

УЧЕБНАЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

*Допущено
Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальности
«Мелиорация и водное хозяйство»*

**Минск
РИВШ
2020**

УДК 556.5(075.8)
ББК 26.22я73
У91

Авторы:

*А. А. Волчек, Ан. А. Волчек, О. П. Мешик, М. Ф. Мороз,
Е. С. Саркынов, Б. А. Зулъыхаров*

Рецензенты:

кафедра мелиорации и водного хозяйства УО «Белорусская
государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»;
главный научный сотрудник РУП «Институт мелиорации НАН Беларуси»,
член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук,
профессор *А. П. Лихацевич*

Учебная гидрометрическая практика : учебное пособие /
У91 А. А. Волчек [и др.] ; под ред. А. А. Волчека. – Минск :
РИВШ, 2020. – 260 с.
ISBN 978-985-586-404-3.

Учебное пособие содержит указания по проведению и организации полевых работ в студенческих бригадах, сведения о правилах охраны труда и охране окружающей среды. Рассмотрены основные гидрометрические приборы и правила работы с ними. Приведены рекомендации по подготовке к полевой практике, организации водомерных наблюдений, по измерению глубин и русловой съемке, скоростей течения воды, по определению расходов воды различными методами, а также расходов наносов.

Адресовано студентам высших учебных заведений по специальности «Мелиорация и водное хозяйство». Может представлять определенный интерес для специалистов в области водохозяйственного строительства, гидромелиорации, экологов, преподавателей, аспирантов и студентов специальностей, связанных с природопользованием.

УДК 556.5(075.8)
ББК 26.22я73

ISBN 978-985-586-404-3

© Оформление. ГУО «Республиканский
институт высшей школы», 2020

ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

L	— длина реки, км;
$L_{\text{вод}}$	— длина водосбора, км;
$B_{\text{ср}}$	— средняя ширина водосбора, км;
A	— площадь водосбора или участка водосбора, км ² ;
L_n	— длины водораздельной линии, км;
K_n	— поправочный коэффициент на извилистость;
K_r	— коэффициентом развития длины водораздельной линии водосбора;
H_n	— абсолютная отметка истока, м;
H_y	— абсолютная отметка устья, м;
I_n	— частный уклон водной поверхности, %;
I_0	— общий уклон реки, %;
I_v	— градиент скоростного напора;
I_T	— уклон трения;
$I_{\text{м.с.}}$	— градиент потерь напора на преодоление местных сопротивлений;
V	— средняя скорость течения, м/с;
H_B	— абсолютная отметка уровня воды в данном пункте, м;
H_3	— абсолютная отметка поверхности Земли в этом пункте, м;
$H_{\text{ув}}$	— отметка рабочего уровня, м;
l_0	— расстояние от постоянного начала до ближнего уреза воды, м;
l_n	— расстояние от постоянного начала до дальнего берега, м;
m	— коэффициент, зависящий от формы русла;
$P_{\text{н.б.}}$	— высота порога со стороны нижнего бьефа, м;
β_n	— параметр формы живого сечения, учитывающий неравномерность распределения глубины по ширине потока;
g	— ускорение свободного падения, м/с ² ;
F_m	— площадь мертвых пространств, м ² ;
F_x	— площадь погружного льда, м ² ;
$F_{\text{ш}}$	— площадь шуги, м ² ;
$F_{\text{пол.}}$	— полная площадь, м ² ;
F	— площадь вертикального сечения потока грунтовых вод от места выхода источника до водораздела, м ² ;
h	— глубина залегания воды в данном пункте, м;
Q	— расход воды, дебит источника в любой момент времени независимого режима, м ³ /с; дм ³ /с;

