

Б А К А Л А В Р И А Т

А.А. Волчек

ГИДРОМЕТРИЯ

Рекомендовано
Экспертным советом УМО в системе ВО и СПО
в качестве **учебного пособия** для направления бакалавриата
«Гидрометеорология»



КНОРУС • МОСКВА • 2024

УДК 627.133(075.8)
ББК 26+26.222я73
В68

Рецензенты:

В.Ф. Логинов, гл. научный сотрудник Института природопользования Национальной академии наук Беларуси, д-р геогр. наук, проф., академик НАН Беларуси,

В.Е. Левкевич, проф. кафедры водоснабжения и водоотведения Белорусского национального технического университета, д-р техн. наук, проф.

Автор

А.А. Волчек, Брестский государственный технический университет

Волчек, Александр Александрович.
В68 Гидрометрия : учебное пособие / А.А. Волчек. — Москва : КНОРУС, 2024. — 400 с. — (Бакалавриат).

ISBN 978-5-406-13449-8

Приведены сведения об организации системы наблюдений на гидрологической сети, об организации и методах гидрологических наблюдений на реках, озерах, водохранилищах и других водных объектах с оценкой точности полученных результатов, рассмотрены методы и способы измерений, а также область применения этих методов. Большое внимание уделено описанию современных приборов, используемых в гидрометрии. Рассмотрены методы учета стока воды и наносов, а также вопросы метрологического обеспечения гидрологических наблюдений.

Соответствует ФГОС ВО последнего поколения.

Для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 05.03.04 «Гидрометеорология». Может быть полезно для студентов других направлений группы «Науки о земле» и направления «Природообустройство и водопользование».

Ключевые слова: измерения; уровень; расход; река; водоем; вода; лед; наносы; гидропост; поплавки; вертушка.

УДК 627.133(075.8)
ББК 26+26.222я73

Волчек Александр Александрович

ГИДРОМЕТРИЯ

Изд. № 697953. Формат 70×100/16. Гарнитура «Newton».

Усл. печ. л. 32,5. Уч.-изд. л. 28,0.

ООО «Издательство «КноРус».

117218, г. Москва, ул. Кедрова, д. 14, корп. 2.

Тел.: +7 (495) 741-46-28.

E-mail: welcome@knorus.ru www.knorus.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных материалов в ООО «Фотоэксперт».

109316, г. Москва, Волгоградский проспект,
д. 42, корп. 5, эт. 1, пом. I, ком. 6.3-23Н

ISBN 978-5-406-13449-8

© Волчек А.А., 2024

© ООО «Издательство «КноРус», 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
Глава 1. Цели, задачи, содержание, предмет гидрометрии. История науки. Организация наблюдений	9
1.1. Предмет и задачи гидрометрии. Значение гидрометрии в хозяйственной деятельности человека. Связь с другими дисциплинами	9
1.2. Основные принципы организации и размещения сети гидрометеорологических станций и постов. Классификация гидрометеорологической сети	10
1.3. Краткие исторические сведения о развитии науки	14
Глава 2. Организация и производство наблюдения за уровнями воды	17
2.1. Основные сведения о режиме уровней воды. Цели и основные задачи водомерных наблюдений	17
2.2. Принципы устройства гидрологических постов	18
2.3. Классификация гидрологических постов	20
2.4. Выбор участка реки для наблюдений за уровнями воды	22
2.5. Топографические работы при организации гидрологических постов	25
2.6. Устройство, оборудование и нивелирование гидрологического поста	28
2.7. Открытие поста. Обязанности наблюдателя. Состав и сроки наблюдений	35
2.8. Гидрологические станции	37
2.9. Водомерные автоматические посты	39
2.10. Наблюдения за уровнем и продольным уклоном водной поверхности	47
2.11. Точность наблюдений за уровнями воды	50
Глава 3. Первичная обработка данных водомерных наблюдений. Наблюдение за ледотермической обстановкой	53
3.1. Обработка книжек для записи водомерных наблюдений. Обработка лент самописцев. Вычисление среднесуточных значений	53
3.2. Составление годовой таблицы и графика колебания уровней	57
3.3. Специальная обработка уровней. Кривые повторяемости и обеспеченности уровней	58
3.4. График связи соответствия уровней двух водомерных постов	60
3.5. Наблюдения за температурой воды и их точность. Поправки к показаниям термометров	61
3.6. Основные характеристики ледового режима. Состав стандартных и специальных наблюдений за ледовой обстановкой	63
3.7. Визуальные наблюдения за ледовой обстановкой. Измерение толщины льда. Ледомерные съемки	65
3.8. Наблюдения за образованием внутриводного льда, шугообразованием и шугоходом	74
Глава 4. Промеры глубин и русловые съемки водотоков	78
4.1. Сущность, задачи и состав промерных работ	78

