сут}}$ вычисляется по формуле как средневзвешенное;

3) четыре срока (2, 8, 14, 20 ч); $H_{\text{ср. сут}}$ вычисляется как среднее арифметическое;

4) четыре срока (8, 14, 20 ч и на границе суток, т. е. 0, 24 ч); $H_{\text{ср. сут}}$ вычисляется по формуле как средневзвешенное.

Пример. На рис. 12.1 приведено 11 кривых суточного хода уровня за октябрь—ноябрь 1966 г. на р. Неве у Горного института. Суточная амплитуда уровня для разных суток находится в пределах 30—72 см.

В качестве действительной величины принят средний суточный уровень, вычисленный по 24 ежечасным наблюдениям:

$$H_{\text{ср. сут э}} = \left(\frac{H_0 + H_{24}}{2} + H_1 + H_2 + \cdots + H_{23}\right) : 24.$$

Пример расчета средней квадратической ошибки среднего суточного уровня $\sigma_{H_{\text{ср. сут}}}$ по наблюдениям в 8 и 20 ч приведен в табл. 12.1.

Аналогичным образом вычисляется средняя квадратическая ошибка среднего суточного уровня по другим срокам наблюдений.

Для приведенного примера получены следующие результаты (табл. 12.2).

Как видно из данных табл. 12.2, наибольшая среднеквадратическая ошибка в определении среднего суточного уровня (до 7 см) будет при двухсрочных наблюдениях в 8 и 20 ч.

За оптимальный вариант можно принять четырехсрочные наблюдения в 8, 14, 20 ч и на границе суток; $\sigma_{H_{\text{ср. сут}}} = 1{,}5$ см.

Подобные расчеты следует производить отдельно для разных фаз гидрологического режима.

Допустимая среднеквадратическая ошибка определения среднего суточного уровня по многосрочным наблюдениям находится в пределах 1—3 см.

Рис. 12.1. Типы (*1—11*) суточного хода уровня в октябре—ноябре 1966 г. на р. Неве у Горного института.

Если допустимую погрешность при небольшом количестве сроков измерения получить невозможно, то в отдельных случаях (как исключение) можно принимать и большие значения $\sigma_{H_{\text{ср. сут}}}$, но с обязательным указанием ее величины в соответствующих материалах.

Таблица 12.1

Пример расчета $\sigma_{H_{ср.\ сут}}$

№ п/п	$H_{ср.\ сут.\ э}$	$H_{8\ ч}$	$H_{20\ ч}$	$H'_{ср.\ сут} = \frac{H_8 + H_{20}}{2}$	$\Delta H_i = H' - H_э$	ΔH_i^2
1	154	170	137	154	0	0
2	131	146	118	132	1	1
3	140	161	130	146	6	36
4	159	150	194	172	13	169
5	172	165	170	168	—4	16
6	135	128	125	126	—9	81
7	141	149	142	146	5	25
8	169	187	150	168	—1	1
9	170	193	165	179	9	81
10	158	160	143	152	—6	36
11	166	168	166	167	1	1
						$\sum$ 446

$$\sigma_{H_{ср.\ сут}} = \sqrt{\frac{446}{10}} = 6{,}7 \text{ см}$$

Таблица 12 2

Значения $\sigma_{H_{ср.\ сут}}$

№ п/п	Способ подсчета среднего суточного уровня	$\sigma_{H_{ср.\ сут}}$, см
1	Среднеарифметическое по наблюдениям в два срока (8 и 20 ч); $H_{ср.\ сут} = \frac{H_8 + H_{20}}{2}$	6,7
2	Среднеарифметическое по наблюдениям в четыре срока (2, 8, 14, 20 ч); $H_{ср.\ сут} = \frac{H_2 + H_8 + H_{14} + H_{20}}{4}$	2,6
3	Средневзвешенное по формуле по наблюдениям в четыре срока (8, 14, 20 ч и на границе суток); $H_{ср.\ сут} = (4H_0 + 7H_8 + 6H_{14} + 5H_{20} + 2H_{24}) : 24$	1,5
4	Средневзвешенное по наблюдениям в три срока (8, 20 ч и на границе суток); $H_{ср.\ сут} = (4H_0 + 10H_8 + 8H_{20} + 2H_{24}) : 24$	4,2

12.1.2. Нахождение оптимального числа, положения скоростных вертикалей и выдержки вертушки в точках измерения скорости для определения расходов воды с заданной точностью

12.1.2.1. Вопрос об оптимальном числе вертикалей, назначаемых при измерении расхода воды, должен решаться по данным предварительного детального измерения расхода при увеличении

числа скоростных вертикалей (например, до 40), который может быть принят в качестве эталонной величины. В дальнейшем расход воды подсчитывается при сокращенном количестве вертикалей — половине, четверти и т. д. В каждом случае определяется относительная погрешность величины расхода по отношению к его эталонному значению. Подобный анализ должен быть выполнен по меньшей мере для трех фаз режима (максимальные расходы, средние по величине, меженные).

Рис. 12.2. Зависимость предельной погрешности в измерении расхода воды 95%-ной обеспеченности от числа скоростных вертикалей.

1 — по данным Р. Херши; *2* — по данным Н. К. Сибиряковой.

В главе 6 в качестве минимального числа вертикалей указано девять (10 отсеков, расход воды в каждом из которых не должен превышать 10% полного расхода). Но в некоторых случаях при правильном русле на малых и средних реках число вертикалей может быть принято и меньшим, если описанный выше анализ не покажет резкого возрастания погрешности при уменьшении числа вертикалей менее девяти.

Для ориентировки в выборе числа вертикалей на рис. 12.2 приводится график предельной погрешности в измерении расхода в зависимости от числа вертикалей (построен по данным исследований ГГИ, подтвержденных и данными зарубежных авторов). На графике видно, что при числе вертикалей, равном 10, предельная погрешность составляет 10% (среднеквадратическая 5%). Это соответствует допустимому пределу погрешности, удовлетворяющему запросы практики.

Из этого же графика видно, что при уменьшении числа вертикалей от 40 до 20 погрешность возрастает мало; более резкое возрастание погрешности измерения начинается при назначении числа вертикалей менее 20.

Местоположение скоростных вертикалей на поперечном профиле должно быть таково, чтобы ограничиваемые ими отсеки площади водного сечения пропускали бы примерно одинаковый расход. Из этого следует, что к стрежневой части реки, где глубины и скорости максимальны, вертикали должны быть сгущены. Рекомендация об обязательном назначении вертикали на резких переломах поперечного профиля при этом сохраняет силу.

12.1.2.2. В главе 6 (п. 6.4.12) в качестве стандартного времени для выдержки вертушки в точке при измерении расхода воды рекомендуется 60 с. Зависимость среднеквадратической погрешности в измерении средней по вертикали скорости от времени выдержки вертушки в точке приведена на графике (рис. 12.3), полученном по данным ряда исследователей. На графике видно, что резкое

возрастание погрешности начинается при уменьшении выдержки менее 60—50 с. Вместе с тем возможны отступления от принятой в качестве стандарта величины. Например, при быстро меняющихся гидравлических условиях (искусственные попуски на гидроузлах, дождевые паводки, приливно-отливные явления на устьевых участках рек и т. д.) можно получить более высокую точность измерения расхода, если пойти на сокращение времени выдержки до 30 с (время, достаточное для записи, как минимум, трех сигналов). С другой стороны, в потоках, где наблюдается крупномасштабная пульсация (с периодом от $^1/_2$ минуты до одной-двух минут), время выдержки должно быть соответственно увеличено до одной-двух минут.

Рис. 12.3. Зависимость погрешности в определении средней скорости на вертикали (σ) при 2-точечном способе измерения от продолжительности выдержки вертушки в точке.

1 — по Р. Картеру; *2* — по данным Ботма и Струйка.

12.1.3. Об определении средней скорости потока по его репрезентативным элементам

Для решения вопроса о применимости ускоренных способов измерения расходов воды (см. главу 6) в каждом случае необходим предварительный анализ материалов ранее выполненных или специально организованных наблюдений.

В ГГИ по ряду створов рек Советского Союза (Сясь, Великая, Амур, Волга и Амударья) было проведено сравнение средних скоростей потока, полученных на основании детальных измерений и вычисленных разными способами: по связи единичной скорости в точке $0{,}2h_{макс}$ со средней скоростью потока, по связи средних скоростей на вертикалях, расположенных на расстоянии в 0,2 и $0{,}8B$ (ширины реки) от берега, со средней скоростью потока (способ Е. П. Буравлева). Последний способ может быть несколько улучшен, если весовые коэффициенты в формуле

$$v_{ср} = a_1 \cdot 0{,}5\,(v_{0,2B} + v_{0,8B}) + a_2$$

при скоростях принимать не одинаковыми, а различными, после чего формула примет вид

$$v_{ср} = a_1 v_{0,2B} + a_2 v_{0,8B} + a_3.$$

Значения параметров a_1, a_2 и a_3 устанавливаются корреляционным анализом натурных данных, используя ЭВМ.

В табл. 12.3 дано сопоставление указанных трех способов.

Таблица 12.3

Значения коэффициента корреляции r и среднеквадратической погрешности σ

Расчетные зависимости	r	σ %
$v_{ср} = a_1 v_{0,2h_{макс}} + a_2$	0,93÷0,99	8,9
$v_{ср} = a_1 0,5\,(v_{0,2B} + v_{0,8B}) + a_2$	0,97÷0,99	6,2
$v_{ср} = a_1 v_{0,2B} + a_2 v_{0,8B} + a_3$	0,97÷0,99	6,0

Как видно из таблицы, все три зависимости имеют достаточно высокие коэффициенты корреляции, но среднеквадратическая относительная погрешность несколько меньше у формулы Буравлева и еще меньше у зависимости ГГИ, что понятно, так как данные

Рис. 12.4. График связи среднеквадратической погрешности расхода воды σ с относительной величиной расходов воды $Q/Q_{макс}$. р. Великая — д. Гуйтово. 1971 — 1972 гг.

I — средняя скорость вычислена по связи с единичной скоростью в точке $0,2h_{макс}$; *II* — средняя скорость вычислена по связи со средними скоростями на вертикалях в 0,2 и 0,8 ширины реки; *III* — средняя скорость вычислена по зависимости ГГИ.

о средних скоростях на двух вертикалях, естественно, дают бо́льшую информацию о скоростном поле в сечении, чем данные об одной скорости в точке $0,2h_{макс}$.

На рис. 12.4 в качестве примера показан вид связи среднеквадратической погрешности σ с относительной величиной расходов воды $\frac{Q}{Q_{макс}}$ для приведенных выше зависимостей. Из рис. 12.4 можно сделать вывод, что применение метода репрезентативных элементов достаточно надежно для средних и больших рек при

$$\frac{Q}{Q_{макс}} > 0,5,$$

что может служить критерием применимости метода.

На малых реках этот предел может быть несколько уменьшен (до 0,2 при применении способа Буравлева или уточненного ГГИ).

12.1.4. Выбор частоты измерений расхода воды в различных условиях

12.1.4.1. Для подсчета ежедневных расходов воды используется, как правило, кривая расходов — связь расходов и уровней воды в гидростворе. При равномерном движении потока эта связь однозначна, а рассеяние точек относительно осредняющей кривой $Q(H)$ обусловливается только погрешностями измерения расходов воды ($\sigma_{0и}$). Неоднозначная связь наблюдается при изменении пропускной способности русла под влиянием различных факторов: неустановившегося движения в период половодья и прохождения паводков, деформациях русла, переменного подпора выше впадения притоков и в верхних бьефах подпорных сооружений, при ледовых явлениях и зарастании русла. В этих условиях повышается роль регулярных измерений расходов воды, а именно, каждое измерение служит для уточнения пропускной способности русла в сравнении с ее значением по стандартной кривой расходов. При этом используются методы, основанные на интерполяции характеристик пропускной способности — поправок к расходам или уровням воды (ΔQ, ΔH), коэффициентов $K_{зар}$, $K_{зим}$, $K_{подп}$, или строятся временные кривые $Q(H)$.

12.1.4.2. Определение характера кривой связи расходов и уровней воды (ее однозначности или неоднозначности) производится на основании сопоставления σ_0 — общего рассеяния точек в поле $Q(H)$ и погрешности измерения расходов воды $\sigma_{0и}$. Если $\sigma_0 \leqslant 2\sigma_{0и}$ — кривая $Q(H)$ считается однозначной. При несоблюдении этого неравенства, т. е. при $\sigma_0 > 2\sigma_{0и}$ — кривая неоднозначна и учет стока должен производиться методами интерполяции поправок к расходам (уровням) на основе поправочных коэффициентов или временных кривых расходов.

12.1.4.3. Как правило, при благоприятных условиях измерений средняя квадратическая погрешность $\sigma_{0и}$ не превышает 3—4% для равнинных рек и 5—6% для горных. При ледоставе, зашугованности русла более чем на 20%, а также на реках с интенсивно деформирующимся руслом эта погрешность может достигать 7—8%.

12.1.4.4. При наличии однозначной связи $Q(H)$ погрешность учета стока зависит главным образом от погрешности измерений и в меньшей степени от их частоты. В этом случае оказывается достаточным выполнить 20—30 измерений в течение года при условии равномерного их распределения по амплитуде изменения уровня. Обязательно должны производиться измерения в характерные фазы режима рек: при наступлении наименьшего и наибольшего расходов воды, в начале и конце ледостава с соблюдением правил техники безопасности измерений.

12.1.4.5. При использовании интерполяционных методов, когда связь $Q(H)$ неоднозначна, требования к частоте измерений повышаются. Если сток учитывается по временным кривым, для проведения каждой из них необходимо иметь не менее 4—6 измерений при условии физического обоснования положения этих кривых. Таким обоснованием может служить, например, направленная деформация русла, установленная при сопоставлении профилей гидроствора, или изменение уклонов водной поверхности под влиянием подпора от нижерасположенного озера, притока или других причин.

Рис. 12.5. Зависимость погрешности ежедневных расходов воды σ_{0Q} от частоты измерений (n — количество измерений в месяц).

1 — для горных и предгорных рек с паводочным режимом и деформирующимся руслом; *2*, *3* — для равнинных рек с периодическими деформациями русла или наличием переменного подпора, зарастания и других факторов, при $\sigma_0 = 7 \div 10\%$ (кривая *3*) и $\sigma_0 > 10\%$ (кривая 2).

12.1.4.6. При интерполяции характеристик пропускной способности русла на интервал между измерениями относительная погрешность расходов воды зависит от частоты наблюдений. Значение σ_{0Q} определяется степенью статистической связанности (коррелированности) характеристик пропускной способности русла во времени. При равном количестве измерений в месяц n погрешность σ_{0Q} будет тем больше, чем чаще происходят изменения условий протекания потока; о них свидетельствуют изменения знака поправок к уровням ΔH, обусловленных, например, деформациями русла или влиянием подпора.

Аналитическая оценка погрешности ежедневных расходов воды с учетом перечисленных выше характеристик может быть получена на основании теории случайных функций, которая ввиду ее сложности здесь не приводится (см. статью И. Ф. Карасева «Методы и оценка точности гидрометрического учета стока». — «Тр. ГГИ», 1976, вып. 234).

При упрощенном решении задачи могут быть использованы зависимости для некоторых типичных условий (рис. 12.5).

Кривая *1* выражает зависимость $\sigma_{0Q}(n)$ для горных и предгорных рек с малой корреляцией характеристик пропускной способности русла, вызванной его частыми переформированиями. Характер деформаций русла (намыв, размыв) при этом сохраняется в течение непродолжительных интервалов времени (до 10 суток).

Кривые *2*, *3* выражают зависимость $\sigma_{0Q}(n)$ для равнинных рек, где неоднозначность кривой может быть вызвана различными факторами, медленно изменяющимися во времени, с периодом порядка 20—30 суток. Кривая *3* используется при $\sigma_0 = 7 \div 10\%$, кривая *2* — при $\sigma_0 > 10\%$.

Приведенный на рис. 12.5 график позволяет определять необходимую частоту измерений расходов воды для года в целом или отдельных фаз гидрологического режима (например, за паводок или межень, если значительное изменение условий протекания и нарушение однозначности кривой происходит именно в эти периоды) в зависимости от требуемой точности расчета ежедневных расходов воды.

12.1.4.7. При соблюдении стандартной методики измерений погрешность вычисления ежедневных расходов воды будет изменяться в следующих пределах:

1) для рек с постоянными условиями протекания и однозначной зависимостью $Q(H)$ значение $\sigma_{0Q} = 3 \div 4\%$ при 30 измерениях в год;

2) для равнинных рек с периодическим изменением характеристик пропускной способности русла $\sigma_{0Q} = 3 \div 5\%$ при 50—70 измерениях в год (4—6 измерений в месяц);

3) для горных и предгорных рек с паводочным режимом и деформирующимися руслами σ_{0Q} не превышает 10% при 60—80 измерениях в год (5—7 измерений в месяц).

На рис. 12.5 видно, что указанные пределы частоты измерений являются оптимальными, так как при уменьшении n по сравнению с рекомендованной происходит резкое увеличение σ_{0Q}, а увеличение n практически дает очень небольшое снижение погрешности.

12.1.4.8. В практике гидрологических расчетов часто возникает необходимость учета стока в гидростворах с определенной точностью, превышающей ее значения, получаемые в обычных условиях. В частности, повышенная точность учета стока требуется при гидрологическом контроле данных государственного учета вод, осуществляемом на балансовой основе.

12.1.4.9. Рассмотрим пример определения необходимой частоты измерения расходов воды в гидростворе р. Оять—д. Мининская. Условия протекания потока в этом гидростворе изменяются под влиянием переменного подпора от озера. Сток подсчитывается с поправочными коэффициентами, значения которых резко меняются во времени. Общее рассеяние точек в поле (Q, H), характеризуемое их средним квадратическим отклонением от стандартной (осредненной) кривой σ_0, составляет около 14%, погрешность измерений $\sigma_{0н}$ не превышает 4%, т. е. половины общего рассеяния σ_0. Определение необходимого количества измерений расходов воды в месяц n в зависимости от требуемой точности производится по кривой *2* (см. рис. 12.5), так как Оять — равнинная река, а общее рассеяние точек измеренных расходов $\sigma_0 > 10\%$.

На рисунке видно, что оптимальная частота n находится в пределах 8—10 измерений в месяц, что обеспечивает погрешность ежедневного расхода 6—7%. При $n < 8$ погрешность резко возрастает, при $n > 10$ — почти не изменяется.

В действительности в рассматриваемом гидростворе расходы измеряются именно с такой частотой, т. е. 1 раз в 3—4 дня.

12.1.4.10. Для уточнения представленных на рис. 12.5 кривых в каждом случае должны производиться специальные исследования, включающие учащенные измерения расходов воды в отдельные периоды, характерные для основных фаз режима (паводок, межень). При обработке проведенных наблюдений вычисляются ежедневные расходы воды $Q_{k\,(n)}$ за T суток по данным полного числа измерений n. Затем подсчитываются варианты ежедневных расходов воды $Q_{k\,(n_1)}$, $Q_{k\,(n_2)}$, .., $Q_{k\,(n_i)}$ — также за T суток, при последовательном сокращении количества измерений до n_1, n_2, ..., n_i, причем $n > n_1 > n_2 > \cdots > n_i$.