Q_0	– дебит источника в начальный момент его падения, л/с;
q	– единичный расход потока (расход, отнесенный к 1 м ширины потока), м ² /сут;
t	– координата времени, с;
v_i	– мгновенная скорость, м/с;
v	– местная скорость, м/с;
v_i	– поверхностная скорость течения, м/с;
Vc	– скорость распространения звука в воде, м/с;
w_i	– средняя частота пульсации, кол./с;
η	– относительная (безразмерная) глубина, отсчитываемая от дна потока;
q	– расход воды на вертикали, м ³ /с;
N	– число оборотов винта, об/с;
H_1	– отметки воды в точках, расстояние между которыми
H_2	равно l , м;
w	– площадь живого сечения, м ² ;
Δh	– поправка на вязкость жидкости и поверхностное натяжение для треугольного водослива, м;
$\Delta_{дон}$	– допустимая предельная невязка, м;
$\overline{\sigma_h}$	– суммарная средняя квадратическая погрешность измерения глубин, м;
$\overline{\sigma_H}$	– инструментальной погрешности, м;
$\overline{\sigma_M}$	– морфометрической погрешности, м;
$\overline{\sigma_D}$	– деформационной погрешности, м;
$\overline{\sigma_F}$	– относительная погрешность;
C	– коэффициент Шези, м ^{0,5} /с;
Δt	– погрешность отсчета времени, с;
$\overline{\sigma_Q}$	– допустимая погрешность измерения расходов воды, м ³ /с;
R	– расход взвешенных наносов, кг/с;
G	– расход донных наносов, кг/с;
ρ	– мутность, г/м ³ ;
ρ_n	– вес наносов в пробе, г;
ρ_c	– вес сухого остатка, г/м ³ ;
d_i	– среднеарифметическая крупность i -й стандартной фракции, мм;
γ_n, γ	– соответственно удельный вес наносов и воды, Н/м ³ ;
ρ_n, ρ	– соответственно плотность наносов и воды, кг/м ³ ;

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термины	Определения
Гидрологические наблюдения	Наблюдения над элементами гидрологического режима
Гидрологический пост	Пункт на реке, озере, водохранилище, болоте, выбранный с соблюдением известных правил и оборудованный для производства систематических гидрологических наблюдений и сбора информации по определенной программе и методике
Гидрометрические устройства (сооружения):	Специальные устройства, создаваемые для улучшения условий производства гидрометрических работ и для повышения точности измерения
Гранулометрический состав речных наносов	Состав грунта по крупности образующих его частиц
Ледовый режим	Период времени возникновения, развития и разрушения ледяных образований на водных объектах
Наблюдатель	Специально обученное лицо, производящее по заданной программе и по утвержденным правилам наблюдения за изменением гидрометеорологических элементов
Нуль наблюдений	Горизонтальная плоскость, совпадающая с нулевым делением (отсчетом) постоянной или переносной водомерной рейки
Нуль поста	Горизонтальная плоскость, к которой, как к нулевой поверхности, приводятся отсчеты высоты уровня воды
Мутность воды	Содержание взвешенных веществ – наносов в единице объема смеси воды с наносами
Площадь живого сечения	Плоскость, перпендикулярная общему (среднему) направлению течения потока и ограниченная профилем русла, а сверху уровнем воды
Расход воды	Объем воды, протекающей через живое сечение потока в единицу времени
Расход взвешенных наносов	Количество наносов, проносимых потоком через поперечное сечение реки в единицу времени
Река	Водный поток сравнительно больших размеров, как правило, постоянный, питающийся стоком атмосферных осадков со своего водосбора и текущий в разработанном им русле

Термины	Определения
Скорость течения	Величина, характеризующая секундное перемещение водных масс всего потока через фиксированное сечение
Топогеодезические работы	Работы по геодезической привязке пунктов гидрологических наблюдений
Уклон водной поверхности	Падение напора на единицу длины потока. Для условий открытых водных потоков определяется как отношение разности высотных отметок уровня воды на рассматриваемом участке к длине этого участка
Уровень воды	Высота поверхности воды, отсчитываемая относительно некоторой постоянной плоскости сравнения

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 учета состояния водных ресурсов, постоянное совершенствование методов и средств гидрологических наблюдений, составляющих предмет гидрометрии как научной дисциплины, находится в центре внимания специалистов, работающих в области водного хозяйства.

Гидрометрия является частью более обширной науки – гидрологии. Слово «гидрометрия» образовано из сочетания двух греческих слов: *υδωρ* – вода и *μετρον* – измеряю, т. е. «водомерие», измерение воды, которые называются водомерными наблюдениями.