4.2. Приборы и оборудование для производства промеров	79
4.3. Способы определения плановых координат промерных вертикалей	88
4.4. Построение профиля дна по данным эхолота	93
4.5. Русловые съемки	98
4.6. Приведение промеров к расчетному уровню	104
4.7. Обработка материалов промерных работ и русловых съемок	105
Глава 5. Измерения скоростей течения в русловых потоках	113
5.1. Основные сведения о движении потоков	113
5.2. Формирование поля скоростей	114
5.3. Методы измерения скоростей течения воды	121
5.4. Классификация приборов для измерения скорости течения воды	122
5.5. Измерение скорости течения воды с помощью гидрометрических поплавков	130
5.6. Измерение скорости течения воды с помощью гидрометрических вертушек	136
5.7. Вычисление средней скорости на вертикали	141
5.8. Измерение скоростей течений с применением физических методов	143
Глава 6. Измерение расходов воды, льда и шуги	152
6.1. Понятие о расходе воды. Классификация методов измерения расходов воды	152
6.2. Метод скорость - площадь, его модели и разновидности	153
6.3. Выбор участка реки. Определение направления гидрометрического створа. Его оборудование. Назначение скоростных вертикалей	156
6.4. Состав и организация работ по определению расходов воды методом скорость - площадь	163
6.5. Ускоренные методы измерения расходов воды	171
6.6. Определение расходов воды с интеграцией поверхностных скоростей по косым галсам	173
6.7. Измерение расхода воды в различных условиях	176
6.8. Измерение расходов воды путем применения поплавков	178
6.9. Определение расходов воды по гидравлическим формулам	180
6.10. Метод смешения	182
6.11. Определение максимальных расходов воды по меткам уровней	186
6.12. Измерение расходов воды малых рек	190
6.13. Применение акустических приборов и аэрометодов при измерении расходов воды	199
6.14. Оптимизация измерений в различных условиях. Измерение расходов льда и шуги, тепловой расход	207
6.15. Оценка погрешности, текущий контроль измерений расходов воды	212
Глава 7. Учет стока воды. Связь расходов и уровней воды при однозначных зависимостях	218
7.1. Методические основы учета стока воды. Связь расходов и уровней воды $Q=f(H)$ как основа для учета стока воды	218

7.2. Построение кривых расходов	220
7.3. Экстраполяция зависимостей $Q = f(H)$ в условиях беспойменных створов	222
7.4. Экстраполяция кривых расходов для пойменных створов	227
7.5. Экстраполяция кривых расходов $Q=f(H)$ до заданных минимальных уровней	231
Глава 8. Учет стока воды при неоднозначных зависимостях	232
8.1. Учет стока при неустойчивых руслах	232
8.2. Учет стока при ярко выраженном неустановившемся движении воды	235
8.3. Учет стока при наличии льда и водной растительности	238
8.4. Учет стока при переменном подпоре	245
Глава 9. Методы наблюдений за твердым стоком	249
9.1. Общие сведения о твердом стоке	249
9.2. Наблюдения за стоком взвешенных наносов	253
9.2.1. Приборы для отбора проб на мутность	253
9.2.2. Измерение расхода взвешенных наносов	259
9.2.3. Взятие единичных и контрольных проб воды на мутность и для определения крупности взвешенных наносов	263
9.2.4. Вычисление расходов взвешенных наносов	264
9.3. Наблюдения за стоком донных наносов	269
9.3.1. Приборы для отбора проб на мутность	270
9.3.2. Измерение и вычисление расхода донных наносов	272
9.3.3. Определение состава донных отложений	273
9.3.4. Первичная и лабораторная обработка проб взвешенных и влекомых наносов и отложений	277
Глава 10. Наблюдения за химическим составом, качеством воды и гидрохимическим режимом речных вод	282
10.1. Цель и задачи наблюдений	282
10.2. Методика производства наблюдений и химического анализа воды	283
10.3. Расход растворенных веществ	292
10.4. Система наблюдений и контроля за качеством воды рек	293
10.5. Жесткость воды	294
10.6. Агрессивность воды	296
10.7. Типы химического анализа воды при гидрогеологических исследованиях	298
10.8. Полевые гидрохимические лаборатории. Экспресс-методы	303
Глава 11. Наблюдения за гидрологическим режимом озер и водохранилищ	304
11.1. Наблюдения на озерах и водохранилищах	304
11.2. Озерные посты	326
11.3. Наблюдения за наносами и донными отложениями озер и водохранилищ. Приборы и оборудование	329
11.4. Аэрокосмические методы наблюдений за термическим и ледовым режимом водоемов	338
Глава 12. Охрана труда при производстве гидрометрических работ	344
12.1. Характеристика основных элементов охраны труда	344
12.2. Особенности охраны труда при производстве гидрометрических работ	345