Вычисляются относительные средние квадратические отклонения $(\sigma_{Q\,(n_i)})$ расходов воды $Q_{k\,(n_i)}$, рассчитанных при различной частоте измерений, от наиболее точного значения $Q_{k\,(n)}$, подсчитанного при полном числе измерений:

$$\sigma_{Q\,(n_i)} = \sqrt{\frac{1}{T}\sum_{k=1}^{T}\left(\frac{Q_{k\,(n_i)} - Q_{k\,(n)}}{Q_{k\,(n)}}\right)^2}.$$

$\sigma_{Q\,(n_i)}$ характеризует погрешность ежедневных расходов воды в зависимости от частоты измерений. На основании полученных данных строится график $\sigma_{Q\,(n)}$, аналогичный приведенному на рис. 12.5.

12.1.5. Балансовые измерения расходов воды

12.1.5.1. Русловые и учетные водные балансы составляются для гидрологического контроля государственного учета вод, а также для увязки стока и прогноза его значений по длине рек. Порядок составления РВБ и УВБ излагается в «Методических указаниях управлениям Гидрометслужбы» № 90 (Л., Гидрометеоиздат, 1977) и в «Методических рекомендациях по оценке точности и гидрологическому контролю данных государственного учета вод и их использования» (Л., Гидрометеоиздат, 1977).

Основное влияние на точность расчета балансов оказывают, как правило, данные о стоке в ограничивающих створах реки и ее боковых притоков, а также заборов и сбросов воды. Для изучения непосредственно не учитываемых элементов баланса, таких, как возврат воды подземным путем, фильтрация из русла и др., а также для гидрологического контроля водозаборов и сбросов, используются гидрометрические данные, а именно — средние декадные и месячные расходы воды. При этом, чем меньше значение неизвестной составляющей, получаемой как остаточный член уравнения РВБ, тем более высокие требования предъявляются к полноте и точности измерений.

12.1.5.2. Надежность расчета неизвестной составляющей Q_0 зависит от погрешности определения всех учтенных элементов σ_i.

Совокупная средняя квадратическая погрешность расчета выражается формулой

$$\sigma_0 = \sqrt{\sum_1^n \sigma_i^2}.$$

Для уверенного суждения о надежности остаточного члена уравнения РВБ (это может быть неучтенный фильтрационный отток из русла, приток подземных вод, потери на испарение с пойменных массивов, неизвестная или контролируемая величина водозабора или сброса воды на участке) должно быть соблюдено условие

$$Q_0 \geqslant m_{95\%} \approx 2\sigma_0.$$

Здесь $m_{95\%}$ — предельная погрешность вычисления Q_0 с вероятностью непревышения $P = 95\%$.

12.1.5.3. В ряде случаев это условие не выполняется из-за слишком больших значений σ_0, что в свою очередь обусловливается недостаточной точностью гидрометрических данных.

На основании изложенных выше соображений может быть решена и обратная задача, а именно, определение необходимой точности гидрометрических данных в зависимости от получаемого расчетным путем значения неизвестного элемента баланса Q_0.

Для бесприточных участков при условии, что изменения стока по их длине относительно малы по сравнению с расходами в верхнем и нижнем створах, погрешность учета стока в них не должна превышать

$$\sigma_Q \leqslant 0{,}35Q_0.$$

При наличии боковых притоков это неравенство принимает вид

$$\sqrt{\sigma_{Q_в}^2 + \sigma_{Q_н}^2 + \sum_1^n \sigma_{пр}^2} \leqslant 0{,}5Q_0,$$

где n — количество боковых притоков.

Если на участке имеют место значительные заборы ($Q_{вз}$) и сбросы воды ($Q_{с.в}$), при оценке совокупной погрешности расчета Q_0 должна быть учтена также погрешность их определения:

$$\sqrt{\sigma_{Q_в}^2 + \sigma_{Q_н}^2 + \sigma_{Q_{вз}}^2 + \sigma_{с.в}^2 + \sum_1^n \sigma_{Q_i}^2} \leqslant 0{,}5Q_0.$$

12.1.5.4. В реальных условиях точность учета стока на постах УГМС, а также полнота и точность учета заборов и сбросов воды на участке не всегда обеспечивает решение поставленной выше задачи, особенно для коротких расчетных интервалов (меньше месяца). В этих случаях необходимо проводить специальные балансовые измерения расходов воды повышенной точности (гидрометрические съемки) в речных створах, в головах водозаборов и на коллекторно-сбросных каналах. Измерения

должны выполняться параллельно на всех гидростворах с учетом сдвижки на время добегания водных масс от верхнего к нижнему створу. Серии таких измерений, проведенных в характерные фазы гидрологического режима, позволяют повысить точность расчетных гидрометрических данных.

12.1.5.5. При наличии большого количества боковых притоков, водозаборных и сбросных каналов балансовые измерения становятся особенно трудоемкими. Поэтому до начала полевых наблюдений целесообразно определить оптимальное количество гидростворов, где такие измерения необходимы, и выделить створы, на которых можно обойтись без них. Гидростворы для балансовых измерений следует назначать лишь на тех притоках (оросительных и сбросных каналах), расходы воды в которых достаточно велики и погрешность их определения существенно влияет на точность расчета искомой составляющей баланса Q_0. На остальных объектах расходы воды определяются на основе обычных сетевых измерений или принимаются по статистическим данным.

12.1.5.6. В соответствии с принципом равных влияний частных погрешностей на заданную (допускаемую) относительную погрешность расчета остаточного члена баланса $\Delta_{о.б}$ измерения на каком-либо объекте i можно не производить, если для него обеспечивается неравенство

$$\frac{\Delta_{о.б}}{\alpha_i \sqrt{N}} \geqslant C_{v_i},$$

где N — число элементов баланса (объектов учета); α_i выражает относительное значение расхода Q_i, полученного расчетным путем (по статистическим данным) в долях к приходной части — сумме расходов во входном створе и боковых притоков,

$$\alpha_i = \frac{Q_i}{Q_{прих}};$$

C_{v_i} — коэффициент вариации расходов i-того элемента (объекта) по статистическим данным в рассматриваемую фазу режима или расчетный период.

При соблюдении приведенного выше условия вместо измеренных значений без снижения точности расчета РВБ или УВБ принимаются статистические значения Q, определяемые по кривым расходов в гидростворах или гидравлическим характеристикам водопропускных сооружений, насосных станций и т. п.

12.1.6. Проведение наземного комплекса наблюдений для обоснования аэрометодов измерения расходов воды

12.1.6.1. Для применения аэрогидрометрического способа измерения расхода воды в случае, если поле поверхностных скоростей определяется с помощью поплавков, сбрасываемых с самолета (основной способ, применяемый в настоящее время), необхо-

димо проведение комплекса наземных наблюдений. Он состоит из следующих операций.

До начала полевых измерений:

— выбираются гидростворы и изучаются их характеристики;

— выполняются нивелирные и промерные работы на створах для получения профилей живого сечения рек (если они отсутствуют);

— осуществляется маркировка местности в районе рабочего участка реки на каждом створе и производятся геодезические измерения с целью получения координат опорных (маркированных) точек в местной (условной) системе координат;

— проводятся гидрометрические работы по установлению зависимости переходного коэффициента от поверхностных скоростей течения к средним от уровня воды.

Наземное обеспечение аэрогидрометрических работ:

— при появлении самолета в районе створа наблюдатель поста записывает уровень воды (при необходимости — данные о продольных уклонах водной поверхности), измеряет и записывает скорость и направление ветра.

12.1.6.2. В период подготовки к выполнению аэрогидрометрических работ осуществляется выбор створов и их изучение по имеющимся материалам и топографическим картам крупного масштаба. Если указанные работы предполагается проводить на уже существующих гидростворах, их предварительно изучают по материалам Технического дела поста.

Новые створы выбираются по топографическим картам с соблюдением требований, предъявляемых к участкам измерения расходов воды (прямолинейность, без расширений и сужений) с учетом безопасности работ, выполняемых с самолета.

Маркировка местности в районе створа производится следующим способом: от створа влево и вправо на обоих берегах реки оборудуются опознавательные знаки в виде крестов, угольников, квадратов и т. п. Маркированные точки должны составлять в плане прямоугольник со сторонами на берегах 0,5—0,6 ширины реки. Опознавательные знаки желательно выкладывать вблизи уреза воды. В тех случаях, где амплитуда колебания уровня велика, маркировка должна выполняться выкладыванием нескольких опознавательных знаков с таким расчетом, чтобы при затоплении одних знаков обработка аэроснимков могла быть выполнена по другим знакам, расположенным выше первых.

Для рек шириною более 500—600 м маркировка опознавательных знаков не требуется, так как в этом случае для съемки применяется специальная аэрофотоаппаратура (см. «Методические указания УГМС», № 72, Л., Гидрометеоиздат, 1966).

Привязка опорных (маркированных) точек в местной системе координат осуществляется путем измерения теодолитом на этих точках углов, образуемых сторонами четырехугольника; при этом засечками определяются длины его сторон. Данные теодолитных

измерений накладываются на планшет масштаба 1 : 200, 1 : 500, 1 : 1000 и т. д. (масштаб планшета выбирается в зависимости от ширины реки). Этот планшет в дальнейшем служит основой для обработки аэроснимков с поплавками.

Для получения переходного коэффициента K от поверхностной скорости к средней осуществляется анализ данных выполненных ранее или специально организованных многоточечных измерений расходов воды. В результате анализа строится график зависимости коэффициента K от уровня воды. При отсутствии наблюдений могут быть использованы различные формулы для вычисления K, содержащиеся в «Методических рекомендациях по измерению расходов воды рек аэрометодами» (Л., Гидрометеоиздат, 1974).

Из наблюдений по наземному обеспечению аэрогидрометрических работ самостоятельное значение имеет определение скорости и направления ветра.

Для обработки материалов поплавочных измерений необходимо иметь данные о скорости и направлении ветра, воздействовавшего на их перемещение. На постах, обслуживаемых наблюдателями, эти наблюдения выполняются последними с помощью ручного анемометра непрерывно в течение всего времени работы самолета на данном объекте. Время осреднения показаний анемометра принимается равным 2 мин, направление ветра также фиксируется через каждые 2 мин с точностью $\pm 1{,}0°$. Наблюдения производятся обычно над водной поверхностью в лодке. Высота установки анемометра во всех случаях 1 м.

На гидростворах, не обслуживаемых наблюдателями, приходится ограничиваться приближенными данными о ветре. Направление ветра в этом случае определяется по сносу дыма, распространению волн и т. д., а данные о скорости получают с ближайших к гидроствору метеостанций.

12.1.7. Авиационные методы наблюдений за ледовыми явлениями

12.1.7.1. На реках, вскрытие которых сопровождается формированием заторов льда, данные наблюдений за ледовой обстановкой на участках гидрологических станций и постов недостаточны для характеристики изменения фаз ледового режима. В этих условиях точная оценка ледовой обстановки для оперативной информации заинтересованных ведомств, уточнения прогнозов сроков вскрытия и масштабов заторных явлений, а также для исследовательских целей может быть получена путем разведки с самолетов ледовых условий на больших по протяжению участках реки.

Плановые очертания участков с различными ледовыми образованиями и явлениями, получаемые с помощью глазомерного определения, носят приближенный характер, однако, как показывает опыт, точность производства этих работ вполне достаточна для установления границ по длине и ширине реки различных фаз ледовых явлений.

12.1.7.2. Планирование наблюдений, выполняемых с помощью аэрометодов, производится с учетом результатов предварительного изучения ледового режима объекта. Выполнение разведок с самолетов намечается в сезоны, представляющие интерес для решения поставленных задач. Разведки могут производиться как в оба переходных периода (замерзания и вскрытия), так и в один из этих периодов.

Порядок работы в каждый отдельный сезон может значительно меняться в зависимости от сложившейся гидрометеорологической обстановки и целей наблюдений. Желательно, чтобы наблюдения с помощью аэрометодов производились весь переходный период с целью получения данных не только для оперативных нужд, но и для изучения режима.

Частота полетов устанавливается в зависимости от продолжительности прохождения по реке основных фаз ледового режима.

Основными отчетными документами разведки с самолетов являются карта ледовой обстановки и бортжурнал.

Для картирования фаз ледовых явлений должны быть заблаговременно изготовлены стандартные карты-основы в виде бланков одного масштаба. Для удобства картирования необходимо, чтобы ширина реки на карте-бланке составляла 1—2 см. Поэтому карты-основы могут иметь различные поперечный и продольный масштабы. Наиболее подходящий продольный масштаб для средних и больших рек 1 : 100 000 и 1 : 200 000. При изготовлении бланковой основы могут быть использованы лоции и топографические карты. Во втором случае карта перерисовывается вручную с соответствующим изменением поперечного масштаба.

Ледовые разведки на реках обычно выполняются на самолетах типа АН-2, в отдельных случаях применяются вертолеты, а также самолеты типа ИЛ-14. Скорость полета определяется типом используемого самолета. Высота полета в пределах 300—600 м выбирается в зависимости от ширины объекта наблюдений.

Маршрут разведки прокладывается совместно со штурманом перед вылетом на полетной карте по намеченным контрольным ориентирам.

12.1.7.3. При разведке ледовой обстановки на реке полет, как правило, производится в стороне от реки так, чтобы наблюдатель через боковое окно имел в поле зрения оба берега реки. Допускается срезка мелких извилин береговой черты, если река остается в поле зрения наблюдателя.

В процессе разведки ведутся картирование распределения ледовых образований и явлений на участке реки и записи в бортжурнале. На карте-бланке специальными условными знаками (Наставление, вып. 2, ч. II) наносится ледовая обстановка (границы различных фаз ледового режима).

В период замерзания отмечаются: кромка ледяного покрова, перемычки, забереги, их ширина, полыньи, ледоход и шугоход (с оценкой густоты). Особое внимание уделяется фиксации за-

торных и зажорных явлений. О наличии затора на участке реки, покрытом льдом, свидетельствуют торосы на льду и навалы льда на берегах. О формировании зажоров можно судить по льдинам и скоплениям шуги, подплывающим к кромке, и по скорости перемещения кромки. Бортнаблюдатель должен определить, происходит ли занос льдин под кромку ледяного покрова или они останавливаются перед ней. В целях определения скорости перемещения кромки в бортжурнале отмечается время полета над кромкой, а ее положение возможно более точно наносится на карте-бланке. Во время обратного перелета целесообразно повторно определить положение кромки.

В бортжурнале записываются условия выполнения полета (дата, время вылета и возвращения, основные пункты маршрута, погодные условия и высота полета), а также пояснения и характеристика ледовых образований и явлений. В частности, в бортжурнале отмечаются видимые особенности навалов льда, форма плывущих льдин или шуги, поведение льдин у кромки ледяного покрова и перемычек.

В период вскрытия на карте-бланке фиксируется состояние ледяного покрова. При этом выделяются места, покрытые трещинами, наносятся закраины, промоины, наличие воды на льду. Фиксируются также места подвижек льда. Определяются положение кромки ледяного покрова и границы скопления заторного льда у кромки. На вскрывшемся участке реки фиксируются места навалов льда на берега, сохранившиеся ледяные перемычки и заторные скопления, ледоход и его густота на отдельных участках реки. Особое внимание уделяется точному определению границ затопления при разливах.

В бортжурнале записываются сведения о состоянии снега на участках с ледяным покровом. Если снег сошел местами, оценивается густота покрытия льда снегом. В журнале отмечаются также видимые особенности заторных скоплений (характер торошения льда на отдельных участках скопления, строение очага затора, ориентиры, позволяющие уточнить границы разлива).

По материалам разведок составляется краткая записка, в которой характеризуются условия выполнения работ и особенности вскрытия или замерзания реки в данном году. Записка с приложением материалов разведок передается оперативным органам УГМС и в гидрометфонд в установленном порядке.

12.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ НАНОСОВ

12.2.1. Общие задачи

Гидрологические станции, ведущие изучение наносов, должны выполнять, кроме режимных наблюдений, предусмотренных главой 8, специальные и научно-методические исследования, имеющие целью усовершенствование методики измерений и повышение

надежности определения мутности воды, стока наносов и их гранулометрического состава. К числу таких работ относятся следующие:

1) изучение суточного хода мутности для установления оптимальных сроков отбора проб, обеспечивающих надежное определение среднесуточных значений мутности;

2) анализ точности измерения расходов взвешенных наносов и обоснование места отбора проб воды на мутность;

3) анализ устойчивости коэффициента k в зависимости $S_{ср}$ $kS_{сд}$;

4) анализ внутригодового распределения стока взвешенных наносов;

5) измерение расходов влекомых наносов горных рек с помощью батометров различных конструкций;

6) измерение расходов влекомых наносов горных рек суммарным способом;

7) определение расходов влекомых наносов равнинных рек по данным измерения параметров донных гряд.

12.2.2. Изучение суточного хода мутности

12.2.2.1. Исследование внутрисуточного хода мутности имеет целью установить оптимальные сроки отбора проб, обеспечивающие надежное определение средних суточных, декадных и месячных значений мутности воды и расходов взвешенных наносов.

Наблюдения показывают, что в период половодья мутность в течение суток может изменяться в 100—400 раз на малых горных реках и в 20 раз на малых равнинных реках. Средние декадные значения мутности, вычисленные по двухсрочным наблюдениям (за 8 и 20 ч), могут содержать ошибки, достигающие ±100% по сравнению со значениями мутности, полученными по данным многосрочных наблюдений.

12.2.2.2. На равнинных реках специальные исследования суточного хода мутности проводятся в период весеннего половодья, на горных реках — в периоды весеннего или летнего паводка, обусловленного таянием снега или ледников (основного по объему стока воды и наносов).

Исследованиями в периоды половодий требуется определить:

1) ход и амплитуду внутрисуточных колебаний мутности и расходов воды;

2) объем стока взвешенных наносов за сутки, декаду, месяц;

3) погрешность, получаемую при вычислении средних суточных, декадных и месячных расходов наносов только на основе данных двухсрочных наблюдений за мутностью и средних суточных расходов воды;

4) допустимое минимальное число сроков для взятия единичных проб на мутность и распределение их в течение дня (установление репрезентативных сроков наблюдений).

Методическое руководство исследованиями осуществляется специалистом гидрологической станции или ГМО. Гидрологическая станция подбирает два-три поста, на которых учитывается сток воды и наносов с площадей водосборов менее 1000 км² на равнинных реках и менее 5000 км² на горных реках. Измерения на посту выполняются работниками гидрологической станции с помощью наблюдателя. При организации исследований суточного хода мутности разрабатывается план проведения работ, инструктируются исполнители, подготавливается соответствующее оборудование на посту. Створ, на котором единичные пробы будут отбираться круглосуточно, должен быть оборудован для работы в ночное время и иметь дистанционное тросовое устройство (ГР-70). Для бесперебойной работы по учащенному отбору единичных проб на мутность рекомендуется подготовить на посту два прибора.

12.2.2.3. При назначении дополнительных сроков отбора проб следует иметь в виду, что интенсивное нарастание мутности воды в реке происходит, как правило, в первой половине суточной волны половодья, причем суточный максимум мутности наступает раньше, чем суточный максимум расхода воды. Лишь на реках с очень малыми водосборами суточный максимум мутности иногда совпадает с моментом суточного пика водности или несколько запаздывает. Учащенные пробы, взятые только на спаде половодья или суточной его волны, не могут быть использованы для анализа суточного хода мутности и проведенные в таком порядке исследования оказываются бесполезными.

Дополнительные сроки взятия проб в период специальных исследований назначаются с интервалами 2 ч. Сроки следует учащать до интервалов 1,0 и 0,5 ч в те дни, когда на половодье накладываются дождевые паводки. Отбирать пробы необходимо в зависимости от хода суточных волн половодья и мутности в течение суток, следя за этими явлениями по хронологическому графику уровня воды. Учащенные единичные пробы на мутность отбираются в том же месте, в котором берутся обычные единичные пробы. Мутность взятых проб в 8 ч или в 8 и 20 ч рассматривается совместно с мутностями проб, взятых в дополнительные сроки.