Гидрометрия – наука о методах и средствах определения величин, характеризующих движение и состояние жидкости и 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; элементов 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. Ее задачи: гидрометрические работы в период строительства и ввода в эксплуатацию гидротехнических сооружений и мостов; наблюдения за влиянием вводимых 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 русел рек и переводе потока на водосбросные сооружения и т. д.

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.

Целью гидрологических изысканий является получение сведений и характеристик по гидрологическому режиму водоисточника, отдельных его участков или в заданных створах, необходимых для обоснования проектов водохозяйственного и гидромелиоративного строительства, а также для составления водного баланса.

Полевые гидрологические изыскания проводятся для всех стадий проектирования. Детализация их определяется заданием на изыскания.

Состав и объем гидрологических изысканий зависят от гидрологической изученности, характера гидрологического режима водотока, вида гидромелиораций или проектируемого сооружения или от стадии проектирования.

При наличии на реке водомерных постов гидрологической сети гидрометеослужбы полевые работы на изучаемом участке или в намеченном створе сооружения проводятся в том случае, если между этими створами имеются приточность или потеря стока, а также если площадь водосбора в этих створах различается более чем на 30 %.

Гидрометрические работы на отдельных участках водотоков выполняются с целью привязки данных наблюдений к многолетним наблюдениям опорной сети. Продолжительность новых гидрологических наблюдений должна быть не менее года. При проектировании крупных оросительных, обводнительных или осушительных систем стационарные гидрологические и гидрогеологические наблюдения над основными характеристиками режима водоисточника (или водоприемника) ведутся в течение всего периода проектирования, строительства и эксплуатации объекта.

Настоящее пособие является практическим руководством для студентов водохозяйственных специальностей при прохождении учебной гидрометрической (гидрологической) практики на водных объектах, а также может быть полезным при изучении теоретического курса по гидрометрии.

При написании учебного пособия авторы обобщили личный многолетний опыт проведения гидрометрических практик, а также использовали исследования в области гидрометрии ведущих специалистов Беларуси, России, республик Прибалтики, Центральной Азии и др.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Волчек Александр Александрович – декан факультета инженерных систем и экологии УО «Брестский государственный технический университет», доктор географических наук, профессор.

Волчек Анастасия Александровна – доцент кафедры природообустройства УО «Брестский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент.

Мешик Олег Павлович – заведующий кафедры природообустройства УО «Брестский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент.

Мороз Михаил Федорович – доцент кафедры природообустройства УО «Брестский государственный технический университет».

Саркынов Ербол Саркынович – декан факультета гидротехники, мелиорации и бизнеса Казахского национального аграрного университета, кандидат технических наук, профессор.

Зулпыхаров Бауыржан Аманбекович – заместитель декана факультета гидротехники, мелиорации и бизнеса Казахского национального аграрного университета, PhD.

СОДЕРЖАНИЕ

ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	3
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
ВЕДЕНИЕ	7
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРАКТИКЕ И ПОДГОТОВКА К ПОЛЕВЫМ РАБОТАМ.....	11
1.1. Задачи и организация гидрометрической практики	13
1.2. Учебно-исследовательская работа студентов.....	16
1.3. Правила внутреннего распорядка, обязанности бригадира и членов бригады	19
1.4. Охрана труда на гидрометрической практике	20
1.5. Определение морфометрических характеристик реки и ее бассейна.....	26
2. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДОМЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ	37
2.1. Выбор участка реки для наблюдений за уровнями воды	39
2.2. Топографические работы при организации гидрологических постов.....	41
2.3. Устройство водомерного поста	45
2.4. Устройства для измерения уровня воды	54
2.5. Открытие гидрологического поста и техническая документация	60
2.6. Наблюдения за уровнем и продольным уклоном водной поверхности.....	61
2.7. Визуальные наблюдения за состоянием водных объектов	65
3. ИЗМЕРЕНИЕ ГЛУБИН И РУСЛОВЫЕ СЪЕМКИ	67
3.1. Средства и методы для измерения глубин и профилей дна.....	69
3.2. Способы выполнения промерных работ	75
3.3. Обработка результатов промерных работ.....	81
3.4. Оценка точности определения параметров водного сечения.....	88

4. ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ ВОДЫ	89
4.1. Распределение скоростей течения воды в русле	91
4.2. Методы измерения скоростей течения воды	93
4.3. Классификация приборов для измерения скоростей течения воды	94
4.4. Измерение скорости течения воды с помощью гидрометрических вертушек	104
4.5. Измерение скорости воды вертушкой интеграционным способом	111
4.6. Ускоренный способ измерения скорости воды	113
4.7. Особенности измерения скорости при различных условиях	114
4.8. Измерение скорости течения воды с помощью гидрометрических поплавков	122
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ВОДЫ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ	131
5.1. Общие принципы определения расходов воды	133
5.2. Измерение расхода воды гидрометрической вертушкой	136
5.3. Измерение расхода воды в различных условиях	136
5.4. Вычисление расхода воды аналитическим способом	138
5.5. Измерение расхода воды поплавками	142
5.6. Вычисление расхода воды, измеренного гидрометрическими поплавками	142
5.7. Ускоренные методы измерения расходов воды	148
5.8. Определение расходов воды с интеграцией поверхностных скоростей по косым галсам	154
5.9. Измерение расходов воды на малых реках	156
5.10. Водосливы	161
5.11. Определение максимальных расходов воды по меткам уровней	186
5.12. Оценка погрешности, текущий контроль измерений расходов воды	190

6. ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ТВЕРДЫМ СТОКОМ	193
6.1. Общие сведения о твердом стоке	195
6.2. Наблюдения за стоком взвешенных наносов	199
6.3. Измерение расхода взвешенных наносов	205
6.4. Взятие единичных и контрольных проб воды на мутность и для определения крупности взвешенных наносов	208
6.5. Вычисление расходов взвешенных наносов	210
6.6. Приборы для взятия проб донных наносов	215
6.7. Измерение и вычисление расхода донных наносов	220
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	221
<i>Приложение А. Перечень необходимых приборов, оборудования и учебных пособий для гидрометрической практики</i>	<i>223</i>
<i>Приложение Б. Контрольный лист по технике безопасности</i>	<i>224</i>
<i>Приложение В. Поверки геодезических приборов и инструментов</i>	<i>225</i>
<i>Приложение Г. Журнал нивелировки водомерного поста</i>	<i>229</i>
<i>Приложение Д. Техническое дело</i>	<i>230</i>
<i>Приложение Е. Журнал водомерных наблюдений</i>	<i>235</i>
<i>Приложение Ж. Книжка для записи измерения расхода воды</i>	<i>237</i>
<i>Приложение И. Значения коэффициента Шези C по формуле Н. Н. Павловского</i>	<i>244</i>
<i>Приложение К. Опросный лист</i>	<i>245</i>
<i>Приложение Л. Книжка для записи измерения расхода воды и расхода взвешенных наносов</i>	<i>247</i>
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	256

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ISO TS 3716: 2006 Гидрометрия. Функциональные требования и характеристики батометров для определения взвешенных наносов.
2. *Быков, В. Д.* Гидрометрия / В. Д. Быков, А. В. Васильев. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 448 с.
3. Руководство по гидрологической практике. Гидрология: от измерений до гидрологической информации / ВМО – № 168. – 6-е изд. – Всемирная метеорологическая организация, 2011. – Т. 1. – 314 с.
4. Технический регламент. Гидрология / ВМО – № 49. – Всемирная метеорологическая организация, 2006. – Т. 3. – 130 с.
5. Наставление по Глобальной системе наблюдений. – Всемирная метеорологическая организация, 2015. – 76 с.
6. Водный кодекс Республики Беларусь, 1998 № 191–3: принят Палатой представителей 02.04.2014 г.; одобрен Советом Республики Беларусь 11.04.2014 г.
7. Водомерные устройства для гидромелиоративных систем / М. В. Бутырин [и др.]; под ред. А. Ф. Клепчука. – М.: Колос, 1982. – 144 с.
8. *Гавич, И. К.* Сборник задач по общей гидрогеологии: учебное пособие для вузов / И. К. Гавич, А. А. Лучшева, С. М. Семенова-Ерофеева. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 412 с.
9. *Модринский, Н. И.* Геодезия / Н. И. Модринский. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 464 с.
10. *Чеботарев, А. И.* Гидрологический словарь / А. И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 308 с.
11. *Железняков, Г. В.* Гидрология, гидрометрия и регулирование стока / Г. В. Железняков, Т. А. Неговская, Е. Е. Овчаров; под ред. Г. В. Железнякова. – М.: Колос, 1984. – 205 с.
12. *Железняков, Г. В.* Теория гидрометрии / Г. В. Железняков. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 343 с.
13. Закон Республики Беларусь «О гидрометеорологической деятельности» от 9 января 2006 г. № 93-3.
14. *Карасев, И. Ф.* Гидрометрия / И. Ф. Карасев, А. В. Васильев, Е. С. Субботина. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 376 с.
15. Методические указания к учебной практике по гидрометрии. – Горки, 1985. – 59 с.
16. Наставление гидрометрическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеиздат. – 1957. – Вып. 6. – Ч. 1. – 400 с.