12.3. Спасательные средства и их применение	352
12.4. Ограничение плавания и работ на воде по гидрометеорологическим показателям	354
12.5. Охрана труда на гидрометрической практике	355
Термины и определения	361
Контрольные вопросы	376
Глава 1	376
Глава 2	376
Глава 3	377
Глава 4	378
Глава 5	378
Глава 6	379
Глава 7	381
Глава 8	381
Глава 9	382
Глава 10	383
Глава 11	383
Глава 12	384
Список литературы	385

Введение

В настоящее время среди проблем, стоящих перед человечеством, всё чаще на первое место выдвигается проблема воды. Это вызвано тем, что состояние и развитие как биосферы, так и человеческого общества, находятся в тесной зависимости от состояния водных ресурсов. Они определяют развитие экономики и благосостояния населения, в связи с чем рациональное использование и защита от загрязнения поверхностных и подземных вод является одной из основных задач не только государственных, но и общественных организаций. Необходимость количественного и качественного учёта состояния водных ресурсов, постоянное совершенствование методов и средств гидрологических наблюдений, составляющих предмет гидрометрии как научной дисциплины, находится в центре внимания специалистов работающих в области природопользования и природообустройства.

Термин «гидрометрия» состоит двух греческих слов: *υδωρ* – вода и *μετροω* – измеряю, т.е. «водомерие», измерение воды, которые называются водомерными наблюдениями. Гидрометрия является составной частью гидрологии, в которой изучаются методы и средства определения характеристик движения и состояния жидкости, а также режим водных объектов. В задачу гидрометрии входит определение: уровней, глубин, рельефа дна и свободной поверхности потока; напоров и давлений; параметров волн; гидравлических уклонов; расходов жидкости; мутности потока; расходов наносов и пульпы; составляющих термического и ледового режимов потоков. Эффективное использование водных ресурсов и рациональная эксплуатация гидромелиоративных систем, гидротехнических сооружений и гидроэлектростанций, мостов, автомобильных и железных дорог обусловили формирование и развитие эксплуатационной гидрометрии. Её задачи: гидрометрические работы в период строительства и ввода в эксплуатацию гидротехнических сооружений и мостов; наблюдения за влиянием сооружений на гидравлические элементы потока и воздействием потока на сооружения; наблюдения за деформациями естественного русла, в особенности вблизи сооружений, пропуском паводка и воздействием ледохода на сооружения; гидрометрические исследования при перекрытии рек и переводе потока на водосбросные сооружения и т.д.

Целью гидрологических изысканий является получение сведений и характеристик по гидрологическому режиму как в целом по водным объектам, так и для отдельных его участков или в заданных створах,

необходимых для обоснования проектов водохозяйственного и гидро-мелиоративного строительства, а также для составления водного баланса.

Современная гидрометрия ориентирована на оптимизацию методов наблюдений по важнейшему критерию – повышению точности и достоверности результатов измерений при экономии или без существенного увеличения затрат времени и средств.

В настоящее время гидрометрические работы проводятся наземными средствами и методами аэрогидрометрии. Некоторые виды работ могут быть легко проведены наземными способами, например наблюдение за уровнями рек. Но для некоторых измерений, особенно и период паводков, половодья и ледохода предпочтительнее использовать способы аэрогидрометрии. Развитие техники аэрофотосъемок и дешифрирования их материалов в последние десятилетия резко увеличили объем аэрогидрометрических изысканий.

Настоящее пособие предназначено для студентов природоохранительского профиля.

При написании учебного пособия авторы обобщили личный многолетний опыт научных исследований и преподавания гидрологии, гидрометрии и смежных дисциплин, а также использовали исследования в области гидрометрии ведущих специалистов Беларуси, России, Украины, республик Балтии, Центральной Азии и других.