12.2.2.4. Первичная обработка проб на мутность при учащенных наблюдениях выполняется теми же методами, что и при обычных сроках измерений (см. пп. 8.4.2.1—8.4.2.3).

Анализ материалов исследований суточного хода мутности и камеральная обработка выполняются в соответствии с рекомендациями, изложенными в § 32—38 Дополнений к Наставлению, вып. 6, ч. III, 1966 г.

Вместе с внутрисуточными колебаниями мутности в период половодья происходят изменения и в крупности взвешенных наносов. На подъеме суточных волн половодья содержание частиц мельче 0,05 мм может резко увеличиться по сравнению с их содержанием в периоды спадов.

Исследования внутрисуточных изменений крупности наносов в период половодья производятся в течение 2—3 дней (1—2 дня на подъеме, 1 день на спаде). В эти дни отбираются 1—2 пробы на подъеме и 1 проба на пике или начале спада суточной волны половодья. Первичная обработка этих проб производится в соответствии с п. 8.4.2.3.

Результаты исследований внутрисуточных колебаний мутности за 2—4 года обобщаются гидрологической станцией или ГМО. Составляется пояснительная записка, в которой приводится полученный графический и табличный материал. Выводы относительно оптимальных сроков отбора проб мутности и дальнейшего порядка выполнения наблюдений за мутностью заносятся в Техническое дело поста.

12.2.3. Анализ точности измерения расходов взвешенных наносов

12.2.3.1. Точность измерения расходов взвешенных наносов в пункте наблюдений оценивается путем сопоставления величин, полученных по измерениям многоточечным способом и при сокращенном числе вертикалей и точек.

Многоточечный способ измерения расхода взвешенных наносов предусматривает отбор проб воды на мутность на всех скоростных вертикалях в пяти и более точках по глубине одновременно с измерением расхода воды многоточечным способом (см. п. 6.4.1).

Детальным способом расходы взвешенных наносов измеряются в первые два года наблюдений на посту в периоды, когда мутность превышает 100 г/м^3.

Гидрологическая станция должна также включать в план работы измерение расходов взвешенных наносов многоточечным способом на тех постах, где изучается сток наносов, но по каким-либо причинам детальные измерения ранее не проводились. Эти методические работы проводятся с целью обоснования точности уже принятых методов измерения стока взвешенных наносов и их дальнейшего усовершенствования.

При проведении методических работ на посту выполняется 10—15 измерений расходов взвешенных наносов многоточечным способом в год.

12.2.3.2. Обработка расхода наносов, измеренного при детальном отборе проб на мутность, производится наиболее точным и наглядным графоаналитическим способом (см. п. 8.2.6.2, рис. 8.1). Расход взвешенных наносов, полученный таким способом, принимается в качестве «эталона». Затем по данным тех же измерений выполняется несколько вариантов вычислений расхода наносов аналитическим способом (п. 8.2.6.3) по уменьшенному числу вертикалей и точек: 1) основным способом измерения расхода взвешенных наносов (учитывается мутность на каждой скоростной вертикали в точках $0{,}2h$ и $0{,}8h$); 2) сокращенным спосо-

бом измерения расхода взвешенных наносов — по мутности на одной вертикали в точке $0{,}6h$. Данные измерений мутности в одной точке ($0{,}6h$) на одной вертикали анализируются также с точки зрения выбора репрезентативного места отбора ежедневных единичных проб на мутность.

Результаты обработки расходов взвешенных наносов при различном количестве принятых вертикалей и точек записываются в табл. 12.4.

Таблица 12.4

Сравнение результатов обработки расходов взвешенных наносов

Расход взвешенных наносов, вычисленный								
по числу вертикалей и точек при детальном отборе проб $P_{S\,\text{дет}}$	по сокращенному числу вертикалей и точек							
	по мутности в двух точках ($0{,}2h$ и $0{,}8h$)		по мутности в точке $0{,}6h$ на одной вертикали					
			№ вертикали					
	по вертикалям (четным) $P_{S\text{осн }1}$	по вертикалям (нечетным) $P_{S\text{осн }2}$	1	2	...	6	...	n
			P_{S_1}	P_{S_2}		P_{S_6}		P_{S_n}
Расход № 3 5/V 1976 г.								
9,7	*9,1*	*11*	*7,5*	*8,4*		*9,9*		*8,6*
Отклонение от $P_{S\,\text{дет}}$ абсолютное, кг/с	*—0,6*	*1,3*	*—2,2*	*—1,2*		*0,2*		*—1,1*
относительное, %	*—6,2*	*13,4*	*—22,7*	*—12,4*		*2,1*		*—11,4*

12.2.3.3. При условии соблюдения методических требований, изложенных в настоящем Наставлении, измеренный расход взвешенных наносов по сокращенному числу вертикалей и точек не должен отличаться от расхода, измеренного при детальном отборе проб на мутность в створе реки более чем на $\pm 10\%$.

По данным табл. 12.4 за 1—2 года наблюдений делается оценка точности расходов взвешенных наносов, полученных по сокращенному числу вертикалей и точек в живом сечении. На основании оценки назначается оптимальное их количество, обеспечивающее допустимую точность измерения расходов взвешенных наносов основным способом.

Выводы по результатам методической работы записываются в Техническое дело поста.

12.2.3.4. С целью обоснования места отбора ежедневных единичных проб воды на мутность по данным детальных измерений устанавливается связь между средней мутностью в сечении потока $S_{\text{ср}} = \frac{P_{S\,\text{дет}}}{Q_{\text{дет}}}$ и мутностью на каждой из вертикалей S_i, изме-

репной в двух точках (0,2h и 0,8h) или в одной точке (0,6h). Для этого строятся графики связи $S_{ср} = f(S_{i\,(0,2\text{ и }0,8)})$ и $S_{ср} = f(S_{i,\,0,6})$.

Анализ и оценка этих связей производится в соответствии с рекомендациями Наставления, вып. 6, ч. III, § 174, в результате чего назначается место и способ отбора ежедневных единичных проб воды на мутность.

12.2.4. Анализ устойчивости коэффициента в зависимости $S_{ср} = kS_{ед}$

Количество измерений расходов взвешенных наносов в течение года назначается в зависимости от режима реки (см. п. 1.2.4.3). Для обоснованного уменьшения числа измеряемых в году расходов взвешенных наносов или перехода на сокращенный способ их измерения выполняется анализ связи между средней мутностью реки $S_{ср}$ и мутностью контрольной единичной пробы $S_{ед.\,контр}$ за многолетний период. Непременным условием при этом должно быть постоянство места отбора единичных контрольных проб мутности на посту за рассматриваемый период наблюдений.

Как правило, на реках с устойчивым руслом наблюдается постоянная в течение многолетнего периода связь между $S_{ср}$ и $S_{ед.\,контр}$. В таких случаях на основании анализа материалов рекомендуется свести до минимума количество измерений расходов взвешенных наносов. Если связь $S_{ср} = kS_{ед.\,контр}$ устойчива и коэффициент k неизменен в течение нескольких лет, на данном посту число измеряемых расходов наносов может быть сокращено до 5—10 в год. При этом значение коэффициента k не должно выходить за пределы 0,8—1,2. Если коэффициент k постоянен в многолетнем плане и не выходит за пределы 0,9—1,1 (п. 8.2.5.2), в последующие годы проводятся лишь контрольные измерения расходов наносов (1—2 расхода в период половодья). Выводы об устойчивости k могут служить также основанием для перехода на сокращенный способ измерения расхода взвешенных наносов. Если связь между $S_{ср}$ и $S_{ед.\,контр}$ неустойчива, следует тщательно проверить методику измерений и продолжить измерение расходов взвешенных наносов по полной программе с целью выбора репрезентативного места отбора единичных проб мутности.

12.2.5. Анализ внутригодового распределения стока взвешенных наносов

Анализ внутригодового распределения стока взвешенных наносов выполняется с целью установления меженного периода, в течение которого мутность воды не превышает 50 г/м^3, а сток взвешенных наносов — 5% годового.

Для проведения анализа распределения мутности и стока наносов в году необходимо иметь материалы наблюдений за период,

охватывающий средние, многоводные и маловодные годы. Расчет удобно производить в табличной форме (табл. 12.5).

В приведенном примере при вычислении среднего процента не учитывались данные за 1972 г., как резко отклоняющиеся (свыше 10%) от обычных условий.

Если на основании анализа выяснится, что систематически из года в год независимо от водности лет доля стока наносов за выделенный меженный период составляет менее 5% годового стока, то в будущем наблюдения за стоком наносов в этот период прекращаются.

Таблица 12.5

Расчет внутригодового распределения стока взвешенных наносов

Год	Доля стока наносов от годовой величины (%)	
	за половодье и период летне-осенних паводков (апрель—октябрь)	за межень (январь—март, ноябрь—декабрь)
1970	97	3
1971	97	3
1972	77	23
1973	96	4
1974	99	1
1975	98	2
Средний за 1970, 1971, 1973—1975	97	3

Если в отдельные годы наблюдаются случаи резкого увеличения мутности и стока наносов в период межени, то следует выяснить причину этого, оценить частоту случаев и их стабильность во времени.

Для анализа привлекаются материалы наблюдений на рассматриваемом створе и на реках-аналогах, имеющих длинные ряды наблюдений. Обычно причиной повышения стока наносов являются дождевые паводки, поэтому следует использовать как данные о стоке наносов, так и данные о режиме водности, охватывающие, как правило, более длинный период. Если повышение стока наносов (или воды) наблюдается чаще чем один раз в 10 лет и приурочено к одному месяцу, этот месяц следует исключить из периода межени и отнести к периоду производства измерений. В том случае, когда выделить определенный месяц не представляется возможным, следует проводить наблюдения в течение всего периода межени. При более редких случаях повышения стока наносов в период межени (реже одного раза в 10—15 лет) станция

может отменить регулярные наблюдения за мутностью при низких уровнях воды с условием, что наблюдения будут возобновлены, как только уровень в реке достигнет определенной отметки.

12.2.6. Измерение расходов влекомых наносов горных рек с помощью батометров различных конструкций

12.2.6.1. Практика применения различных батометров типа ловушек показала, что на горных и предгорных реках с гравелисто-галечным составом наносов могут использоваться сетчатые батометры. Измерение расходов влекомых наносов с помощью батометра-сетки предусматривает отбор проб наносов, движущихся по дну и в придонном слое потока.

Рис. 12.6. Батометр-сетка.

Пробы влекомых наносов при измерении расходов берутся в гидрометрическом створе на всех скоростных вертикалях (или через одну) одновременно с измерением расходов воды и взвешенных наносов. Эти же пробы служат и для определения гранулометрического состава влекомых наносов. Количество измерений расходов влекомых наносов в году устанавливается так, чтобы по возможности охватить измерениями все фазы водного режима реки.

12.2.6.2. Батометр-сетка (рис. 12.6) состоит из металлической рамы шириной 40 см, высотой 20 см и прикрепленной к ней металлической или капроновой сетки. Прибор крепится к штанге. В зависимости от крупности перемещаемых в придонной области наносов используют сетки с различным размером ячеек. Применяется он при скоростях течения потока до 2 м/с и глубинах до 2 м. Батометр-сетку необходимо устанавливать плотно на дно потока, чтобы не было движения наносов между выступами крупных валунов и галек и нижней кромкой батометра. Такая установка прибора достигается благодаря тому, что сетчатая часть батометра легко деформируется.

12.2.6.3. Новый, сконструированный в ГГИ, сетчатый батометр ПИ-29 (рис. 12.7) предназначен для отбора проб влекомых наносов крупностью от 5 до 100 мм. Применяется батометр ПИ-29 при скоростях течения потока до 4 м/с и глубинах до 2 м. Ширина входного отверстия батометра 25 см, высота 20 см. В отличие от прежних конструкций прибор перемещается вдоль гидрометрической штанги. Перемещение его вверх и вниз по штанге обеспечи-

вается с помощью троса и небольшой лебедки, укрепленной на верхнем конце штанги. Новая конструкция прибора значительно снижает физические усилия, необходимые для погружения прибора в поток и извлечения его из потока. Такая конструкция прибора позволяет извлекать пробы из батометра при повторных измерениях на вертикали, не вынимая штанги из потока, устанавливать батометр точно в одну и ту же точку дна потока и отбирать пробы в любой точке потока на вертикали.

Рис. 12.7. Батометр сетчатый ПИ-29.

1 — рама; *2* — погружатель; *3* — штанга; *4* — лебедка; *5* — сетка.

12.2.6.4. Время выдержки батометра-сетки и сетчатого батометра ПИ-29 на дне потока назначается с таким расчетом, чтобы уловленные наносы занимали примерно 1/3 его объема. При очень медленном движении наносов продолжительность выдержки не должна быть более 10 мин во избежание подмыва прибора.

Измерения на каждой вертикали повторяются не менее 3 раз при постоянной выдержке батометра с тем, чтобы получить средний расход наносов. После извлечения батометра-сетки из воды наносы пересыпают в мешочек или упаковывают в плотную бумагу. Номер мешочка или пакета записывается в соответствующую графу полевой книжки для измерения расходов влекомых наносов (КГ-6М).

Отобранные пробы влекомых наносов просушиваются в помещении и затем взвешиваются на весах (или безменах). Масса каждой пробы записывается в книжку КГ-6М. Затем вычисляется средняя масса пробы на каждой вертикали и записывается в книжку КГ-6М. Последняя высылается на станцию, где вычисляется расход влекомых наносов.

Гранулометрический состав крупных фракций каждой пробы влекомых наносов определяется непосредственно на посту, а образцы с частицами меньше 10 мм направляются для дальнейшего анализа в лабораторию. Порядок определений аналогичен изложенному в § 276, 278 Наставления, в. 2, ч. II.

12.2.6.5. Расходы влекомых наносов измеряются аналитическим методом. Значение элементарных расходов влекомых наносов для каждой вертикали находится по формуле

$$p_{вл} = \frac{m}{tl},$$

где m — средняя масса наноса на вертикали, кг; t — продолжительность выдержки батометра на дне реки, с; l — ширина входного отверстия прибора, м.

Полный расход влекомых наносов $P_{вл}$ кг/(с·м) вычисляется по формуле

$$P_{вл} = \left[\frac{p_1}{2} b_0 + \left(\frac{p_1 + p_2}{2}\right) b_1 + \cdots + \left(\frac{p_{n-1} + p_n}{2}\right) b_{n-1} + \frac{p_n}{2} b_n\right],$$

где p_1, p_2, ..., p_n — элементарные расходы влекомых наносов на вертикалях, кг/(с·м); b_1, ..., b_{n-1} — расстояние между вертикалями, м; b_0 и b_n — расстояния между крайними вертикалями и урезами (или границами полосы движения наносов), м.

Вычисленные и проверенные данные о расходе влекомых наносов с указанием методики их определения вносятся в таблицу «Принятые данные» полевой книжки для записи определения расхода влекомых наносов (КГ-6М). Значение расхода влекомых наносов выписывается двумя значащими цифрами, но не точнее 0,01 кг/с.

В течение года эти данные заносятся также в таблицу «Измеренные расходы наносов» (ИРН) по форме Гидрологического ежегодника.

12.2.7. Измерение расходов влекомых наносов суммарным способом

12.2.7.1. Суммарный способ определения расходов влекомых наносов применяется на горных реках при наличии плотины, создающей водохранилище, в котором происходит значительное уменьшение скоростей течения и отложение наносов крупных фракций.

Суммарное определение стока влекомых наносов основано на методе баланса наносов в водоеме. Сток влекомых наносов вычисляется по данным о количестве наносов, отложившихся в водохранилище за определенные интервалы времени, и о стоке взвешенных наносов в начальном и конечном створах водохранилища за тот же период времени.

Суммарный метод определения расходов влекомых наносов может быть использован лишь при отсутствии выноса из водоема наносов крупных фракций и при надежном учете поступления в водоем и выноса из него частиц мелких фракций (взвешенных наносов). В целях уменьшения объема работ по учету стока взвешенных наносов желательно, чтобы выбранный объект имел небольшое число подводящих русел и отводящих каналов.

12.2.7.2. Объем отложений вычисляется по данным об изменении отметок дна за период между сериями промеров глубин. Продолжительность периодов между промерами устанавливается индивидуально для каждого водохранилища в зависимости от интенсивности заполнения его чаши наносами, а также от частоты

производства гидравлических промывок и очисток от наносов. Сроки промерных работ назначаются таким образом, чтобы в периоды между смежными сериями промеров, по данным которых вычисляются объемы отложений наносов, отсутствовали промывки — очистки.

Для обеспечения достаточной точности промерных работ размеры выбранного водоема должны быть небольшими: площадь не более 1 км^2, ширина не свыше 200 м.

Для перехода от объема к массе отложений необходимо учитывать плотность наносов в естественном залегании на дне водоема. Сток взвешенных наносов в начальном (входном) и конечном створах водохранилища учитывается обычными методами, изложенными в пп. 8.2.1 - 8.2.4 настоящего Наставления.

12.2.7.3. Для организации учета наносов суммарным способом выбираются такие объекты, на которых в период между очистками — промывками влекомые наносы не выносятся из водоема. Общее количество перенесенных за определенный промежуток времени через начальный створ наносов $П_{нач}$ определяется суммированием массы всех отложенных в водоеме за этот промежуток времени наносов $П_{отл}$ и массы взвешенных наносов, вынесенных за то же время в нижний бьеф $П_{вз.\ кон}$:

$$П_{нач} = П_{отл} + П_{вз.\ кон}.$$

Здесь $П_{нач}$ — суммарный сток взвешенных и влекомых наносов в начальном (входном) створе за интервал времени Δt; $П_{вз.\ кон}$ — сток взвешенных наносов в выходном, конечном створе водоема за этот же интервал времени; $П_{отл}$ — масса отложившихся в водоеме влекомых и взвешенных наносов за время Δt. Значения $П$ выражаются в килограммах, время Δt в секундах.

Для определения стока влекомых наносов уравнение баланса наносов за период Δt записывается так:

$$П_{вл.\ нач} = П_{отл} - (П_{вз.\ нач} - П_{вз.\ кон}).$$

Здесь $П_{вл.\ нач}$ — сток влекомых наносов; $П_{вз.\ нач}$ — сток взвешенных наносов в начальном створе; остальные обозначения прежние.

Общий расход наносов P кг/с и расход влекомых наносов $P_{вл}$ кг/с в начальном створе за интервал времени Δt вычисляются по формулам:

$$P = \frac{П_{нач}}{\Delta t};$$

$$P_{вл} = \frac{П_{вл}}{\Delta t}.$$

12.2.7.4. Полевые работы по учету стока наносов суммарным способом включают разовые работы по оборудованию выбранного объекта и дальнейшие систематические измерения.

Первоначальные разовые полевые работы производятся в период межени. В состав этих работ входят: топографическая съемка водохранилища и отстойника, выбор и оборудование гидрометрических створов для измерения расходов воды и взвешенных наносов, а также устройство постов для регистрации уровней и уклонов водной поверхности.

Систематические полевые работы включают: периодические промеры глубин по заранее закрепленным поперечникам, отбор проб донных наносов (отложений) для определения их плотности в естественном залегании и гранулометрического состава, измерения уровней и расходов воды и отбора проб мутности в начальном и конечном створах для определения поступления и выноса взвешенных наносов, определение продольного и поперечного уклонов водной поверхности. Перечисленные работы выполняются гидрографической партией.