17. Правила по охране труда при производстве наблюдений и работ в системе государственной гидрометеорологической службы Республики Беларусь Постановление Минприроды от 29.12.2007 № 108.

18. Правила проведения гидрологических наблюдений и работ. – Минск: Минприроды Республики Беларусь. – 2008. – Ч. 1: ТКП 17.10 – 08/2-2008 (02120). – 332 с.

19. Правила проведения гидрологических наблюдений и работ. – Минск: Минприроды Республики Беларусь. – 2008. – Ч. 2: ТКП 17.10 – 08/2-2008 (02120). – 173 с.

20. Правила проведения гидрометеорологических наблюдений и работ на озерах и водохранилищах: ТКП 17.10 – 16-2009 (02120). – Минск: Минприроды Республики Беларусь, 2009. – 90 с.

21. Практикум по инженерной геодезии / Б. Б. Данилевич [и др.]; под ред. В. Е. Новака. – М.: Недра, 1987. – 334 с.

22. Ресурсы поверхностных вод СССР. Описание рек и озер. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – Т. 5: Белоруссия и верхнее поднепровье. – Ч. II. – 333 с.

23. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – Т. 5: Белоруссия и верхнее поднепровье. – Ч. I. – 718 с.

24. Руководство по проектированию и изысканиям объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства в Белорусской ССР. Гидрологические изыскания. – Минск, 1983. – Ч. XIV. – 120 с.

25. *Солтанович, В. Л.* Мелиоративная гидрометрия / В. Л. Солтанович. – Минск: Ураджай, 1989. – 192 с.

26. ТУ 03-378-84 г. Бур ледовый ручной ГР-113.

27. ТУ 25-04-2573-75 г. Прибор фильтровальный ГР-60.

28. ТУ 25-11-1441-78 г. Самописец поплавковый ГР-38. Техническое описание и инструкции по эксплуатации с паспортом.

29. ТУ 25-19-1440-78 г. Самописец поплавковый «Валдай» «СУВ- М». Техническое описание и инструкции по эксплуатации.

30. ТУ 52-08-322-77 г. Дночерпатель штанговый ГР 91-000ПС.

31. Учебное пособие по геодезической практике / В. Ф. Лукьянов [и др.]. – М.: Недра, 1986. – 263 с.

32. Учебная практика по гидрометрии: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А. А. Волчек [и др.]. – Минск: Изд. центр БГУ, 2003. – 310 с.

Учебное издание

Волчек Александр Александрович
Волчек Анастасия Александровна
Мешик Олег Павлович и др.

УЧЕБНАЯ
ГИДРОМЕТРИЧЕСКАЯ
ПРАКТИКА

Учебное пособие

Редактор *И. М. Подоматько*
Компьютерная верстка *Н. М. Лазар*
Корректор *Н. В. Боярова*

Подписано в печать 27.11.2020. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 14,2. Уч.-изд. л. 16,3. Тираж 150 экз. Заказ 101.

Издатель и полиграфическое исполнение:
государственное учреждение образования
«Республиканский институт высшей школы».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/174 от 12.02.2014.
Ул. Московская, 15, 220007, г. Минск.