Глава 1. Цели, задачи, содержание, предмет гидрометрии. История науки. Организация наблюдений

1.1. Предмет и задачи гидрометрии. Значение гидрометрии в хозяйственной деятельности человека. Связь с другими дисциплинами

Гидрометрия – это комплекс организационных и методических мероприятий по производству гидрометеорологических наблюдений и измерений, включая приборы и оборудование для наблюдений за водным режимом водотоков и водоемов, определение характеристик водных объектов, а также их состояние. Кроме того, современная гидрометрия осуществляет обработку результатов полученных наблюдений, подготовку к публикации и хранение гидрологической информации на технических носителях.

Цель современной гидрологии является изучение устройства и оборудования сети гидрологических станций и постов, организация наблюдений на них, разработка методов, способов и приборов для изучения составляющих водного режима водотоков и водоемов, организация и производство специальных водных исследований для целей водохозяйственного проектирования, строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений.

Основными задачами гидрометрии являются:

- 1) анализ сведений о развитии и оптимизации сети гидрологических наблюдений с учетом общих представлений об устройстве и оборудовании сети гидрологических станций и постов;
- 2) разработка приборов и методов измерения параметров и учета различных элементов режима водных объектов;
- 3) систематическое изучение скоростей течения, стока воды и наносов, химического состава воды, ледотермических явлений и других параметров гидрологического режима водных объектов для получения их статистических многолетних характеристик;
- 4) первичная обработка и хранение гидрологической информации;
- 5) характеристика основных методических подходов составления и анализа водохозяйственного баланса.

В задачи гидрометрии входят измерения:

- 1) геометрических параметров потока (уровней, глубин и направлений течения);
- 2) кинематических параметров (скоростей течения);
- 3) расходов воды и наносов;
- 4) параметров ледового и термического режимов потоков.

Эти данные необходимы для рационального проектирования, строительства и эксплуатации мелиоративных систем, гидротехнических сооружений и гидроэлектростанций, мостов, автомобильных и железных дорог. Систематические наблюдения за водными объектами (реками, ручьями, озёрами, болотами, ледниками, водохранилищами) проводятся опорной сетью постоянно действующих метеорологических станций и гидрологических (водомерных) постов. Кроме того, имеются станции и посты, организуемые научно-исследовательскими, проектными организациями различных ведомств, например, у мостов, на шлюзах и перекатах.

Предварительные характеристики водотоков для проектирования могут быть взяты в гидрометеостанциях, расположенных вблизи проектируемого сооружения. Расширенный объём данных получают только путём непосредственных натуральных измерений в ходе проведения гидрометрических работ на месте проектируемого сооружения. Наиболее полно эта работа ведётся для строительства мостов.

Гидрометрия широко используется при изучении физических явлений, в особенности в экспериментальной гидроаэромеханике; в промышленности (авиационной, нефтяной, газовой, химической, пищевой и др.); в геофизике (гидрологии суши, гидрогеологии, океанологии); для выполнения гидрологических и водохозяйственных расчетов; при проектировании, строительстве и эксплуатации водохозяйственных гидротехнических сооружений, гидроэлектростанций, оросительных и осушительных систем, водопроводов и пр., а также для научных целей.

1.2. Основные принципы организации и размещения сети гидрометеорологических станций и постов. Классификация гидрометеорологической сети

В основу ныне существующей системы гидрометеорологических наблюдений положен принцип измерения параметров окружающей

природной среды в отдельных пунктах (так называемые точечные наблюдения) в предположении, что в промежутках между этими пунктами значения параметров с необходимой точностью могут быть получены путем линейной или иной интерполяции.

Размещение пунктов гидрологических наблюдений на реках, озерах, водохранилищах осуществляется таким образом, чтобы получить значение годового стока с заданной точностью, с тем, чтобы точность интерполяции стока была близкой к точности гидрометрических измерений. Так точность характеристик стока, на территории с напряженным водохозяйственным балансом, должна составлять примерно 3–5 %, а на территориях, где воды достаточно, допускается – 15 – 20 %. При этом опорная сеть создается на всей территории страны независимо от водности тех или иных районов. В настоящее время применяется несколько схем размещения пунктов наблюдений. Для больших рек используется линейная схема размещения гидропостов, т.е. по длине реки. Площадная схема в виде репрезентативных рек с площадью водосбора 1 – 10 тыс. км² или кустовая для малых аazonальных рек. Гидрологическая сеть предназначена для изучения режима и учета водных ресурсов, обеспечения данными для прогнозов и предупреждений опасных гидрологических явлений, предоставления информации для разработки режимов эксплуатации гидротехнических сооружений водохозяйственных объектов. В зависимости от изменчивости гидрологического режима и потребностей экономики страны определяют количество гидропостов наблюдений и их территориальное размещение. Развитие гидрологической сети направлено на повышение точности учета водных ресурсов в районах с напряженным водохозяйственным балансом, большего охвата на малых реках для нужд мелиорации и гидропрогнозов, улучшение гидрологической изученности и ее оптимизации.