Детальное описание всех работ и методика обработки материала дается в Методических указаниях управлениям Гидрометслужбы № 67 (Л., Гидрометеоиздат, 1963).

12.2.8. Определение расходов влекомых наносов равнинных рек по данным измерения параметров донных гряд

12.2.8.1. На равнинных реках с грядовой формой рельефа дна определение расходов влекомых наносов можно производить по данным измерения размеров донных гряд и скорости их перемещения (рис. 12.8).

Рис. 12.8. Схематический профиль донных гряд ($h_г$ — высота гряды, $l_г$ — длина гряды).

Способ предусматривает получение данных о высоте гряд и скорости перемещения их на прямолинейном участке реки в районе гидрологического поста. Длина участка назначается в зависимости от форм и размеров гряд. Ориентировочно размер гряды определяется по формуле $l_г = 5 \div 6H$, где $l_г$ — длина гряды, H — средняя глубина на гидростворе. Для надежного осреднения параметров гряд на участке длина его должна включать 20—30 гряд.

Сущность этого способа заключается в периодических промерах (съемках) глубин реки на участке по заранее закрепленным продольным профилям. Интервалы времени между съемками назначаются в зависимости от скорости перемещения гряд и могут достигать 1—5 суток.

Участок измерений ограничивается поперечниками, закрепленными створными знаками или с помощью ориентиров на местности. Наблюдения должны охватывать всю ширину реки, включая стрежневую и прибрежные зоны.

На участке назначается три—пять промерных продольников: один-три в стрежневой зоне и два в прибрежных зонах потока. Прибрежные продольники располагаются примерно посередине между стрежневым продольником и границей зоны активного перемещения наносов.

12.2.8.2. На вертикалях, расположенных в начале и конце продольников, измеряется скорость течения и мутность воды.

На этих же вертикалях отбираются пробы донных наносов для определения их гранулометрического состава и плотности смеси наносов в естественном залегании (см. п. 8.3.2).

Промеры глубин по продольникам осуществляются с помощью эхолота, позволяющего измерять глубину с точностью ± 10 см. Для того чтобы получить достаточно четкое и подробное изображение рельефа дна на эхограмме, скорость движения катера или лодки вдоль промерных продольников должна быть постоянной и не превышающей 5—10 км/ч.

Для определения высоты гряд $h_г$ и скорости их перемещения $c_г$ сопоставляются две следующие одна за другой серии промеров по фиксированным продольникам. Повторное эхолотирование на каждом продольнике позволяет определить изменение рельефа дна за интервал времени между промерами и установить скорость смещения групп гряд $c_г$. Высоты гряд $h_г$ получаются как разность глубин в подвалье и на гребне гряды.

12.2.8.3. Обработка эхограмм выполняется следующим образом. По эхограммам строятся профили дна для каждого продольника (батиграммы) и в характерных точках профиля, т. е. в местах его перелома, снимаются глубины с точностью до 0,05 м. Расстояния между точками определяются по данным о скорости или времени передвижения катера или лодки.

Элементарный расход влекомых наносов вычисляется по осредненным для каждого продольника значениям высот и скоростей смещения гряд по формуле

$$p_г = a\rho_г h_г c_г;$$

здесь $p_г$ — элементарный расход влекомых наносов, кг/(с·м); a — коэффициент формы гряды, определяемой из соотношения между ее средней и максимальной высотой, который приближенно можно принять равным 0,5—0,6; $\rho_г$ — плотность смеси наносов в естественном залегании, кг/м^3; $h_г$ — средняя высота гряд на продольнике, м; $c_г$ — средняя на промерном продольнике скорость перемещения донных гряд, м/с.

12.2.8.4. Вычисление расхода влекомых наносов (в килограммах в секунду) в пределах всей зоны активного перемещения про-

изводится по данным об элементарных расходах наносов на каждом продольнике с учетом ширины реки между промерными продольниками по формуле

$$P_г = \frac{p_{г1}}{2} b_1 + \frac{p_{г1} + p_{г2}}{2} b_2 + \dots + \frac{p_{г(n-1)} + p_{гn}}{2} b_{n-1} + \frac{p_{гn}}{2} b_n,$$

где $p_{г1}$, $p_{г2}$ и т. д. — элементарные расходы влекомых наносов на промерных продольниках; b_1 и b_n — расстояние между крайними продольниками и границами зоны активного перемещения влекомых наносов у правого и левого берегов; $b_2, \dots, b_{n-1}$ — расстояния между промерными продольниками.

ГЛАВА 13. СБОР И АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

13.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

13.1.1. Автоматизация сбора, контроля, обработки, хранения и распространения гидрологических данных осуществляется с целью сокращения затрат труда и сроков на подготовку режимно-справочных, расчетных, обобщенных материалов Государственного водного кадастра и получения разнообразной информации о режиме рек, озер, каналов и водохранилищ. Кроме того, использование электронных вычислительных машин обеспечивает возможность для более глубокого и разностороннего объективного анализа результатов наблюдений.

13.1.2. Непременным условием использования ЭВМ является занесение сведений о водных объектах и результатов наблюдений на технические носители (ТН), позволяющие производить ввод и автоматическое считывание информации вычислительной машиной. По своему назначению ТН подразделяются на промежуточные и долговременные носители информации.

Промежуточные носители используются для занесения на них результатов наблюдений, сведений о водных объектах и пунктах наблюдений, ввода информации в вычислительную машину и восприятия данных, выдаваемых машиной. В качестве промежуточных носителей при обработке гидрометеорологической информации используются перфокарты, бумажные перфоленты, а в процессе работы на ЭВМ также магнитные ленты и магнитные диски.

Для длительного хранения гидрологической информации и обеспечения ввода в ЭВМ для дальнейших операций по ее автоматизированной обработке используются магнитные ленты, микрофильмы с бинарным кодом, а также микрофильмы бланков и перфокарты.

Работникам гидрологической сети обычно приходится иметь дело только с перфокартой и бумажной перфолентой.

13.2. ВИДЫ ТН И ПОРЯДОК ЗАНЕСЕНИЯ ДАННЫХ НА НИХ

13.2.1. Перфокарта представляет собой шаблон стандартного международного образца, изготовленный из плотного электроизоляционного картона длиной 187,4 мм, шириной 82,5 мм и толщиной 0,18 мм. Стандартный шаблон поделен на 12 горизонтальных строк и 45 или 80 колонок. Наиболее часто применяется перфокарта, поделенная на 80 колонок. В каждой колонке по вертикали расположены цифры 12, 11, а затем от 0 до 9.

Информация, предназначенная для ввода в ЭВМ, заносится на перфокарты в виде системы пробивок отверстий стандартного раз-

мера перфоратором на пересечении колонок и строк карты. Для однозначного числа требуется одна колонка, а для многозначного — несколько. Разряд числа определяется номером колонки, а его значение от 0 до 9 — соответствующей позицией.

Первые колонки перфокарты (обычно с 1 по 20) используются для занесения призначных данных — в кодированном виде, по которым производится выборка перфокарт из картотеки, а все последующие — для занесения основного содержания информации.

80-колонковая перфокарта используется преимущественно для занесения на ТН справочных сведений, значений элементов гидрологического режима, необходимых для автоматизированного контроля и некоторых данных наблюдений на прошлые годы.

13.2.2. Перфолента или, как ее иначе называют, телеграфная лента изготавливается из бумаги. Существует несколько видов перфолент: пяти-, семи-, восьмипозиционные. Наиболее широко применяется пятипозиционная перфолента шириной 17,5 мм.

Пятипозиционная перфолента имеет шесть продольных дорожек, одна из которых является синхронизирующей, а на остальных пяти дорожках в поперечных строках перфорируются коды букв, цифр или специальных знаков.

При переносе данных гидрологической информации на перфоленту отверстия пробиваются по специальному международному телеграфному коду.

Состав и правила перфорации на перфоленту гидрологических данных приведен ниже (п. 13.3).

13.2.3. При представлении информации на техническом носителе наиболее рациональным является автоматическое занесение данных наблюдений:

1) в пунктах наблюдений (например, путем использования перфорирующих устройств на автоматических станциях, перфоприставок или устройств магнитной записи к самопишущим приборам и т. п.);

2) в центрах обработки данных, поступающих от автоматизированных средств наблюдений по каналам связи, используя в качестве промежуточного носителя бумажную перфоленту;

3) в центрах обработки данных, поступающих от автоматизированных средств наблюдений по каналам связи или по радио, используя в ряде случаев промежуточные автоматизированные станции для передачи информации.

В случае занесения данных на ТН в пунктах наблюдения при использовании автоматических постов производится автоматическое накопление режимной информации в течение заданного промежутка времени (обычно месяц), регистрация этой информации на перфоленте в виде, подходящем для дальнейшей обработки на ЭВМ, и занесение на технический носитель для долговременного хранения.

13.2.4. Для неавтоматизированной сети гидрологических наблюдений схема движения материалов выглядит следующим образом.

На гидрологических постах производятся наблюдения, запись данных в книжки и их первичная обработка.

На гидрологической станции данные, записанные в книжках, проверяются, в необходимых случаях кодируются и переносятся на перфоленту. Перфолента вместе с широкой бумажной лентой высылается в вычислительный центр (ВЦ).

Кроме результатов наблюдений, выполненных на гидрологических постах, за элементами режима, на станциях временно до завершения перехода к автоматизированной обработке гидрологических данных перфорации подлежат вычисленные вручную ежедневные расходы воды.

В ВЦ качество информации на перфоленте проверяется с помощью программы автоматизированного контроля и если не будет обнаружено ошибочных элементов, то производится первичная обработка данных и печать результатов обработки в виде таблиц. По окончании автоматизированного контроля и обработки данных на станцию возвращаются широкие бумажные ленты с исправлениями ошибок перфорации или обработки материалов наблюдений, высылаются машинные таблицы ошибок, письмо с оценкой качества перфорации, разъяснением ошибок и с уведомлением о необходимости повторной перфорации или исправлений сделанных ошибок (в случае невозможности их исправления в ВЦ) и полученные на ЭВМ таблицы результатов обработки данных. Копия письма с оценкой качества перфорации высылается в ГМО.

Проконтролированные первичные данные накапливаются на магнитных лентах в течение года, затем комплектуются по бассейнам рек (озер) в порядке возрастания номеров и записываются на микрофильм для долговременного хранения.

Таблицы Гидрологического ежегодника готовятся на ЭВМ в вычислительном центре по окончании года.

13.3. ПОДГОТОВКА И ЗАНЕСЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ НА ПЕРФОЛЕНТУ

13.3.1. Данные текущих гидрологических наблюдений переносятся на перфоленту непосредственно из полевых книжек или таблиц.

Для удобства перфорации данные, которые переносятся на перфоленту, сгруппированы в книжках вместе и выделены утолщенно очерченными рамками. Строки или графы в пределах этих рамок снабжены номерами (адресами). Перфорируемая информация записывается только цифрами, причем некоторые признаковые данные и словесные характеристики кодируются.

13.3.2. Информацию в книжках и таблицах можно разделять на две части: признаковую и смысловую.

Признаковая часть, предназначенная для автоматизированного поиска информации записывается на титульной странице книжек или в начале таблиц.

Состав и правила кодирования, общие для всех видов информации перфорируемых признаных данных, следующие.

Общая признаная часть состоит из трех групп (кодов): кода информации, кода пункта наблюдений (номер поста) и времени наблюдений.

В пятизначную группу кода информации входят условный номер раздела Государственного водного кадастра (информация по разделу «Поверхностные воды» кодируется «1»), код серии материа-

Таблица 13.1

Индексы документов и коды видов информации

№ п/п	Вид информации (название документа — книжки, табл.)	Индекс документа	Код вида информации
1	Водомерные наблюдения	КГ-1М	011
2	Измеренные расходы воды	КГ-3М, КГ-7М	013
3	Ежедневные расходы воды	ТГ-3М	017
4	Мутность воды единичная срочная	ТГ-10М	021
5	Коэффициенты перехода от единичной мутности к средней	ТГ-11М	022
6	Измеренные расходы взвешенных и влекомых наносов	КГ-6М	023
7	Измеренные расходы взвешенных наносов	КГ-6М	024
8	Измеренные расходы влекомых наносов	КГ-6М	025
9	Гранулометрический состав и плотность наносов	ТГ-55М	026

лов (данные текущих наблюдений кодируются цифрой «2») и номер вида информации, который определяется по индексу, присвоенному данному исходному документу (полевой книжке, таблице и т. д.). В табл. 13.1 приведены индексы документов и коды видов информации по данным наблюдений на постах, расположенных на реках, озерах, водохранилищах и в устьях рек. В кодовую группу пункта наблюдений, состоящую тоже из пяти знаков, входит номер гидрографического района (два первых знака кода) по единой для СССР и всех стран — членов Всемирной Метеорологической Организации системе деления территории на бассейны (морские, речные или озерные) и трехзначный номер поста, устанавливаемый по расположению всех пунктов гидрологических наблюдений в данном гидрографическом районе.

В код времени наблюдений входят две последние цифры года (десятки и единицы), месяц и число, каждый из которых записывается двузначным числом.

В признаные данные в случае необходимости записываются также специальные сведения по видам информации: для измеренных расходов воды и расходов взвешенных и влекомых наносов ука-

зываются номер расхода, номер протоки, створа, единицы измерения расхода воды или способ измерения расхода наносов, признак перфорации промеров и скоростей для расходов воды или перфорации взвешенных наносов.

13.3.3. В состав смысловой информации входят непосредственно данные наблюдений и результаты их обработки.

13.3.4. Из книжки КГ-1М перфорации подлежат сроки наблюдений (число, час), уровни воды над нулем графика, температура воды с введенной поправкой и код состояния водного объекта.

Коды состояния водного объекта на реках, озерах и водохранилищах определяются по «Коду для составления телеграмм с результатами гидрологических наблюдений на реках, озерах и водохранилищах КН-15» (Л., Гидрометеоиздат, 1977).

При наличии измерений толщины льда (на одном или двух участках — на середине и у берега) перфорируются средние по точкам пентадные или декадные значения толщины льда, глубины погружения льда и шуги, высоты снега на льду и плотности снега.

13.3.5. Перфорируемая информация по измеренным расходам воды состоит из трех массивов: «Принятые данные», «Промеры» и «Скорости».

«Принятые данные» содержат результаты ручной обработки расхода воды, причем состояние реки, способ измерения расхода воды и метод его вычисления, а также отдельные пояснения к измеренному расходу (например, указание на недоучет расхода поймы, площади погруженного льда у берегов и т. д.) кодируются.

Из массива «Промеры» перфорации подлежат рабочие глубины, приведенные к срезочному уровню, и их расстояния от постоянного начала, кодированные обозначения урезов воды и границ мертвого пространства, глубины погружения льда и шуги в период ледостава.

Из массива «Скорости» перфорируются номера скоростных вертикалей, расстояние от постоянного начала, рабочая глубина и скорость потока в точках ее измерения.

13.3.6. Из книжки КГ-6М перфорации подлежат все сведения массива «Принятые данные», результаты измерения и вычисления расхода взвешенных наносов, результаты вычисления расхода влекомых наносов, если таковые имеются.

Массив с данными распределения мутности в речном потоке включает кодированные обозначения урезов воды и границ мертвого пространства, номера скоростных вертикалей, расстояния от постоянного начала, рабочие глубины и единичные (в точке) или средние по вертикали мутности.

Массив с результатами вычисления расхода влекомых наносов включает значения элементарных расходов влекомых наносов для каждой вертикали, а также такие сведения об измерениях и данные измерений, как коды урезов воды и границ мертвого пространства, расстояния от постоянного начала и рабочие глубины.

13.3.7. Массив перфорируемой смысловой информации таблицы ТГ-10М включает дату и срок наблюдения, данные единичной мутности воды за каждый срок наблюдения, кодированные сведения об особенностях определения мутности и местных факторах, влияющих на ее величину.

13.3.8. Из таблицы ТГ-11М перфорируются все сведения о периоде, месте и способе отбора единичных проб мутности, коэффициенты перехода от единичной мутности в точке к средней мутности потока и периоды действия коэффициентов.

13.3.9. Из таблицы ТГ-55М перфорируются все сведения о гранулометрическом составе взвешенных, влекомых и донных наносов.

13.3.10. Таблица ТГ-3М перфорируется в том случае, когда данные о ежедневных расходах воды получены вручную. Перфорации подлежат значения ежедневных и экстремальных месячных и годовых расходов воды.

13.3.11. В соответствии с принятой технологией обработанные и проверенные данные переносятся из книжек и таблиц на пятипозиционную перфоленту. Перфорация данных осуществляется с помощью рулонных телеграфных аппаратов, где каждый символ перфорируется в коде МТК-2. Одновременно с перфорацией данные печатаются на широкой телеграфной ленте. Гидрологическая информация переносится на перфоленту в том виде и порядке, в каком она записана в полевых книжках и таблицах: набиваются призначные данные, записанные в безадресной, но утолщенно очерченной таблице, а затем — адреса и относящаяся к ним информация. Адреса, которые перфорируются в обязательном порядке, заключены в журналах в утолщенно очерченные рамки. Адреса, заключенные в пунктирные рамки, служат для облегчения поиска нужного адреса при исправлении ошибок. Если занесение информации осуществляется правильно, перфорировать их не обязательно. При перфорации адреса после его цифрового значения обязательно ставится символ «=» (равенство). Положительные числа перфорируются без знака, перед отрицательными ставится символ «—» (минус). Нецелые числа перфорируются с запятой.

При перфорации одно число от другого отделяется точкой. Если подряд не заполнено большое количество граф, перфорацию можно начинать с очередной заполненной графы, определив и отперфорировав вначале ее адрес. Фиксированная (адресная) система расположения данных позволяет исправлять замеченные при перфорации ошибки в соответствии со специальными правилами, изложенными во «Временных методических указаниях», вып. 6 разд. 1 (Обнинск, 1975). Оператор путем сравнения информации на широкой ленте телетайпа с данными книжки контролирует правильность занесения данных на перфоленту. Путем повторной перфорации исправляются ошибки, которые замечены до начала перфорации следующего массива (книжки, таблицы):

неправильно набит адрес (пропуск символа « » или ошибка в числовом значении), допущены пропуски или повторение данных при перфорации одной или нескольких граф, ошибка в смысловой информации, пропуск символа «·» (точка).

Если ошибка в массиве обнаружена после перфорации следующих массивов, исправления перфорируются на отдельном рулоне перфоленты или в конце того рулона, где набита исправляемая информация.

На одну бобину перфоленты набиваются данные из книжек или таблиц одного вида наблюдений (водомерные наблюдения или измеренные расходы воды, или взвешенные наносы и т. д.) по нескольким постам. По окончании перфорации очередных текущих материалов (за месяц или квартал) перфоленты соответствующим образом подписываются, сматываются в рулон на кольцо, упаковываются и высылаются в центры обработки.

На этом заканчивается первый этап в системе автоматизированной обработки данных при создании информационного фонда Государственного водного кадастра. На последующих этапах производится машинный контроль, обработка и запись данных текущих наблюдений на долговременный носитель.

13.4. ПОДГОТОВКА К ПЕРФОРАЦИИ СПРАВОЧНЫХ СВЕДЕНИЙ И ПАРАМЕТРОВ КОНТРОЛЯ ДАННЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

13.4.1. Автоматизированный контроль текущей гидрологической информации предусматривает проверку каждого элемента наблюдений и результата обработки на пределы его изменения. Если в качестве экстремумов взять максимально допустимые величины в пределах территории страны или отдельных районов, диапазон изменений будет очень велик. Амплитуда значительно уменьшится, если пределы уточнить для каждого поста или створа.