Классификация гидрометеорологической сети

В зависимости от основного профиля выполняемых наблюдений и работ гидрометеорологические станции и посты подразделяются по видам, а их объем определяет класс.

Классификацией предусмотрены следующие виды и разряды станций и постов. Станции гидрологические I и II разрядов, унифицированные автоматические телеметрические гидрометеорологические станции, специализированные болотные, воднобалансовые, озерные, плавучие, а также посты гидрологические I, II и III разрядов, посты озерные гидрометеорологические I и II разрядов.

Гидрологические станции I разряда (Г) осуществляют изучение гидрологического режима водных объектов на территории станции, техническое руководство прикрепленными гидрологическими станциями II разряда и гидрологическими постами, обеспечение заинтересованных организаций сведениями о гидрологическом режиме водных объектов. Производят обработку, оцифровку и анализ данных прикрепленной сети, а также выполняют экспедиционные гидрологические работы.

Гидрологические станции II разряда (Г) проводят полевые гидрологические наблюдения и работы, осуществляют анализ и обработку наблюдений по гидрометрическому створу станции, а также по прикрепленным гидрологическим постам и выполняют другие виды наблюдений и работ в объеме по указанию управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС). Эти станции организуются в районах со слаборазвитой сетью гидрологических постов и удаленных от гидрологических станций I разряда, а также на крупных водных объектах, где организация станций I разряда нецелесообразна, а требуется постоянное присутствие технического персонала.

Унифицированные автоматические телеметрические гидрометеорологические станции (УАТГМС) предназначены для автоматического измерения и регистрации ряда гидрометеорологических элементов в месте установки станции и передачи информации. Этими устройствами оборудуются действующие гидрометеостанции с персоналом, который обеспечивает надзор за УАТГМС, выполняет отдельные виды наблюдений, работ и обслуживание местных организаций.

Болотные станции (Б) осуществляют изучение всех элементов водного и теплового режима крупных болотных массивов, а также влияние на этот режим водных мелиораций и торфяных разработок в различных природных зонах.

Водобалансовые станции (Вб) осуществляют изучение водного и теплового балансов в естественных условиях, а также при проведении агро- и лесомелиоративных мероприятий в различных физико-географических районах.

Озерные станции (О) осуществляют изучение гидрометеорологического режима озер, водохранилищ и их водного баланса.

Плавающие станции (ПОМ) проводят комплекс гидрометеорологических наблюдений в открытой части крупных озер и водохранилищ, а также осуществляют сбор информации с пунктов (или автоматических станций), измеряющих ветер и другие элементы на акватории водного объекта, и передачу всей информации.

Гидрологические посты I разряда (ГП) ведут наблюдения за уровнем и температурой воды, ледовыми образованиями и ледовой обстановкой реки в районе поста, измеряются расходы воды и проводятся метеорологические наблюдения по программе метеорологического поста I разряда. При необходимости измеряются расходы взвешенных и влекомых наносов и производится отбор проб воды на мутность и для химического анализа.

Гидрологические посты II разряда (ГП) ведут наблюдения по программе поста I разряда, кроме работ по измерению расходов воды, взвешенных и влекомых наносов.

Гидрологические посты III разряда (ГП) ведут наблюдения за уровнем и температурой воды, ледовыми образованиями и ледовой обстановкой.

Гидрологические посты всех разрядов могут привлекаться к передаче данных с результатами гидрологических наблюдений с помощью средств связи. Посты I и II разрядов в отдельных случаях могут привлекаться к передаче данных об осадках и опасных гидрометеорологических явлениях.

Озерные гидрометеорологические посты I разряда (ОГП) ведут наблюдения за уровнем и температурой воды, ледовыми явлениями, толщиной льда, шуги, высотой и плотностью снега на льду, инструментальные наблюдения за ветром и волнением, а также метеорологические наблюдения по программе метеорологического поста I разряда. При необходимости привлекаются к наблюдениям на рейдовой вертикали и отбору проб воды на гидрохимический анализ.

Озерные гидрометеорологические посты II разряда (ОГП) ведут наблюдения, предусмотренные программой поста I разряда, за исключением наблюдений на рейдовой вертикали и инструментальных наблюдений за ветром и волнением. На отдельных гидрологических и озерных постах могут вестись наблюдения за уровнем подземных вод.

Гидрометеорологическая сеть построена по комплексному принципу, поэтому в случае необходимости любая станция может проводить дополнительные типы наблюдений и работ. Так на гидрологической станции могут проводиться метеорологические наблюдения по программе станции II разряда. Кроме того, в порядке оптимизации сети допускается объединение несколько станций разного профиля, расположенных в одном пункте. В этих случаях в индекс станции к символам вида и разряда следует добавить символ типа.

Важнейшими задачами и обязанностями станций и постов являются обеспечение гидрометеорологическими данными местных руководящих органов, предприятий и организаций как срочными данными наблюдений, так и информации об опасных и особо опасных гидрометеорологических явлениях.

1.3. Краткие исторические сведения о развитии науки

Гидрометрия является самой древней наукой о воде. Измерения уровней и расходов воды выполнялись задолго до того, как гидравлика и гидрология сформировались как отрасль науки.

В настоящее время гидравлика и гидрология уже сформировали стройную систему знаний о водных потоках и закономерностях режима вод, что потребовало от гидрометрии разработки новых методов наблюдений за режимом рек, в первую очередь за уровнями и стоком воды. Именно этот круг задач наиболее характерен для современной речной гидрометрии. Наблюдения за стоком наносов и ледотермическим режимом все чаще выделяются в обособленные разделы гидрологии. В самостоятельные дисциплины выделились эксплуатационная гидрометрия в ирригации и морская гидрометрия.

Первоначально речная гидрометрия развивалась как измерительная часть гидравлики и служила для определения гидравлических элементов потока. Измерения на отдельных реках выполнялись изолированно без взаимной увязки пунктов наблюдений. Расширение гидрологических исследований потребовало коренным образом изменить задачи речной гидрометрии, включая не только собственно измерение, но и методическое обоснование сети пунктов наблюдений, обеспечивающих целостное и систематическое изучение режима вод суши.

В России в 1874–1884 гг. была заложена основная сеть гидрометрических постов и станций, а в 1879 г. изданы первые общесетевые инструкции.

Рост числа гидрологических постов в той или иной степени отражал развитие отраслей экономики, хотя и не всегда находился в соответствии с его темпами.

В 20-х годах XX века все гидрологические посты объединили в единую опорную сеть наблюдений за режимом и состоянием водных объектов. Созданный в 1919 г. Государственный гидрологический институт (ГГИ) стал методическим центром всех гидрологических

исследований и гидрометрических измерений, а также разрабатывал общесетевые методические руководства и планы развития гидрологической сети, приборы и техническое оснащение ее постов.

Для планомерного и комплексного изучения гидрометеорологического режима территории страны и обеспечения водохозяйственных мероприятий в 1929 г. был создан Гидрометеорологический комитет СССР (ныне Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды).

Большим событием в изучении водных ресурсов страны явилось издание в 1940 г. «Водного кадастра», представляющего собой систематизированные сведения о режиме морей, рек, озер, болот, ледников и подземных вод. В 1936 г. начато систематическое издание гидрологических ежегодников, в которых публиковались сведения об уровнях, расходах воды и взвешенных наносов, температуре воды и других гидрологических характеристиках.

В период Великой Отечественной войны гидрологические исследования проводились в направлении обеспечения действующей армии гидрологическими прогнозами и расчетами по режиму водных объектов, по оценке преодоления водных преград.

После Великой Отечественной войны гидрологические исследования были связаны с восстановлением народного хозяйства, строительством гидроэлектростанций, оросительных систем, проведением осушительных работ и т.д.

Роль водного фактора в экономике и социальном развитии общества любого государства была и остается чрезвычайно важной особенно в последнее время, когда стремительно растет влияние климатических изменений и антропогенных воздействий. Поэтому от гидрологии требуется не только изучение режима водных объектов и ретроспективными расчетами гидрологических характеристик, но первое место выдвигаются вопросы оперативной оценки текущего состояния водных объектов и прогноз состояния вод как динамических систем.

За последнее время российские гидрологи создали как общепризнанные теоретические основы гидрологии, так и методы расчета и прогноза, необходимые при решении народнохозяйственных проблем.

В последние годы все более широкое применение в гидрологических исследованиях начинают приобретать методы лабораторного и математического моделирования с использованием ЭВМ и полевые экспериментальные исследования.

Современное развитие гидрологии и водного хозяйства потребовало преобразований, в первую очередь, системы наблюдений и сбора

гидрологических данных. В связи с этим претерпевают радикальные изменения методический и приборно-аппаратурный комплекс речной гидрометрии. До недавнего времени, гидрология являлась преимущественно описательной наукой, любые результаты измерений рассматривались как «точные» данные, без оценки ошибки их определения.