Для сбора сведений о параметрах контроля, а также редко изменяющейся справочной информации, необходимой при обработке, предназначается таблица «Параметры контроля и справочные сведения о гидрологических постах и створах». Таблица заполняется на станции или в ГМО, контролируется и высылается в ВЦ. В ВЦ данные из таблицы переписываются на специальные бланки «ССК Минск-32» и с бланков перфорируются на технический носитель — 80-колонные перфокарты. Данные по одному посту занимают три перфокарты.

В состав справочной информации входят код поста, название водного объекта и пункта наблюдений, код водного объекта, координаты поста, расстояние поста от истока, отметка нуля графика и площадь водосбора.

Параметры контроля включают экстремальные значения гидрологических величин по уровенному, температурному, ледовому

режиму реки, а также стоку воды, взвешенных и влекомых наносов.

Таблица «Параметры контроля и справочные сведения о гидрологических постах и створах» заполняется для большинства постов один раз. При уточнении отдельных значений параметров контроля для данного поста на лицевой странице таблицы делается пометка «Исправление» и таблица с новыми значениями высылается в ВЦ.

Правила заполнения таблицы более подробно изложены в «Инструкции по выбору и подготовке к перфорации параметров контроля данных гидрологических наблюдений на реках» (Обнинск, 1975).

В данной главе представлены сведения о сборе и автоматизированной обработке данных гидрологических наблюдений на момент подготовки данного выпуска Наставления.

В дальнейшем, по мере усовершенствования системы автоматизации сбора, контроля, обработки, хранения и распространения гидрологических данных, будут дополнительно издаваться указания и пособия по этому вопросу с внесением в них соответствующих изменений.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРИМЕРНАЯ ФОРМА АКТА ОПРОСА О РЕЖИМЕ РЕКИ

«——»————197—г.

Мы (я) нижеподписавшиеся————————————————
опросили гр-на ————————————————————
———года рождения, проживающего————————————
о режиме реки————————————— в створе (на участке)————
————————————————————————————

1. Уровенный режим

а) наблюдавшиеся высшие уровни

Самый высокий уровень наблюдался в———году, в————месяце.

Паводок (половодье) произошел в результате (ливня, затяжного дождя, таяния снега и т. д.). Особые условия погоды в период прохождения паводка (половодья)————————————————————

Вода доходила до ————————————————————

Описание точек, до которых доходила вода (наносятся на схему)————
————————————————————————————

Кроме указанного уровня, высокие уровни наблюдались в————
———годах————————————————————

В текущем году наивысший уровень наблюдался в————месяце
———числа и дошел до————————————————

Гр-ном————————указаны точки УВВ, нивелированием установлены их отметки.

————————годы с отметкой————————————
———————— » » ————————————
———————— » » ————————————

б) меженные уровни

Уровень летней межени выше (ниже) на———м настоящего уровня———,
а зимой выше (ниже) на———м————————————

2. Весеннее половодье

Выдающиеся по высоте уровни половодья наблюдаются ежегодно (раз в———года и реже).

Половодье, как правило, начинается в———месяце и длится———дней (недель).

Подъем уровня происходит за———дней, спад длится———дней.

Наибольшие скорости подъема и спада уровня воды————м/ч

Уровень воды на пике держится————дней.

Характеристика условий весенних половодий (границы затопления, скорости)————————————————

3. Паводки

На реке наблюдаются (кроме половодий) летние (осенние) паводки, уровни которых выше (ниже, равны) уровней половодий.

Наибольшая скорость подъема уровня воды———м/ч, а спада———м/ч.

Характеристика состояния потока: скорости, движение валунов и камней по дну, наличие карчей или других плывущих предметов———

———

Паводки происходят вследствие сильных ливней (затяжных дождей). Подъем уровня воды в реке начинается спустя———часов (дней) после начала ливня (затяжного дождя). Спад уровня завершается спустя———часов (дней) после прекращения ливня (затяжного дождя). На пике уровень держится———часов (дней). Паводки наблюдаются в———месяцы.

4. Характеристика ледовых явлений

а) Ледоход

Весеннее половодье сопровождается (не сопровождается) ледоходом (интенсивным, слабым). Примерная толщина льда——— м. Размер льдин равен———м. Ледоход проходит на фазе подъема уровня ниже пика на———м, на пике. Ледоход проходит в пределах главного русла, а также по пойме———

———

Характеристика ледохода (интенсивность, длительность), льдины остаются (не остаются) на пойме, лед армирован (не армирован), озерный (не озерный), тает на месте (не тает на месте), уровни подвижек льда———

———

Уровень высокой подвижки льда———

———

О заторах льда———

б) Ледостав наступает в——— месяце и длится до———. Уровень ледостава выше (ниже, равен) летней (зимней) межени. Образование наледей, их прохождение и мощность———

———

в) Прохождение шуги, образование зажоров осенью (в начале зимы) наблюдается (не наблюдается) шугоход, который сопровождается подъемом уровня воды в реке, вследствие образования зажора———

———

Интенсивность осеннего ледохода, его даты, толщина льда———

———

5. Опасные гидрологические явления

а) Явления, вызываемые высокими подъемами уровня воды (затопление территорий населенных пунктов, пром. предприятий, сельскохозяйственных угодий, ферм, скотных дворов и т. д., снос мостов, образование селевых (грязекаменных) потоков и др.———

———

б) Явления, вызываемые сильным (катастрофическим) понижением уровня воды в реке (прекращение работы водозаборов для промышленного и коммунального водоснабжения, прекращение судоходства и т. п.)———

———

6. Прочие явления (пересыхание, промерзание реки, русловые деформации — плановые и глубинные, перемещение русла и русловых форм, сведения о прорывах плотин, условиях сплава, судоходства и пр.)———

———

Записано с моих слов верно:———( )

Опрос произвел———( )

Схема точек УВВ прилагается.

Нивелировку точек УВВ произвел———в журнале №.

Дата Подпись

ЗАКРЕПЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПУНКТОВ

1. Для обеспечения долговременной сохранности и надежности реперов места для закладки намечают по возможности на повышениях со слабоувлажненными грунтами. Наиболее желательна закладка реперов в скальные породы.

Грунтовые реперы, закладываемые в зоне сезонного промерзания грунта, показаны на рис. 1 и 2 (типы 4 и 5)[1]. Репер состоит из железобетонного пилона в форме параллелепипеда с поперечным сечением 16×16 см и бетонной плиты (якоря). В верхней грани пилона зацементирована марка (рис. 3). Пилоны могут быть заменены асбоцементными трубами сечением 14—16 см, заполненными бетоном.

Рекомендуется закладывать реперы в пробуренные скважины диаметром 50 см. В этом случае изготавливают бетонный якорь того же диаметра, что и скважина, высотой 20 см в южной зоне области сезонного промерзания (примерно южнее линии Ужгород—Харьков—Актюбинск—Караганда—Семипалатинск—оз. Зайсан, см. приложение 4) и 35 см — в северной. При использовании бурового механизма с буром диаметром 35 см разрешается применять якори диаметром 35 см и высотой 50 см в южной зоне, 80 см — в северной.

При закладке реперов в котлованы используют бетонные якори квадратного сечения размерами в южной зоне 50×50×20 см, в северной — 60×60×20 см. В середине якоря высотой 20 см при его изготовлении оставляют квадратное отверстие размером 20×20 см, при высоте якоря более 20 см в нем делается выемка размером 20×20×20 см. При закладке репера в отверстие или выемку наливают до 1/2 их высоты жидкий цементный раствор, в который вставляют нижний конец пилона.

Основание плиты репера для северной зоны сезонного промерзания грунта (тип 5, см. рис. 1) располагают на 50 или 65 см ниже границы наибольшего промерзания, если высота якоря равна соответственно 20 и 35 см. При высоте якоря 80 см глубину закладки увеличивают на 50 см. Во всех случаях глубина закладки не должна быть менее 1,3 м плюс высота якоря. Марку репера следует располагать на 50 см ниже поверхности земли. В 1 м от репера устанавливается опознавательный знак[2].

Верхняя плоскость плиты репера в южной зоне сезонного промерзания грунта должна находиться на глубине, соответствую-

---

[1] Нумерация типов знаков дана по инструкции «Центры и реперы государственной геодезической сети СССР». М., «Недра», 1973.

[2] Опознавательные знаки у контрольных реперов и у основных реперов, расположенных на незначительном удалении от гидрологического поста, как правило, не устанавливаются.

Рис. 1. Грунтовый репер нивелирования I, II, III, IV классов для северной зоны сезонного промерзания грунтов.

Рис. 2. Грунтовый репер нивелирования III и IV классов для южной зоны сезонного промерзания грунтов.

Рис. 3 Марка для грунтовых и скальных реперов

щей глубине промерзания грунта в данном районе, но не меньше 1,3 м. Верхняя часть репера с маркой и охранной плитой должна выступать на 50 см выше земной поверхности и служить одновременно опознавательным знаком (тип 4, см. рис. 3).

2. В труднодоступных и неблагоприятных в гидрологическом отношении районах самой северной части зоны сезонного промер-

Рис. 4. Опознавательные знаки для зоны сезонного промерзания грунта.

зания грунта, примыкающей к южной границе распространения многолетней мерзлоты, разрешается вместо железобетонных реперов (см. рис. 1) закладывать на такую же глубину металлические трубы диаметром 60 мм с бетонной плитой диаметром 60 см и высотой 20 см. При использовании буровых механизмов диаметром 35 см допускается в этих районах изготавливать якорь в скважине путем заливки в нее бетонного раствора на высоту 70 см, в который вставляется труба диаметром 60 мм; верхняя часть трубы с маркой должна располагаться на 50 см ниже земной поверхности.

Глубина закладки репера должна быть на 1 м больше глубины промерзания грунта.

3. При закладке грунтовых реперов дно скважины или котлована под основание плиты заливают цементным раствором (1 : 5) слоем не менее 3 см.

Запрещается закладывать реперы в котлованы (скважины) с разрыхленным на дне или с подсыпанным рыхлым грунтом.

4. Наружное оформление грунтового репера типа 5 состоит из опознавательного знака в виде железобетонного пилона с пли-

Рис. 5. Наружное оформление грунтового репера в районах сезонного промерзания грунта.

той (якорем), устанавливаемого в 1 м от репера. Длина пилона, имеющего в верхней части скосы на две грани, 2,1 м, поперечное сечение 16×16 см. Диаметр плиты 50 см, толщина 20 см. Соединение пилона с плитой такое же, как у репера. Основание плиты располагают на 1 м ниже поверхности земли (рис. 4). При использовании якоря диаметром 35 см высоту его увеличивают до 50 см, а глубину закладки на 15 см.

К опознавательному знаку надежно прикрепляют на болтах охранную плиту с надписью, изготавливаемую из чугуна или силумина, размером 16×22 см и толщиной 5 мм. При установке опознавательного знака охранная плита должна быть обращена в сторону репера. Выступающую над поверхностью земли часть опознавательного знака окрашивают масляной краской ярких цветов. Непосредственно над репером насыпают небольшой курган. Канавы не делают (рис. 5, тип 1).

Опознавательный знак у трубчатых реперов может быть также трубчатым, к верхней части которого приваривают металлическую пластину для крепления на ней болтами охранной плиты (см. рис. 4). К верхнему концу трубы приваривают заглушку. Нижний конец трубы должен иметь бетонный якорь размером 50×50×20 см (или диаметром 50 см), заглубленный в грунт на 1 м. Если используется якорь диаметром 35 см, высоту его увеличивают до 50 см, а глубину закладки на 15 см. Верхняя часть опознавательного знака должна располагаться на 1,5 м выше земной поверхности. Кроме того, выкапывается П-образная канава вокруг репера, местоположение и размеры которой показаны на рис. 5 (тип 2).

Рис. 6. Грунтовый репер для районов подвижных песков.

Наружное оформление репера типа 4 (рис. 2) состоит из охранной плиты, прикрепляемой болтами к верхней части репера, и кольцевой канавы диаметром (по оси ее) 1,5 м и сечением по нижнему основанию 10 см, по верхнему — 60 см, по глубине — 30 см.

5. В закрепленных песках закладывают реперы типов 4 или 5. Канав не делают.

В районах подвижных песков в качестве реперов завинчивают оцинкованные трубы на глубину не менее 4 м (рис. 6, тип 9). Верхний конец трубы с маркой и охранной плитой располагают на 80 см выше поверхности земли; он же служит и опознавательным знаком. Канав не делают.

6. На заболоченных территориях закладывают трубчатые реперы в виде металлических труб диаметром 60 мм, к нижнему концу которых приваривают винтовой якорь диаметром 15—20 см или буровой спиральный наконечник (шнек, змеевик) диаметром не менее 10 см и длиной не менее 50 см. Трубу завинчивают на такую глубину, чтобы винтовой якорь вошел в подстилающую водонасыщенный слой плотную породу не менее чем на 1—2 м.

Верхний конец трубы с приваренной маркой располагают на 30 см ниже поверхности земли. Опознавательный знак трубчатый (см. рис. 4). Вокруг знака сооружают деревянный сруб с размерами 100×100×60 см, заполняемый торфом или минеральным грунтом.

7. В северной зоне распространения многолетней мерзлоты (к северу от линии Воркута—Новый Порт—Хантайка—Сунтар—Олекминск—Алдан—Аян) закладывают в пробуренные или протаянные скважины трубчатые реперы (рис. 7, тип 7). Используют металлические трубы диаметром 60 мм с толщиной стенок не ме-

нее 3 мм. К верхнему концу приваривают марку, а к нижнему — многодисковый якорь, состоящий из металлического диска и 8 полудисков толщиной 5—6 мм и диаметром 150 мм. Трубу бетоном не заполняют. На наружную и внутреннюю поверхность трубы наносят надежное антикоррозийное покрытие.

Рис. 7. Грунтовые реперы в зоне распространения многолетней мерзлоты.

Если глубина протаивания грунта до 1,25 м, то основание репера располагают на 2 м ниже границы протаивания, а если глубина протаивания 1,25 м и более, то на 3 м ниже границы протаивания. Верхний конец трубы с приваренной к нему маркой располагают на уровне поверхности земли.

При наличии в грунте каменистых включений, затрудняющих бурение и протаивание скважин, трубчатые реперы закладывают

в котлованы, но с бетонным якорем размером 50×50×20 см или металлическим размером 50×50 см и толщиной 5–6 см (см. рис. 7, тип 8). Основание бетонного якоря располагают на 1 м ниже границы наибольшего протаивания грунта. Верхний конец трубы с маркой располагают на уровне поверхности земли.

В южной зоне распространения многолетней мерзлоты (к югу от указанной выше линии) также закладывают реперы типа 8

Рис. 8. Реперы для скальных грунтов

(рис. 7). Если во время закладки многолетняя мерзлота не обнаружена, то глубину закладки репера увеличивают на 50 см, а верхний конец с маркой в таких случаях располагают на 50 см ниже поверхности земли.

8. В скальные породы в зоне сезонного промерзания грунта закладывают скальные реперы, показанные на рис. 8.

В скале, выходящей на поверхность или залегающей на глубине до 0,5 м, закладывают марку на цементном растворе. В 1 м от репера устанавливают трубчатый опознавательный знак с приваренным металлическим якорем размером 50×50 см и охранной плитой. Якорь цементируют к скале, а вокруг знака выкладывают из камней тур высотой 0,5 м (см. рис. 8, тип. 10).

Если скала залегает на глубине свыше 0,5 м, закладывают железобетонный скальный репер, который представляет собой железобетонный пилон сечением 16×16 см с бетонной плитой (якорем) диаметром 50 см и толщиной 20 см (см. рис. 8, тип. 11). Основание плиты цементируют к скале. Верхний конец пилона с вце-

ментированной маркой и охранной плитой должен возвышаться над поверхностью земли на 0,5 м.

9. В скальные породы в зоне распространения многолетней мерзлоты закладывают скальные реперы тех же типов, что и в зоне сезонного промерзания грунта (рис. 8, типы 10 и 11).

Вместо железобетонного скального репера типа 11 разрешается закладывать трубчатый скальный репер с бетонным якорем (см. рис. 7, тип 8).

10. Стенной репер, закладываемый в стену искусственного сооружения или в вертикальную поверхность скалы, показан на рис. 9. Охранную плиту прикрепляют к стене здания рядом с репером.

11. Для установления глубины закладки реперов необходимо руководствоваться «Схематической картой глубин промерзания и протаивания грунтов на территории СССР» (приложение 4), если эти характеристики невозможно установить путем непосредственных наблюдений и измерений в данном конкретном месте или путем использования данных местных метеостанций.

Рис. 9. Стенной репер.

12. В качестве знаков закрепления съемочных сетей долговременного типа применяются:

— бетонный пилон размерами 12×12×90 см; в верхний конец его заделывается марка или кованый гвоздь, а в нижнюю часть пилона для лучшего скрепления с грунтом вцементируются два металлических штыря (рис. 10 *а*);

— бетонный монолит в виде усеченной четырехгранной пирамиды с нижним основанием 15×15 см, верхним 10×10 см и высотой 90 см, с заделанной в него маркой или кованым гвоздем (рис. 10 *б*);

— железная труба диаметром 35—60 мм, отрезки рельса или уголкового железа 50×50×5 мм, 35×35×4 мм длиной 100 см с бетонным якорем в виде усеченной четырехгранной пирамиды с нижним основанием 20×20 см, верхним 15×15 см и высотой 20 см. К верхней части трубы (рельса, уголка) приваривается металлическая пластинка для надписи, внизу — металлические стержни (крестовина) (рис. 10 *в*);

— деревянный столб диаметром не менее 15 см с крестовиной, установленный на бетонный монолит в виде усеченной четырех-

гранной пирамиды с нижним основанием 20×20 см, верхним 15×15 см и высотой 20 см; на верхней грани монолита делается крестообразная насечка или заделывается гвоздь. Верхнюю часть столба затесывают на конус, ниже затеса делают вырез для надписи (рис. 10 *г*);

Рис. 10. Типы знаков долговременного закрепления съемочных сетей.

— марка, штырь, болт, закрепленные цементным раствором в бетонные основания различных сооружений, участки с твердым покрытием поверхности земли или скалы. Бетонные пилоны и монолиты закладываются на глубину 80 см. Знаки долговременного типа окапываются канавами в виде квадрата со сторонами 1,5 м, глубиной 0,3 м, шириной в нижней части 0,2 м и в верхней части 0,5 м. Над центром насыпается курган высотой 0,10 м. В заболоченной и залесенной местности и в районах многолетней мерзлоты курган заменяется срубом (1,0×1,0×0,3 м), заполненным землей.

Во всех случаях знаки долговременного типа устанавливаются в местах, обеспечивающих их сохранность, с учетом наиболее удобного их практического использования.

13. Временными знаками закрепления съемочного обоснования (планового и высотного) могут служить пни деревьев, деревянные колья диаметром 5—8 см, столбы или железные трубы (уголковая

сталь), забитые в грунт на 0,4—0,6 м и с установленными рядом сторожками. Временные знаки окапываются круглой канавой диаметром 0,8 м. Центр временного знака обозначается гвоздем, вбитым в верхний срез кола или столба (рис. 11).

Рис. 11. Типы знаков временного закрепления съемочных сетей (плановых и высотных).

а — металлическая труба, кованый гвоздь со сторожком; *б* — свайка; *в* — деревянный столб; *г* — крест (краской) на валуне; *д* — металлический костыль на дереве; *е* —штырь, кованый гвоздь в пне.

14. Знаки планового обоснования нумеруются порядковыми номерами с расчетом, чтобы на участке не было одинаковых номеров.

На постоянных знаках масляной краской, а на временных— пикетажным карандашом пишут начальные буквы названия организации, проводящей работу, номер закрепленного пункта (точки) и год установки знака.

На все заложенные постоянные знаки составляют кроки. Масштаб крок выбирают с таким расчетом, чтобы поместились ближайшие ориентиры, указанные в описании местоположения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3а

ПЛАН УЧАСТКА ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ПОСТА (ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ПЛАНА)

ПРИЛОЖЕНИЕ 3б

ОБРАЗЕЦ ЗАРАМОЧНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ПЛАНА

Северо-Западное УГМС
Ленинградская обл. 1975 г.

ПЛАН УЧАСТКА
ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ПОСТА

Река Черная
Село Григорское

Начальник отдела (партии) УГМС (ГМО)
Начальник станции
Снимал старший инженер

1 : 500
В 1 сантиметре 5 метров
Сплошные горизонтали проведены через 0,5 метра
Система высот Балтийская
(Система координат условная)

Мензульная съемка 1975 г

СХЕМАТИЧЕСКАЯ КАРТА ГЛУБИН ПРОМЕРЗАНИЯ И ПРОТАИВАНИЯ ГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ СССР

I — южная граница области распространения многолетнемерзлых пород;

II — южная граница области с преобладанием многолетнемерзлых пород;

III — глубина промерзания грунтов, принимаемая для расчета глубины закладки знаков, см;

IV — глубина протаивания грунтов, принимаемая для расчета глубины закладки знаков, см;

V — глубина протаивания в горных районах (в см), в числителе — грунтов средней дисперсности, в знаменателе — мелко- и крупнодисперсных грунтов, способных подвергаться морозному пучению;

VI — глубина промерзания в горных районах (в см) — показатели те же;

VII — высокогорные области с преимущественно скальными или каменистыми переохлажденными породами;

VIII — южная граница области применения способа закладки знаков при помощи протаивания скважин в мерзлом грунте.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ПОПРАВКИ НА ДЛИНУ ПОДВОДНОЙ ЧАСТИ СТАЛЬНОГО КАНАТА (В МЕТРАХ СО ЗНАКОМ МИНУС)

Измеренная глубина, м	Угол отклонения каната от вертикали, градус													
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
1	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07
2	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,13	0,14
3	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,13	0,14	0,16	0,19	0,21
4	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,18	0,19	0,21	0,25	0,28
5	0,03	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,17	0,22	0,24	0,27	0,31	0,35
6	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,15	0,20	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,40
7	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,40	0,45	0,50
8	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35	0,45	0,50	0,55
9	0,05	0,05	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,40	0,50	0,60	0,65
10	0,05	0,10	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,40	0,50	0,60	0,65
11	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
12	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,80
13	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
14	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,70	0,90	1,00
15	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,70	0,80	1,00	1,10
16	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,70	0,80	1,00	1,10
17	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,70	0,80	1,00	1,20
18	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,80	1,00	1,00	1,30
19	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	0,90	0,90	1,00	1,20	1,40
20	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,30	1,50

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ПОПРАВКИ НА ДЛИНУ НАДВОДНОЙ ЧАСТИ СТАЛЬНОГО КАНАТА (В МЕТРАХ СО ЗНАКОМ МИНУС)

Высота точки закрепления каната над поверхностью воды H, м	Угол отклонения каната от вертикали, градус													
	5	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
1	0,00	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,13	0,16	0,18	0,21
2	0,01	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,26	0,31	0,36	0,41
3	0,01	0,04	0,07	0,09	0,12	0,16	0,19	0,24	0,28	0,34	0,40	0,46	0,54	0,62
4	0,02	0,06	0,09	0,12	0,16	0,21	0,26	0,32	0,38	0,45	0,53	0,62	0,72	0,82
5	0,02	0,08	0,11	0,16	0,20	0,26	0,32	0,40	0,47	0,56	0,66	0,78	0,90	1,03
6	0,03	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,45	0,55	0,65	0,80	0,95	1,05	1,25
7	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,35	0,45	0,55	0,65	0,80	0,90	1,10	1,25	1,45
8	0,05	0,10	0,20	0,25	0,35	0,40	0,50	0,65	0,75	0,90	1,05	1,25	1,45	1,65
9	0,05	0,15	0,20	0,30	0,35	0,45	0,60	0,70	0,85	1,00	1,20	1,40	1,60	1,85
10	0,05	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,65	0,80	0,95	1,10	1,30	1,55	1,80	2,05
11	0,08	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
12	0,08	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
13	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,3	2,7
14	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,2	2,5	2,9
15	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,7	3,1
16	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,1	2,5	2,8	3,3
17	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,6	3,0	3,5
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,8	3,2	3,7
19	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9	3,4	3,9
20	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,6	3,1	3,6	4,1

Таблица вычислена по формуле $\Delta_1 = \left(\frac{1}{\cos\alpha} - 1\right) H$.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭХОЛОТОВ

Характеристики	ПЭЛ-2	ПЭЛ-3	ИРЭЛ
Пределы измерения глубин, м	0,2—40	0,4—200	0,5—20
Шкалы для измерения глубин, м	0—20	0—40; 0—200	0—20
Диапазон измерения глубин с фазировкой, м	20—40	40—80; 200—400 *	—
Масштаб записи глубин на батиграмме	В 1 мм — 0,1 м	В 1 мм — 0,2 м; в 1 мм — 1 м	В 1 мм — 0,1 м
Характер записи на ленте		Прямолинейный	
Лента для батиграммы		Электротермическая	
тип бумаги	ЭТБ-2	ЭТБ-2	ЭТБ-2
ширина рабочей части ленты, мм	200	200	200
скорость движения бумаги, мм/мин	42,5	40/8 **	166,5/333 **
время расхода одного рулона, ч	10	10/50 **	2/1 **
Номинальное число оборотов в 1 мин			
электродвигателя;	4474	4500	4472
барабана (пера)	2193	375/75 **	2193
самописца	(барабан)	(перо)	(барабан)
Число вспышек контрольной лампочки при номинальных оборотах	—	30 в мин	69 за 50 с
Допустимые колебания числа оборотов электродвигателя эхолота, %	±1,0	±0,5	±1,0
Питание эхолота			
постоянный ток напряжением, В	24	24	12
потребляемая мощность, Вт	110	80	80
Время непрерывной работы, ч	12	18	8
Полная масса комплекса, кг	102	94,7	54

* При установке второго пера.
** Дробью даны разные параметры рабочего режима.

БИФИЛЯРНЫЙ ПОДВЕС (ОПИСАНИЕ И ПОРЯДОК РАБОТЫ С НИМ)

Бифилярный подвес (рис. 1) состоит из трех основных частей: 1) оси *5* с укрепленным на ней указателем *3*; 2) верхней фермы *2* с лимбом *6*, разделенным на градусы, свободно вращающейся на подшипниках вокруг оси; 3) фермы *1*, жестко скрепленной с грузом, имеющим хвостовое оперение-руль. Эта ферма подвешена к верхней раме на тонком тросе, пропущенном через систему блоков, позволяющую изменять расстояние между верхней и нижней фермами.

Для более точной установки указателя для отсчета углов по направлению гидроствора бифилярный подвес имеет визирное устройство *4*.

Вертушка для измерения скорости течения устанавливается на отрезке штанги, укрепленной на ферме.

Применение троса с токопроводящей жилой позволяет освободиться от дополнительных электрических проводов, что значительно улучшает работу подвеса. При отсутствии такого троса система подвеса может быть несколько упрощена (см. схему в левом верхнем углу рисунка), но в этом случае потребуется дополнительный электрический провод к вертушке.

Бифилярный подвес предназначен, как правило, для работы с лодки, катера или понтона. Работа с понтона обеспечивает большое удобство и большую точность измерений.

Бифилярный подвес опускается на кран-балке, имеющей блок-счетчик.

При системе подвески в виде трехнитного полиспаста нижняя ферма с грузом опускается лишь на 1/3 длины вытравленного с лебедки троса. При системе подвески на двух нитях нижняя ферма опускается на половину длины вытравленного троса. Это следует иметь в виду при установке нижней фермы на требуемую глубину и при перемещениях ее с точки на точку. Установка прибора на требуемую глубину и производство подсчетов совершаются в такой последовательности:

1) тросовый зажим на торце верхней фермы ослабляется;

2) нижняя ферма опускается в положение «ось вертушки на поверхности»;

3) на счетчике глубин стрелки устанавливаются на нуль;

4) нижняя ферма опускается на нужную глубину с учетом того, что длина вытравленного троса будет втрое или вдвое больше глубины погружения, при этом вьюшке лебедки следует дать лишние пол-оборота, а затем повернуть ее на те же пол-оборота в обратном направлении, чем достигается быстрая установка оси груза в горизонтальной плоскости;

Рис. 1. Бифилярный подвес.

5) по достижении нужной глубины погружения трос зажимается зажимом на торце верхней фермы;

6) поворотом вьюшки лебедки ослабляется натяжение троса выше тросового зажима, благодаря чему трос своим натяжением и кручением не мог влиять на ориентировку верхней фермы;

7) визирное устройство направляется по линии гидроствора и по указателю производятся отсчеты углов по лимбу. Вследствие пульсации в направлении течения верхняя ферма совершает крутильные колебания относительно вертикальной оси. Поэтому отсчеты углов производятся через каждые 5—10 с в течение 1,5—2,0 мин, и из полученных отсчетов берется среднее. При возможности «рыскания» судна направление визирного устройства по линии гидроствора систематически повторяется. Угол между направлением течения и нормалью к гидроствору будет равен разности между полученным средним отсчетом и тем делением лимба, которое лежит в плоскости, перпендикулярной верхней раме, и обращено к наблюдателю. Такими делениями лимба могут быть 0, 90, 180 и 270° в зависимости от закрепления лимба и визирования на правый или левый берег;

8) после выполнения всех наблюдений поворотом вьюшки лебедки слабина троса выбирается, тросовый зажим ослабляется и вращением лебедки нижняя ферма перемещается на следующую точку.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕЧЕНИЙ (ИЗМЕРИТЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ ГР-42) И ПРАВИЛА ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ [1]

Принципиальная схема прибора

1. Измеритель течения ГР-42 — дистанционный прибор, предназначенный для определения скорости и направления течения в озерах и водохранилищах на глубинах до 30 м. Указанная глубина лимитируется только длиной кабеля; при соответствующем удлинении кабеля прибор может работать на глубине до 90 м.

Он позволяет измерять скорости в пределах 2—70 см/с и непрерывно следить за направлением течения. Инструментальная погрешность измерения направления течения при скоростях более 10 см/с не превышает ±5°, при меньших скоростях (от 2 до 10 см/с) увеличивается до ±10°.

---

[1] Описание заимствовано из Наставления, вып. 7, ч. I (Л., Гидрометеоиздат, 1973).

Измеритель течений состоит из двух самостоятельных узлов, которые действуют независимо друг от друга: 1) узел измерения скорости; 2) узел измерения направления.

Скорость течения измеряется специальной гидрометрической вертушкой[1], которая состоит из:

а) корпуса вертушки *3* (рис. 1) с защитным кольцом *5*;

б) ходовой части *6* с контактным механизмом.

Корпус вертушки крепится к раме *7* измерителя течений. На корпусе имеется изолированная клемма *4* для соединения сигналь-

Рис. 1. Измеритель течения ГР-42.

ной цепи. Ходовая часть вертушки, схема которой показана на рис. 2, размещается в полости передней части корпуса и крепится стопорным винтом *9*. Она состоит из оси *5*, двух радиальных шарикоподшипников *4*, осевой гайки *3*, распорной втулки *16*, гильзы *14*, гильзы ротора *17*, гайки гильзы *13*, лопастей *1*, гайки лопастей *18*.

Контактный механизм вертушки имеет подвижный и неподвижный контакты. Неподвижная контактная пружина *7*, закрепленная через изоляционную втулку *8* на оси ходовой части, связана изолированным стержнем *12* со штекером оси *11* и, следовательно, с изолированной клеммой *10* на корпусе прибора. Подвижная проволочка-контакт *6* закреплена относительно специальной втулки *15*, которая является одновременно втулкой упора и вращается вместе с гильзой ходовой части.

За каждый оборот лопастного винта контактный механизм вертушки дает одно замыкание в сигнальной цепи. Дополнительный «массовый» контакт *2* исключает возможность прохождения электрического тока на неподвижную ось через шарикоподшипники.

---

[1] При скоростях более 50 см/с целесообразно использовать гидрометрические вертушки ГР-21, ГР-55.

Рис. 2. Схема ходовой части вертушки измерителя течения ГР-42.

Электрический ток от отрицательного полюса источника питания проводится к клеммной панели, затем по проводу подходит к изолированной клемме вертушки и далее через неподвижную контактную пружину на подвижный контакт, на массу ходовой части прибора и через «массовый» контакт на неподвижную ось и корпус прибора. С массы корпуса по проводу кабеля ток пропускается на положительную клемму панели и затем через электрический звонок к положительному полюсу батареи.

Принцип действия узла направления течений основан на том, что при наличии течения корпус прибора устанавливается вдоль потока (ось прибора совпадает с направлением течения) и на свойстве магнитной стрелки устанавливаться всегда в плоскости магнитного меридиана. Угол между северным концом магнитной стрелки и осью датчика прибора и является азимутом направления течения, а стрелка логометра указывает, куда направлено течение[1].

Указатель направления течения разработан на базе ПДК-3 потенциометрического дистанционного компаса *8* (см. рис. 1). В качестве указателя используется магнитно-электрический логометр, дистанционная передача осуществляется на постоянном токе.

Узел измерения направлений течения включает также:

а) раму *7*, на которой закреплен ПДК-3. Рама снабжена вертлюгом *2*, позволяющим подвешенному на тросе прибору разворачиваться в соответствии с изменением направления течения;

б) хвостовое оперение, состоящее из штанги *9*, плоскостей оперения *10* и поплавка *11*;

в) кабель *1*, соединяющий ПДК-3 с указателем. Кабель намотан на вьюшку, входящую в комплект прибора.

Узел питания прибора составляет батарея из сухих гальванических элементов (19 элементов типа 2С) общим напряжением 27 В ± 10%. Батарея собрана в самостоятельном укладочном ящике.

В комплект прибора входит также сигнальное устройство и свинцовый груз.

2. Монтаж измерителя течения ГР-42 производится в определенной последовательности. Первоначально собирают указатель направлений течений, для чего в раму *7* (см. рис. 1) вставляют потенциометрический дистанционный компас ПДК-3, предварительно освободив винты в раме. Установка ПДК-3 в раму возможна только с одной стороны. Взяв раму в левую руку, правой рукой вводят в нее хвостовую часть указателя с последующим поворотом его до симметричного относительно рамы положения. При этом надо обращать особое внимание на то, чтобы приливы нижней крышки

---

[1] В приборах, выпущенных до 1972 г., стрелка логометра указывает, откуда направлено течение, что необходимо учитывать при обработке данных измерений.

ПДК-3 вошли в паз рамы. ПДК-3 крепится в раме с помощью двух вертикальных винтов, которые должны не только удерживать корпус датчика в раме, но и создать надежную электрическую цепь. В связи с этим необходимо обращать внимание на чистоту поверхности крышки ПДК-3 в местах упора винтов.

Хвостовое оперение собирается отдельно и крепится к раме штыковым затвором.

Перед сборкой разъема, соединяющего кабель с корпусом датчика ПДК-3, необходимо полость разъема в датчике заполнить солидолом (примерно на 1/4 объема штуцера), что предохранит разъем от возможного попадания в него воды, в особенности при работе прибора на значительных глубинах. Особое внимание следует обратить на надежность соединения разъемов и, если гайка разъема не обеспечивает надежного соединения, целесообразно предварительно несколько отпустить винты крепления датчика к раме, незначительно перекосить датчик и дотянуть гайку, а затем вновь закрепить датчик винтами. К раме кабель крепится двумя хомутиками, что предохраняет разъемы от механических повреждений.

Затем к раме с помощью двух винтов крепится гидрометрическая вертушка; сигнальным проводом изолированная клемма вертушки соединяется с клеммой кабеля.

Разъем второго конца кабеля после извлечения его из-под крышки барабана вставляется в разъем клеммной панели, находящейся в укладочном ящике. Соединение разъема должно осуществляться только с легким усилием. Собранный измеритель течения подключают к батарее гальванических элементов согласно клеммным обозначениям на платах. Особое внимание при подключении источника питания следует обратить на полярность источников питания и клеммные обозначения, так как при несоблюдении полярности указатель будет давать показания, противоположные направлению течения.

3. При подготовке прибора к работе необходимо проверить:

а) гидрометрическую вертушку;

б) указатель направления;

в) источник питания и кабель;

г) соответствие показаний указателя направления положению прибора относительно стран света.

Гидрометрическая вертушка и указатель направления не должны иметь механических повреждений, лопасти вертушки должны свободно вращаться.

При проверке источников питания и кабеля обращают внимание на места соединений батареи и указателя ПДК-3 с кабелем и проводами; соединения проводов с клеммами и разъемы кабеля не должны иметь окислений, контакты в электрических цепях должны быть надежными. Общее напряжение батареи гальванических элементов должно быть не менее 22 В, что проверяется вольтметром, вмонтированным в плату ящика питания.

Работа ходовой части вертушки, сигнального устройства и указателя направления, включенных в общую схему, проверяется вращением лопастного винта вертушки и вращением рамы с указателем вокруг вертлюга. Срабатывание сигнального устройства и перемещение стрелки указателя ПДК соответственно положению рамы в пространстве служат показателем исправности всех узлов схемы.

Периодически (1 раз в декаду) необходимо проверять соответствие показаний указателя ПДК с расположением прибора относительно стран света. Для этого собранный и проверенный прибор располагают в плоскости магнитного меридиана таким образом, чтобы хвостовое оперение было обращено на юг. Стрелка указателя при этом должна показывать Ю (юг). Если стрелка указателя ПДК показывает С (север), необходимо проверить правильность включения источников питания (полярность). Стрелка указателя ПДК должна показывать Ю с отклонением не более $\pm 5°$.

4. Для обеспечения надежной, бесперебойной работы прибора необходимо соблюдать определенные правила обращения и тщательный уход за ним:

1) узлы прибора должны содержаться в полной исправности, чистоте и храниться в предназначенных для них ячейках укладочного ящика;

2) разборку и сборку прибора необходимо производить специальным инструментом, соблюдая последовательность, описанную выше;

3) после работы прибор должен протираться сухой ветошью, а затем помещаться в укладочный ящик;

4) с целью более экономного расходования энергии источников питания в перерывах между наблюдениями следует выключать питание гидрометрической вертушки и датчика направления;

5) особенно осторожно следует обращаться с прибором при его транспортировке, имея в виду, что сильные удары и сотрясения могут испортить опоры подвижной системы датчика направления.

Неисправности измерителя течений ГР-42 могут быть связаны:

а) с выходом из строя ПДК-3, логометра;

б) с коррозией подшипников;

в) с изгибом оси;

г) с нарушениями в контактном механизме вертушек;

д) с обрывом жилы кабеля, который может проявляться в неравномерном ходе стрелки логометра, в скачках стрелки вольтметра, свидетельствующих о большой утечке электричества между жилами кабеля или о коротком замыкании;

е) с падением напряжения батареи гальванических элементов ниже 22 В.

Неисправности, перечисленные в пунктах «а», «в» и «д», могут быть устранены только в бюро поверки или в специальных мастер-

ских. Коррозия подшипников и большинство нарушений контактного механизма при достаточном опыте работы с прибором устраняются на месте.