Методическое обоснование гидрометрических наблюдений на реках сводится к сугубо техническому или гидравлическому. В первом случае измерения и их обработка осуществляются в отрыве и без увязки с уже известными данными об изучаемых элементах. Во втором – постановка наблюдений и получаемые результаты рассматриваются исключительно по законам речной гидравлики.

В реальности, если наблюдения удовлетворяют метрологическим требованиям, то вариация их результатов отражает влияние факторов, которые не учтены гидравлическими формулами.

Глава 2. Организация и производство наблюдения за уровнями воды

2.1. Основные сведения о режиме уровней воды. Цели и основные задачи водомерных наблюдений

Одним из основных элементов характеризующий режим рек являются уровни воды. Для измерения уровней воды существует специальная сеть гидрологических станций. Учет режима и возможных размеров колебаний уровня воды рек, озер, водохранилищ и других водоемов и водотоков, необходим при строительстве мостов, плотин, гидроэлектростанций, различных гидротехнических сооружений, а также мелиоративных каналов, дорог и др. Например, мост, построенный без должного гидрологического обоснования, может создать серьезные препятствия для судоходства на реке в период высокого стояния уровня или вызвать затопление прилегающей к нему дороги. Уровень воды в осушительных каналах должен быть выше, чем уровни в реках-водоприемниках. В противном случае, в период высоких вод, может иметь место подпор, что приведет к затоплению осушаемых территорий. Береговые сооружения и населенные пункты могут подвергаться разрушительному действию наводнений и ледоходов. Изучение колебаний уровней воды в реках имеет большое значение для судоходства. Наблюдения за уровнями на водохранилищах необходимы для рационального использования их водных ресурсов в интересах всех участников водохозяйственного комплекса: гидроэнергетики, судоходства, рыбного хозяйства и др. Наблюдения за уровнями воды рек в ряде случаев позволяют существенно упростить определение стока воды посредством эмпирической связи между высотой уровня и расходом воды в реке. Измерение расхода воды трудоемкая и достаточно длительная операция, в то время как измерение уровня осуществляется оперативно, зачастую автоматически. По результатам, ограниченного числа параллельных измерений расходов (Q) и уровней (H), строят зависимость $Q = f(H)$, с помощью которой по наблюдаемым уровням получают ежедневные расходы воды и подсчитывают сток любые временные интервалы. Многолетние и непрерывные наблюдений за уровнем воды можно охарактеризовать режим уровней изучаемого водного

объекта и, а также построить зависимость между расходами и уровнями, что позволяет оперативно вычислить расход воды реки за различные по водности периоды.

2.2. Принципы устройства гидрологических постов

Наблюдения за уровнями воды на водомерных постах организуют таким образом, чтобы материалы наблюдений по одному посту были сопоставимы за весь период его действия и допускали возможность сравнения результатов наблюдений по ряду постов, расположенных на одном водном объекте. Для выполнения этих условий необходима единая система наблюдений на всех постах.

Каждый водомерный пост должен состоять из:

- водомерных устройств – приспособлений для измерения уровней (реек, свай, самописца);
- постоянных высотных знаков (реперов). Уровни воды, наблюдаемые на водомерных постах, должны быть отнесены к условной плоскости *нуля графика поста*, которая должна оставаться постоянной для всего периода существования поста.

Отметка нуля графика поста выбирается с таким расчетом, чтобы плоскость нуля графика находилась ниже возможного самого низкого уровня воды в реке (озере), который можно ожидать в створе поста не менее чем на 0,5 м. При выполнении этого условия все отсчеты будут положительными. На реках с неустойчивым руслом отметку нуля графика поста назначают с учетом возможной глубинной эрозии русла. При малых глубинах русла отметку нуля графика совмещают с самой низкой отметкой дна реки в створе поста. На равнинных реках для близко расположенных постов (5 – 10 км) может назначаться общий нуль графика. Для всех постов, расположенных на одном озере или водохранилище, обычно назначается общий нуль графика.

На водохранилищах отметка нуля графика поста назначается на 0,5 – 1,0 м ниже проектного уровня мертвого объема в приплотинной части водохранилища.

Изменение высотного положения плоскости нуля графика производится в случаях: 1) переноса поста на значительные расстояния, 2) неудачного первоначального назначения отметки нуля графика выше низшего 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. Это бывает в тех случаях, когда изменяются отметки постовых реперов:

- при переходе от условной системы отметок к Балтийской;
- при пересчете отметок исходных реперов;
- после повторной нивелировки постовых реперов, если при этом выявятся расхождения, превышающие допустимые невязки нивелирного хода.