При падении напряжения батареи гальванических элементов последняя должна быть заменена; возможно питание прибора и от бортовой сети судна напряжением 24 В.

Измерение течений с судов измерителем течений ГР-42

5. Измерение течения с помощью измерителя течений ГР-42 выполняется в следующем порядке.

Подготовленный к работе прибор подвешивается к тросу лебедки. При значительных скоростях течения (40—50 см/с и более) прибор следует снабдить гидрометрическим грузом.

Прибор опускается на заданный горизонт и выдерживается там (до начала измерения) в течение 3—4 мин с тем, чтобы он успел установиться по течению. При скорости течения более 10 см/с время выдержки может быть уменьшено до 1,5—2 мин. Затем при очередном звонке, фиксирующем обороты лопастного винта вертушки, включают секундомер и отсчитывают время поступления последующих звонков. В зависимости от скорости вращения лопасти в книжку измерений записывают время поступления (в секундах от начала измерения) каждого отдельного звонка или каждого второго, третьего, пятого и т. д. звонка. Одновременно фиксируют направление течения, производя отсчеты по логометру (указателю направлений) через каждые 10—30 с (при устойчивом положении стрелки логометра). При значительных колебаниях направления отсчеты по логометру производятся через 10—20 с. Всего должно быть сделано не менее 10 отсчетов. Отмечается переход стрелки логометра через север и юг (при значительных колебаниях в направлении течения). При колебаниях стрелки логометра, достигающих 200—220°, измерения течений временно прекращаются. В отдельных случаях возможны отдельные «скачки» стрелки логометра, выходящие за указанные пределы (до 300°), что не является основанием для прекращения наблюдений.

Если по какой-либо причине не удается вести одновременно наблюдения за скоростью и направлением течения, вначале измеряют направление, а затем скорость. После этого следует убедиться, что направление течения за время измерения скорости не изменилось.

Продолжительность измерения скорости на горизонте 2—3 мин, после чего при очередном звонке секундомер останавливается.

Если течение характеризуется пульсациями скорости (сигналы поступают неравномерно) и неустойчивостью направления, продолжительность измерения на горизонте следует увеличить в 1,5—2 раза.

6. Направление течения определяется на основании показаний логометра [1], отсчеты по которому производятся через равные промежутки времени; скорость — по времени, в течение которого было зафиксировано определенное количество оборотов лопастного винта.

Значительное количество отсчетов направления и сигналов скорости при каждом измерении дает возможность определить некоторые дополнительные характеристики, позволяющие более полно оценить направление и скорость течения.

Вводятся следующие понятия:

1) угол рассеивания (амплитуда колебаний направления) A, равный углу между предельными направлениями течений, зафиксированными за время измерения;

2) N_A — направление, соответствующее среднему положению прибора во время измерений и равное сумме минимального из наблюденных значений направления и половины угла рассеивания $\left(\frac{A}{2}\right)$;

3) $N_а$ — направление, соответствующее среднему положению прибора во время измерений и определяемое как среднее арифметическое из всех отсчетов логометра, зафиксированных через равные интервалы времени. Такое осреднение производится при $A \leqslant 30° + 4n$, где n — число измерений направления. При $A > 30° + 4n$ направление, соответствующее среднему положению прибора, определяется как среднее векториальное (геометрическое) из всех зафиксированных положений прибора и обозначается $N_в$;

4) $N_п$ — преобладающее направление течения, т. е. наиболее часто повторяющаяся характеристика направления течения (при отсчетах логометра является до некоторой степени субъективной характеристикой);

5) $N_с$ — среднее направление течения, соответствующее среднему положению прибора и определяемое как среднее арифметическое из всех возможных вариантов осреднения

$$N_с = \frac{N_A + N_а (N_в) + N_п}{3};$$

6) $v_а$ — средняя (за время измерения) скорость течения, определяемая по тарировочной кривой;

7) $v_в$ — векториальная (геометрическая) скорость течения, которая определяется графически или путем умножения $v_а$ на коэффициент рассеивания R, характеризующий устойчивость направления течений за время наблюдений.

---

[1] В приборах, выпущенных до 1972 г., логометр фиксировал направление течения «откуда», в связи с чем ко всем значениям направления необходимо прибавить 180°.

Коэффициент рассеивания R определяется как отношение длины результирующего вектора течения в принятом масштабе к числу измерений направления. Если за время работы прибора направление течения не изменилось, коэффициент R равен единице. Во всех остальных случаях он будет меньше единицы;

8) $v_{макс}$ — максимальная зарегистрированная скорость течения за время измерений;

9) $v_{мин}$ — минимальная зарегистрированная скорость течения за время измерений.

7. Рассмотрим порядок обработки результатов измерений на примере.

С помощью ГР-42 на определенном горизонте измерялось течение. При этом отсчеты направления, которые производились по логометру каждые 15 с, были следующими: 30, 50, 50, 60, 60, 110, 110, 100, 100, 100, 170, 140, 140, 140, 190, 220, 100°. Звонки, фиксирующие каждые пять оборотов лопастного винта, были отмечены в следующие моменты (отсчеты по секундомеру): 20, 45, 75, 115, 165, 200, 218, 238, 258 с.

Результаты измерения обрабатываются в следующем порядке.

1) Определяется угол рассеивания A, который равен 190° (220 — 30°). Учитывая, что $A > 30° + 4n = 30 + 4 \cdot 17 = 98°$, для определения действительных направления и скорости необходимо применить векториальный (геометрический) способ обработки.

2) Определяется скорость течения $v_а$ так же, как при работе с любой гидрометрической вертушкой, т. е. определяется число оборотов лопастного винта в секунду (с точностью до 0,01 оборота), и по тарировочной кривой находится скорость, соответствующая этому числу оборотов (в данном случае 42 см/с).

3) Находят $N_Д$, которое в этом случае равно $30 + \frac{190}{2} = 125°$.

4) Определяют $N_в$ графически, путем построения векториального графика либо с помощью векторного круга. Для этого располагая отсчеты направлений в порядке возрастания числа градусов и приняв определенный масштаб (например, 1 см = 1 отсчету), составляют таблицу.

Порядковый номер вектора	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Магнитный азимут, градус	30	50	60	100	110	140	170	190	220
Длина отрезка, см	1	2	2	4	2	3	1	1	1

Затем на миллиметровой бумаге строят прогрессивный векториальный график направлений (рис. 3), для чего из начала координат (точка O) при помощи транспортира проводят первый вектор, направление которого соответствует наименьшему значению направления течения. Длина вектора в масштабе соответствует числу отсчетов данного направления (вторая строчка таб-

лицы). От конца этого вектора строят таким же образом второй вектор, соответствующий второму измеренному направлению и т. д. до последнего зафиксированного направления. Линия OA на рис. 3, соединяющая начало первого вектора с концом последнего, показывает геометрически осредненное направление течения $N_к$, равное в данном случае 107°.

5) Длина результирующего вектора OA в принятом масштабе равна 11,4 см. Разделив эту величину на общее число отсчетов, выраженное в масштабе длины (17 см), находят коэффициент рассеивания R, равный 0,67. Умножают найденную по тарировочной кривой скорость течения (42 см/с) на R и определяют $v_в$ — сред-

Рис. 3. Векториальный график для определения течения геометрическим способом.

нюю векториальную (геометрическую) скорость течения $42 \cdot 0{,}67 = 28$ см/с.

в) находят преобладающее направление за время измерения $N_п$, равное в данном случае 100°.

7) Определяют среднее направление течения $N_с$:

$$N_с = \frac{125 + 107 + 100}{3} \approx 110°.$$

В качестве действительного направления N в данном случае принимается 110°, поскольку два из возможных вариантов направления ($N_г$, $N_с$) хорошо согласуются между собою. Наибольшее различие в направлении течений, определяемом различными вариантами (ΔN), в данном случае будет равняться ± 25 — $\pm(125 - 100)$; эта величина принимается как мера оценки качества выполненных измерений.

Введя в действительное направление N поправку на магнитное склонение, получают истинное направление течения.

В тех случаях, когда возможные варианты вычисленного направления течения различаются между собою более значительно (более $30 \div 40°$), за действительное направление может быть принято любое из них; большая величина ΔN свидетельствует о пониженной точности измерения.

8) Находят $v_{макс}$ и $v_{мин}$, выбирая из отсчетов по секундомеру соответственно наименьший и наибольший интервалы времени между звонками (в нашем примере 218—200 = 18 с и 165—115 = 50 с). По этим интервалам определяют число оборотов в секунду и с помощью тарировочной кривой находят наибольшую и наименьшую скорости течения за время наблюдений.

8. Определение $N_в$ и R при обработке течений геометрическим способом может быть ускорено при использовании векторного круга (рис. 4), который состоит из двух наложенных друг на друга кругов: нижнего неподвижного и верхнего, вращающегося на оси, укрепленной в центре нижнего круга. Нижний круг изготовляется из фанеры и на него наклеивается миллиметровая бумага; верхний — из целлулоида или органического стекла с делениями по окружности через 1°. Нижний круг имеет рукоятку; у нижнего конца вертикального диаметра со стороны рукоятки укреплена стрелка-указатель.

Рис. 4. Векторный круг для обработки течений.

Определение элементов течения при помощи круга производится следующим образом: к стрелке-указателю подводят деление, соответствующее направлению первого вектора (в нашем примере 30°), и откладывают от центра круга вверх отрезок, длина которого соответствует числу отсчетов данного направления (в нашем примере 1 см). Конец отрезка отмечают на верхнем круге точкой. Затем подводят к стрелке деление, соответствующее направлению второго вектора (50°), и от полученной ранее точки откладывают вверх в том же масштабе второй отрезок (2 см). Конец второго отрезка также отмечают карандашом на верхнем круге точкой. Подобным же образом на круге отмечают концы всех остальных векторов, причем конец последнего вектора отмечают крестиком. Совместив затем конец последнего вектора с верхней половиной вертикальной оси нижнего круга, отсчитывают по стрелке-указателю искомый магнитный азимут направления результирующего течения $N_в$ (в нашем примере 107°). Разделив расстояние

между концом последнего вектора и центром круга (11,4) на общее число отсчетов направлений (17), находят коэффициент рассеивания R (в данном случае равный 0,67).

9. В случае, когда угол рассеивания $A < 30° + 4n$, обработка течений заметно упрощается и ускоряется.

Пример. Пусть отсчеты по логометру за время измерения течения на определенном горизонте были следующие: 175, 150, 145, 150, 155, 155, 145, 145, 145°. Звонки, фиксирующие каждые пять оборотов лопастного винта, отмечались в следующие моменты: 10, 22, 27, 42, 62, 72, 86, 106, 126 с.

Угол рассеивания A в этом случае равен 30° (175—145°), что позволяет для обработки воспользоваться арифметическим способом.

В этом случае скорость течения $v_н$, определяемая по тарировочной кривой (значение, соответствующее 0,36 оборота лопастного винта в секунду), принимается в качестве действительной средней скорости. Среднее направление $N_а$ определяется простым осреднением всех отсчетов по логометру ($N_а = 152°$ или, округляя, 150°). $N_A = 145 + \frac{30}{2} = 160°$, а преобладающее направление течения $N_п$ принимается равным 145°. Среднее направление $N_с$ получается равным 151° (при округлении 150°), что совпадает с арифметическим средним, которое в этом случае принимается за действительное магнитное направление течения. Максимальная и минимальная скорости определяются, как и в предыдущем примере.

ПЕРЕЧЕНЬ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОБ НАНОСОВ

№ п/п	Наименование оборудования	Единица измерения	Количество
	а) Общие для всех методов анализа и видов работ		
1	Весы аналитические на 200 г	Комплект	1
2	Весы химико-технические на 0,5 или 1 кг	»	1
3	Разновес аналитический на 100 г	»	1
4	Разновес химико-технический на 0,5 или 1 кг	»	1
5	Сушильный шкаф с электрообогревом на 105—110° С	шт.	1
6	Технический термометр к сушильному шкафу до 200° С	»	1
7	Эксикатор диаметром 250 мм	»	1
8	Баня водяная или песчаная	»	2
9	Электроплитка	»	6
10	Секундомер	»	1
11	Щипцы тигельные	»	1
12	Аппарат для получения дистиллированной воды	»	1
13	Пробирки химические	»	10
14	Стойка для пробирок	»	1
15	Штатив с лапками	»	1
16	Воронки стеклянные или пластмассовые диаметром 70 мм	»	20
17	Термометр комнатный	»	1
18	Термометр для воды без оправы	»	1
19	Гигрометр	»	1
20	Лупа ручная	»	1
21	Рулетка металлическая, двухметровая	»	1
22	Груша резиновая - промывалка	»	2
23	Карандаш для стекла	»	5
24	Пробки резиновые всех размеров	кг	3
25	Чашки фарфоровые диаметром 14—20 см для выпаривания	шт.	20
	б) Для пипеточного метода		
1	Пипеточная установка	Комплект	1
2	Цилиндры стеклянные диаметром 50—60 мм емкостью 1 л (или 0,9—1,2 л)	шт.	6
3	Пипетка стеклянная Мора емкостью 25 мл	»	1
4	Сушильные стаканчики (бюксы) низкие высотою 30 мм и диаметром 80—50 мм	»	30
5	Фарфоровая чашка диаметром 9—10 см	»	6
6	Колба коническая емкостью 1 л	»	6
7	Холодильники стеклянные	»	6

№ п/п	Наименование оборудования	Единица измерения	Количество
	в) Для метода фракциометра		
1	Фракциометр с подставкой и зажимами	Комплект	1
2	Колба коническая емкостью 50 мл	шт.	1
3	Фарфоровые чашки диаметром 5—6 см	»	28
	г) Для ситового метода		
1	Набор сит	Комплект	1
2	Ступка фарфоровая диаметром 140 мм с пестиком	шт.	1
3	Резиновый накостыльник (на пестик)	»	1
4	Фарфоровые чашки диаметром 9—10 см	»	7
	д) Реактивы (из расчета на 1000 анализов)		
1	Хлористый кальций гранулированный	г	500
2	Хлористый кальций кристаллический	г	500
3	Соляная кислота концентрированная (химически чистая)	л	5
4	Азотная кислота концентрированная (химически чистая)	л	1
5	Азотнокислое серебро	г	100
6	Хлористый барий	г	250
7	Щавелевокислый аммоний	г	500
8	Аммиак (25%-ный раствор)	л	10
	е) Для определения плотности частиц наносов		
1	Пикнометры емкостью 50—100 см^3	шт.	6
2	Воронки химические стеклянные диаметром 3 см	»	1
	ж) Для определения плотности смеси наносов в естественном залегании		
1	Мерные цилиндры градуированные емкостью 100 см^3	шт.	10
2	То же, емкостью 500 см^3	»	10
	з) Для определения органической части наносов		
1	Муфельная печь	шт.	1
2	Тигель фарфоровый с крышкой	»	10

Примечание. Стеклянная посуда приводится без запаса на случай боя.

ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ И УХОДА ЗА УСТАНОВКАМИ И ПРИБОРАМИ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОБ НАНОСОВ

1. Точные лабораторные определения количества наносов и их состава обеспечиваются, если оборудование, приборы и посуда содержатся в полной исправности и чистоте. По окончании работы приборы тщательно моются пресной чистой водой, металлические части обтираются сухой тряпкой, а посуда дважды промывается дистиллированной водой, сушится в теплом воздухе или на специальной полке для сушки посуды и убирается в шкаф, защищенный от пыли и загрязнения.

Шкаф для фильтрования проб воды со взвешенными наносами

2. Шкаф применяется на станциях и постах и предназначен для:

1) производства в нем автоматического фильтрования проб;
2) высушивания фильтров с наносами;
3) хранения оборудования и материалов, применяемых при фильтровании.

Применение шкафа имеет целью устранить возможность загрязнения фильтров и обеспечить удобство работы. Шкафы могут изготовляться местными средствами.

3. Шкаф (высотой 1000 мм, шириной 1020 мм и глубиной 305 мм) имеет четыре отделения. Нижнее отделение высотой 670 мм служит для фильтрования, левое высотой 330 мм, шириной 205 мм и правое шириной 250 мм, боковые верхние отделения — для сушки фильтров с наносами, а верхнее центральное — для размещения оборудования.

Сита

4. Сита употребляются для подразделения наносов по гранулометрическому составу на фракции 10—5, 5—2, 2—1, 1—0,5 мм или на фракции 10—5, 5—2, 2—1 мм, когда частицы мельче 1 мм предназначаются на анализ методом фракциометра. Сита выпускаются в виде набора.

5. Набор состоит из пяти сит цилиндрической формы, вставляемых одно в другое в виде колонки в порядке убывания размера отверстий сверху вниз. Нижнее сито вставляется в коробку (дно набора), а верхнее накрывается крышкой.

Дно каждого сита образовано плоской пластинкой, в которой имеются круглые отверстия определенного диаметра, а именно: для первого сита — 10 мм, для второго — 5 мм, для третьего — 2 мм, для четвертого — 1 мм и для пятого — 0,5 мм.

На наружной поверхности каждого сита на диаметрально противоположных сторонах имеются ручки, предназначенные для удобства разъединения сит. Там же показаны заводской номер набора, порядковые номера сит в комплекте и размеры отверстий сит. На крышке набора выбита марка завода-изготовителя с указанием года выпуска изделия.

6. Уход за прибором. Набор сит рассчитан на длительное использование в условиях стационарной и полевой лабораторий.

В процессе работы необходимо обращаться с ситами бережно:

1) воспрещается проталкивать пальцем или иглою застрявшие в отверстиях частицы; рекомендуется краем опрокинутого сита слегка несколько раз ударить над листом бумаги о поверхность стола, а затем протолкнуть частицы во внутрь жесткой волосяной щеточкой;

2) не допускается образование вмятин в стенках корпусов сит и в дне с отверстиями во избежание застревания мелких частиц или просыпания их при тряске сит через образующиеся щели в местах соединения сит в колонку;

3) после работы сита промываются и просушиваются, после чего чистятся волосяной щеточкой;

4) сита хранятся собранными в комплект в сухом помещении.

Фракциометр

7. Фракциометр является лабораторным прибором отечественной конструкции, позволяющим подразделить наносы по гранулометрическому составу на фракции 1—0,5; 0,5—0,2; 0,2—0,1; 0,1—0,05 мм на основе способности твердых частиц падать в стоячей воде со скоростью, пропорциональной массе каждой частицы.

8. Установка прибора. Место для расположения прибора выбирается на прочной стене, не подвергающейся сотрясениям, наиболее освещенное с целью лучшего просматривания падения отдельных песчаных частиц, но только не в поле падения солнечных лучей и не вблизи очагов обогрева и охлаждения воздуха вокруг фракциометра во избежание появления конвекционных токов в воде.

Фракциометр устанавливается в рабочем положении так, чтобы трубка с воронкой находилась в вертикальном положении. Для этого деревянное основание при помощи петель крепится накрепко к стене лаборатории. При установке фракциометра тщательно проверяется по отвесу вертикальность положения трубки с воронкой.

9. Уход за прибором заключается в следующем. Весь прибор необходимо оберегать от запыления. Стеклянные части прибора должны быть чистыми. После каждого анализа через прибор пропускается чистая водопроводная или отфильтрованная вода. Периодически труба фракциометра, особенно в конической части, прочищается ершом на длинном стержне. Хранится фракциометр

в перерывах между производством анализов прикрытым сверху бумажной крышкой.

Если вследствие боя нижних стеклянных трубок и пробирки приходится их заменять другими, следует учитывать, что концы стеклянных трубок должны быть обрезаны перпендикулярно к оси, оплавлены на огне и не должны иметь щербин и сколов. Резиновые трубки не должны иметь царапин и порезок.

Металлические части следует оберегать от коррозии. Шарниры лап должны легко (без усилия) вращаться в горизонтальной плоскости, зажимные рычаги — плотно перекрывать резиновые трубки.

10. Подготовка прибора к работе заключается в проверке чистоты стеклянных частей прибора, прочности лап и надежности крепления ими трубы фракциометра. Осмотром и пробным испытанием проверяются зажимные рычаги на перекрытие резиновых трубок.

Фракциометр наполняется водопроводной или другой пресной, совершенно чистой водой, прополаскивается 2—3 раза, после чего прибор готов к работе.

Для выполнения анализов к основному оборудованию добавляются следующие дополнительные предметы из оборудования лаборатории:

1) одна фарфоровая чашечка и резиновый пестик для взятия и растирания навески;

2) одна колбочка коническая емкостью 50 мл для взбалтывания в руках и перевода во фракциометр навески с водой;

3) четыре фарфоровые чашечки или стеклянные низкие бюксы, заранее взвешенные, для сбора выделенных на фракциометре фракций и выпаривания воды (из расчета на анализ одной пробы);

4) промывалка для смывания остатков частиц на стенках резиновых и стеклянных трубок;

5) термометр для измерения температуры воды, вводимой в расчет сроков отделения фракций;

6) секундомер.

Пипеточная установка

11. Пипеточная установка применяется при гранулометрических анализах пипеточным методом наносов и грунтов. Она, не меняя существа этого метода, служит для ускорения процесса производства и улучшения качества анализов.

12. Пипеточная установка состоит из штатива, аспиратора, крана, смывного сосуда, пипетки, цилиндра, бюксов и мешалки.

13. Установка и подготовка прибора к взятию проб. Пипеточная установка ставится на низенький (высотой 40—45 см) прочный и совершенно устойчивый столик или, что лучше для спокойного оседания частиц в цилиндрах, на полку, привинчиваемую к кронштейнам, вделанным в капитальную стену.

Правильность установки штатива прибора контролируется с помощью обычного отвеса на вертикальность стойки и обеспечивается подъемными винтами на основании. В результате достигается вертикальное положение цилиндров и пипетки.

Цилиндры, бюксы, пипетка и смывной сосуд перед употреблением тщательно обмываются мыльной водой и ополаскиваются чистой, а затем дистиллированной водой. Заранее определяется масса бюксов с крышечками. Все взвешивания при пипеточном методе анализа производятся на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. Новые бюксы предварительно прогреваются в течение 2 ч в термостате при 105—110° С (крышки открыты) и остужаются в эксикаторе (крышки закрыты).

Краны аспираторных сосудов открываются, а кран пипетки должен находиться в положении полного перекрытия между метками ВЗ и ВК.

Подготовленные к анализу суспензии (п. 8.4.7.3) переводятся в цилиндры и доливанием дистиллированной воды их объем доводится до метки (1 л).

Цилиндры ставятся на основание пипеточной установки.

Суспензия в крайнем цилиндре тщательно взбалтывается мешалкой движениями вниз и вверх. При окончании взбалтывания мешалка вынимается из цилиндра и включается секундомер; с этого момента ведется счет времени для взятия пипеткой первой пробы суспензии.

Пипетка опускается на определенную глубину, отмеченную на ней, и по истечении определенного времени указатель крана переводится в положение ВК, при котором пипетка соединяется с верхним сосудом аспиратора, где имеется вакуум и отбирается проба суспензии. После заполнения пипетки до черты указатель быстро переводится налево в положение полного перекрытия вакуума [1], и засасывание пробы в пипетку прекращается. Пипетка вынимается из цилиндра, и взятая проба переливается в бюкс. Для этого кран приводится в положение ВЗ, при котором пипетка соединяется с атмосферой. После этого переводом крана пипетка соединяется со смывным сосудом, наполненным дистиллированной водой. Вода, вытекая из этого сосуда, смоет оставшиеся на стенках пипетки частицы в тот же бюкс.

Если пипеткой отбираются четыре пробы, работу на пипеточной установке рациональнее проводить в следующем порядке: сначала во всех цилиндрах берутся последовательно две пробы с последующим взбалтыванием суспензии для отстоя третьей пробы перед переходом на соседний цилиндр, с расчетом удобства отсчета времени по одному секундомеру. Остальные пробы отбираются «круговым» способом, по одной из всех цилиндров.

---

[1] На приборе это положение фиксируется ограничителем на кране, который позволяет точнее отбирать пробы заданного объема.

14. Уход за пипеточной установкой. Все части комплекта пипеточной установки должны находиться в полной чистоте и отвечать требованиям, предъявляемым к лабораторному оборудованию.

По окончании работы на пипеточной установке ее металлические поверхности протираются насухо чистой тряпкой. Металлические части, не покрашенные снаружи, протираются машинным маслом во избежание появления на них ржавчины.

Аспираторные сосуды один раз в полгода освобождаются от воды, тщательно прополаскиваются чистой пресной водой. Рекомендуется их наполнять всегда кипяченой или дистиллированной водой во избежание образования в сосудах осадка. Герметичность обоих сосудов и крана поверяется по удержанию всего объема воды в верхнем сосуде при оставлении на ночь установки в подготовленном к анализам состоянии (кран в положении между метками ПР и ВЗ или ВЗ и ВК).

В случае сброса воды в нижний сосуд прежде всего оба сосуда с закрытыми отверстиями ставятся попеременно дном и верхом на поверку на течь в течение 4 ч. По обнаружении отверстия оно запаивается. Если сосуды не дают течи, то восстанавливается нарушенная герметичность крана.

Кран разбирать не разрешается. В случае нарушения в нем герметичности или плавности хода слегка поджимается или ослабляется задняя пружинка.

Смывной сосуд перед его заполнением каждый раз тщательно промывается и прополаскивается дистиллированной водой. При образовании течи отверстие запаивается.

Пипетка, бюксы и цилиндры должны содержаться в полной чистоте, как всякая химическая посуда.

15. При взвешивании для высушивания воздуха в витрине аналитических весов или в эксикаторе употребляется гранулированный (пористый препарат) хлористый кальций ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$). Хлористый кальций обладает способностью интенсивно поглощать воду даже из воздуха. Для обезвоживания уже употреблявшегося для просушки хлористого кальция его прокаливают на железной или другой сковороде. Соль насыпается слоем не толще 1—2 см и подогревается сильным пламенем горелки. Вначале соль расплавляется, выделяется вода и затем происходит постепенное испарение ее. При этом, если соль была очень влажной, водяной пар, прорываясь сквозь толщу соли, разбрызгивает ее, поэтому рекомендуется не насыпать очень большого слоя. Когда вся вода испарится, прокаливание продолжают еще некоторое время, затем разбивают спекшуюся соль на более мелкие куски и еще теплую кладут в заранее заготовленную совершенно сухую банку. Банка должна быть закрыта герметически, чтобы в нее не проникал воздух, всегда содержащий некоторое количество водяного пара. Если банка закрывается корковой пробкой, она сверху должна быть тщательно залита парафином или воском.

МИКРОТЕРМОМЕТР (ОПИСАНИЕ И УКАЗАНИЯ ПО РАБОТЕ С НИМ)

Микротермометр предназначен для измерений температуры воды в диапазоне от —0,8 до 1,2° С с точностью до 0,01° С.

Хранение микротермометра в перерывах между наблюдениями допускается в оправе, подвешенной вертикально и как можно дальше от нагретых печей. Применяется оправа от обычного водного термометра. Пользование микротермометром без оправы не допускается, так как его легко повредить.

Для надежного укрепления микротермометра в оправе на него предварительно надевают резиновое кольцо (кусок резиновой трубки) или обматывают изоляционной лентой в несколько слоев, чтобы микротермометр не перемещался вдоль оправы.

Ртутный резервуар микротермометра, вставленного в оправу, должен находиться примерно на середине высоты стаканчика оправы. Вставлять микротермометр в оправу и вынимать из нее нужно осторожно, чтобы не поломать хрупкой оболочки микротермометра. Микротермометром рекомендуется пользоваться при измерении температуры воды в реках и озерах на глубинах до 0,5 м от поверхности, начиная с момента, когда температура воды осенью снизится до 0,5° С, и прекращая наблюдения, когда она поднимется до 0,5° С.

Выдерживать микротермометр в воде при измерениях температуры следует не менее 5 мин.

Отсчет следует производить сразу же после извлечения микротермометра из воды, так как через несколько секунд (5—10) показания микротермометра начнут изменяться.

Необходимое для отсчета время можно определить при измерении, следя за постоянством положения столбика ртути после извлечения микротермометра из воды.

В темное время суток отсчет нужно брать, освещая шкалу микротермометра фонарем с обратной стороны, так как отсчет столбика ртути легче сделать «на просвет».

При переноске микротермометра из нагретого помещения на мороз или вследствие резкого сотрясения может иметь место разрыв столбика ртути. Ликвидировать этот разрыв можно нагреванием ртути в резервуаре микротермометра в руке. После того как столбик ртути соединится в месте разрыва, нужно подождать некоторое время и убедиться в том, что при дальнейшем охлаждении столбик ртути пошел вниз без разрывов по всей шкале.

Необходимо помнить, что если разрыв не будет во время замечен, то отсчет будет неверен, поэтому после каждого отсчета нужно осмотреть столбик по всей шкале и убедиться в исправности микротермометра.

ОБРАЗЕЦ ТАЛОНА ПОЛЕВОЙ КНИЖКИ КГ-9

Корешок (талон) № _____

Река _____ станция (пост) _____

Дата взятия пробы _____ расход воды _____ $м^3/с$

Место взятия пробы _____ Глубина взятия пробы _____ м

(створ, расстояние от левого берега в десятых долях ширины реки)

Физические свойства воды:

Температура _____ цвет _____ прозрачность _____

Водородный показатель (pH) _____

Индикатор _____ Данные по шкале _____

Температура буфера _____

Двуокись углерода (CO_2) _____

Навеска Na_2CO_3 _____ г растворена в _____ мл дистиллированной воды

Израсходовано на титрование _____ мл пробы воды _____ мл Na_2CO_3 (2-й отсчет)

Карбонатные ионы (CO_3^{2-}) _____

Нормальность раствора HCl _____

Израсходовано на титрование _____ мл пробы воды _____ мл HCl (2-й отсчет)

Растворенный в воде кислород _____

Навеска $K_2Cr_2O_7$ _____ г растворена в _____ мл дистиллированной воды

Раствор $Na_2S_2O_3$ _____

Дата приготовления _____

установления нормальности

Взято на определение нормальности _____ мл стандартного раствора

Израсходовано на определение нормальности _____ мл стандартного раствора

Израсходовано раствора $Na_2S_2O_3$ 1-й отсчет _____ мл

2-й отсчет _____ мл

среднее _____ мл

Объем зафиксированной пробы _____ мл

Израсходовано на титрование пробы _____ мл

Примечание (указывается, чем консервирована проба)

Пробу взял: _____

ПЕРЕЧЕНЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОТДЕЛЬНЫХ РАБОТ, ПРЕДУСМОТРЕННЫХ НАСТАВЛЕНИЕМ, ВЫП. 6, Ч. I

1. Методические указания УГМС № 81. Организация наблюдений над продольным уклоном водной поверхности. Л., Гидрометеоиздат, 1971. 22 с.

2. Методические рекомендации по наблюдениям за зажорно-заторными явлениями в нижних бьефах ГЭС. Л., Гидрометеоиздат, 1972. 28 с.

3. Методические указания УГМС № 87. Установка и эксплуатация автоматического режимного регистрирующего гидрологического поста — АРРГП (ГР-103). Л., Гидрометеоиздат, 1973. 24 с.

4. Методические рекомендации по измерению расходов воды рек аэрометодами. Л., Гидрометеоиздат, 1974. 133 с.

5. Временные методические указания по машинной обработке и контролю данных гидрологических наблюдений. Вып. 6, разд. I. Обнинск, изд. ВНИИГМИ—МЦД, 1975. 83 с.

6. Методические рекомендации по оценке точности и гидрологическому контролю данных государственного учета вод и их использования. Л., Гидрометеоиздат, 1977.

7. Методические рекомендации по инспекции и контролю учета стока на гидроэлектростанциях и гидроузлах. Л., Изд. ГГИ, 1976. 58 с.

8. Положение о государственном учете вод и их использования. М., Гидрометеоиздат, 1975. 7 с.

9. Пособие по экстраполяции кривых расходов воды до наивысших уровней. Л., Гидрометеоиздат, 1966. 115 с.

10. Практические рекомендации по расчету разбавления сточных вод в реках, озерах и водохранилищах. Л., изд. ГГИ, 1973. 101 с.

11. Алекин О. А., Семенов А. Д., Скопинцев Б. А. Руководство по химическому анализу вод суши. Л., Гидрометеоиздат, 1973. 270 с.

12. Временная инструкция по определению некоторых загрязняющих веществ в донных отложениях и в воде. М., Изд. ГУГМС, 1972. 57 с.

13. Дементьев В. В., Федоров Н. Н. К вопросу о выборе формулы для вычисления средней скорости на вертикали. — «Тр. ГГИ», 1976, вып. 234, с. 119—126.

14. Железняков Г. В. Теория гидрометрии. Л., Гидрометеоиздат, 1976. 343 с.

15. Карасев И. Ф., Чижов А. Н. О критериях точности измерений уровней воды на реках и водохранилищах. — «Тр. ГГИ», 1968, вып. 150, с. 3—16.

16. Сток наносов, его изучение и географическое распределение. Под ред. А. В. Караушева. Л., Гидрометеоиздат, 1977. 240 с.

17. Наблюдения на гидрометеорологической сети СССР. Определение понятий гидрометеорологических элементов и оценка точности наблюдений. Под ред. О. А. Городецкого. Л., Гидрометеоиздат, 1970. 92 с.

18. Шестакова Р. А. Выбор участка для измерения уклона водной поверхности в беспойменных руслах. — «Тр. ГГИ», 1968, вып. 164, с. 128—140.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Сокращения наименований 5
Глава 1. **Общие положения. Состав и сроки наблюдений** . 7
1.1. Общие положения . . . . . —
1.2. Состав работ и основные задачи гидрологических станций I разряда 11
Глава 2. **Выбор участка реки для организации и оборудования гидрологического поста** 34
2.1. Требования, предъявляемые к участку реки . . . . . —
2.2. Рекогносцировочное обследование участка реки 37
2.3. Состав представляемых в УГМС материалов по выбору участка 42
Глава 3. **Топогеодезические работы на гидрологических станциях и постах** 44
3.1. Общие положения . . . . . —
3.2. Топографическая съемка участка гидрологического поста 46
3.3. Промер глубин 51
3.4. Оформление плана участка 54
3.5 Высотная привязка реперов гидрологических постов к государственной сети 55
3.6. Нивелирование постовых (уровнемерных) устройств . —
3.7. Нивелирование IV класса 58
Глава 4. **Наблюдения за уровнем воды** 65
4.1. Устройство гидрологического поста . . . . . —
4.2. Точность измерения уровня 73
4.3. Перенос гидрологического поста 74
4.4. Контроль материалов наблюдений за уровнем 78
Глава 5. **Наблюдения за продольными уклонами водной поверхности** 90
5.1. Общие положения . . . . . —
5.2. Выбор репрезентативного участка для измерения уклона водной поверхности 92
5.3. Обработка и анализ данных наблюдений по измерению уклона водной поверхности 98
Глава 6. **Измерение расходов воды** 105
6.1. Общие положения . . . . . —
6.2. Разбивка и оборудование гидрометрического створа . 106
6.3. Промеры глубин в гидрометрическом створе 117
6.4. Измерение расхода воды гидрометрической вертушкой 123
6.5. Особенности измерения расходов воды вертушкой в различных условиях 131
6.6. Сокращенные способы измерения расхода воды гидрометрической вертушкой 140
6.7. Вычисление расхода воды, измеренного вертушкой . 145
6.8. Измерение расхода воды поплавками 161
6.9. Вычисление расхода воды, измеренного поплавками . . . 165
6.10. Текущий контроль и анализ измерений расходов воды 171
Глава 7. **Организация наблюдений, оценка точности и гидрологический контроль данных государственного учета вод и их использования** 174
7.1. Организация гидрологических наблюдений применительно к системе ГУВ . . . . . —
7.2. Оценка точности учета использования вод 175
7.3. Гидрологический контроль данных государственного учета вод и их использования 180
Глава 8. **Наблюдения и работы по изучению стока наносов** . 182
8.1. Общие положения . . . . . —
8.2. Наблюдения за взвешенными наносами. Методы и приборы —
8.3. Наблюдения за донными наносами 197

8.4. Лабораторная обработка проб наносов 202
8.5. Первичная статистическая обработка материалов по гранулометрическому составу речных наносов 234
8.6. Контроль за работой на станциях и постах . . . 236
Глава 9. **Наблюдения за температурой воды и воздуха** . 238
9.1. Наблюдения за температурой воды . . . . . —
9.2. Обработка и анализ данных измерений 240
9.3. Наблюдения за температурой воздуха 246
Глава 10. **Наблюдения за ледовыми явлениями** 247
10.1. Общие сведения . . . . . —
10.2. Выбор пункта наблюдений 251
10.3. Сроки и состав наблюдений . . . . . —
10.4. Наблюдения за ледовыми явлениями в районах ГЭС . . 255
10.5. Запись и обработка наблюдений 257
10.6. Наблюдения за шугоходом и ледоходом 260
10.7. Наблюдения за толщиной льда 265
10.8. Обработка материалов и анализ ледомерных съемок . . 269
10.9. Обработка и анализ результатов систематических измерений толщины льда 275
10.10. Наблюдения за заторными и зажорными явлениями 276
Глава 11. **Наблюдения за химическим составом и физическими свойствами воды рек** 287
11.1. Общие положения . . . . . —
11.2. Сеть пунктов ОГСНК и программа наблюдений на них 288
11.3. Порядок выполнения гидрохимических работ 295
11.4. Определение некоторых показателей физических свойств и химического состава воды 298
Глава 12. **Специальные и научно-методические исследования** . . . 302
12.1. Наблюдения за уровнем, расходом воды и ледовыми явлениями . . . . . —
12.2. Методические работы по изучению наносов 318
Глава 13. **Сбор и автоматизированная обработка данных гидрологических наблюдений** 332
13.1. Общие положения . . . . . —
13.2. Виды ТН и порядок занесения данных на них . . . . . —
13.3. Подготовка и занесение информации на перфоленту . . . 334
13.4. Подготовка к перфорации справочных сведений и параметров контроля данных гидрологических наблюдений . . . 338

Приложения

1. Примерная форма акта опроса о режиме реки 340
2. Закрепление геодезических пунктов 342
3. План участка гидрологического поста 352
4. Схематическая карта глубин промерзания и протаивания грунтов на территории СССР 354
5. Поправки на длину подводной части стального каната 356
6. Поправки на длину надводной части стального каната 357
7. Технические характеристики эхолотов 358
8. Бифилярный подвес (описание и порядок работы с ним) 359
9. Прибор для измерения течений (измеритель течения ГР-42) и правила его эксплуатации 361
10. Перечень оборудования для обеспечения лабораторной обработки проб наносов 373
11. Правила обращения и ухода за установками и приборами для лабораторной обработки проб наносов 375
12. Микротермометр (описание и указания по работе с ним) 380
13. Образец талона полевой книжки КГ-9 381
14. Перечень дополнительной литературы, используемой при выполнении отдельных работ, предусмотренных Наставлением, вып. 6, ч. I 382