Высотное положение плоскости нуля графика поста – это вертикальное расстояние h_0 от репера водомерного поста (рис. 2.1). Если известна абсолютная отметка репера, то отметка нуля графика поста может также выражаться в абсолютных отметках. На водомерных постах, помимо нуля графика, имеется один или несколько нулей наблюдения, т.е. та высотная плоскость, от которой производится отсчет уровня воды в момент наблюдения. Высотное положение нулей наблюдения определяется величинами превышения репера над площадками свай (или нулями рек) поста. На речном водомерном посту – это плоскость нуля рейки, а на свайном – площадка (головка) сваи, по которой в этот момент ведут наблюдения. На рис. 2.1 нуль наблюдения представлен площадкой сваи № 6.

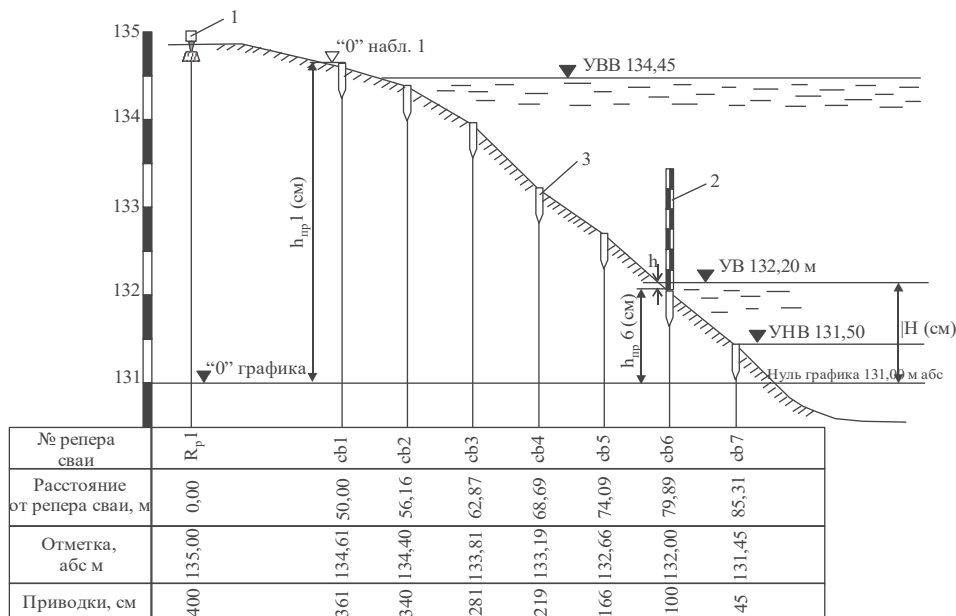


Рис. 2.1. Схема свайного водомерного поста:
1 – репер; 2 – рейка; 3 – свая № 4

Таким образом, нуль наблюдения, в отличие от нуля графика, является не условной, а вещественной плоскостью. Положение нуля наблюдения может меняться в зависимости от колебания уровня воды и количества реек или свай, установленных на посту, а также при ремонте и замене реек и свай.

Наблюдения на водомерном посту начинают только после назначения отметки нуля графика поста, определения отметок нуля реек (головок свай), путем нивелировки от репера или и вычисления (в см) приводки всех реек (свай) над нулем графика поста, т.е. разности отметок нулей реек (площадок свай) и отметки нуля графика.

Наблюдения за уровнями воды на постах речного или свайного типа включают в себя:

- запись номера рейки (свай), по которой проводят наблюдения и снятого отсчета уровня воды (на речном посту по постоянной рейке, а на свайном – по переносной, устанавливаемой на площадке свай) в см;
- установлении, по справочной таблице нивелировки поста, величина приводки нуля рейки (свай), по которой произведен отсчет уровня воды;
- вычисление высоты (в см) наблюденного уровня воды над нулем графика поста (приведенный уровень) путем сложения отсчета уровня по рейке (свае) и приводки нуля данной рейки (свай).

Схема отсчета уровня над нулем графика поста и нулем наблюдения показана на рис. 2.1, где отсчет уровня по переносной рейке на свае № 6 равен 8 см, а отсчет уровня над нулем графика поста $H=8+h_6$ см. Абсолютная отметка уровня воды вычисляется путем прибавления высоты уровня над нулем графика к абсолютной отметке нуля графика поста.

2.3. Классификация гидрологических постов

Сеть гидрологических пунктов наблюдений (постов) 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