

М. Ж. Бурлибаев, А. А. Волчек, М. Ю. Калинин

**ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ
И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ
ДЛЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЦЕЛЕЙ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО “КАГАНАТ”

**Алматы
2004**

УДК 556.5 (075.8)

ББК 26.222

~~Б 90~~

Рецензенты: доктор географических наук Ж. Д. Достай,
доктор географических наук М. Х. Сарсенбаев

Утверждено к печати Ученым Советом
Казахского научно-исследовательского института
мониторинга окружающей среды и климата
(КазНИИМОСК)

Министерства охраны окружающей среды Республики Казахстан

Гидрометрические измерения и гидрогеологические расчеты для водо-
хозяйственных целей / Бурлибаев М. Ж., Волчек А. А., Калинин М. Ю.
– Алматы, Издательство: Каганат, 2004. - 360 с.

Б 90

ISBN 9965-25-341-02

Пособие содержит указания по организации и проведению полевых гидро-
логических изысканий, сведения о правилах техники безопасности и охране
окружающей среды. Рассмотрены основные гидрометрические приборы и пра-
вила работы с ними. Приведены рекомендации по подготовке к полевым изы-
сканиям, организации водомерных наблюдений, измерению глубин и русловой
съёмке, измерению скоростей течения воды, определению расходов воды раз-
личными методами и расходов наносов, организации наблюдений за режимом
грунтовых вод, за химическим составом воды и гидрохимическим режимом реч-
ных и грунтовых вод.

Предлагается новая методика по комплексной оценке качества поверхно-
стных вод.

Пособие предназначено для специалистов в области водохозяйственного
строительства, гидромелиорации, гидрологов, экологов, может быть полезно
студентам высших и средних учебных заведений по специальности «Мелиора-
ция и водное хозяйство», служить пособием для преподавателей вузов, аспиран-
тов и студентов специальностей, связанных с природопользованием.

ББК 26.222

Б 90

3803000000

Б

00(05) – 04

ISBN 9965-25-341-02

© Бурлибаев М. Ж., 2004

© Волчек А.А., 2004

© Калинин М. Ю., 2004

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД	9
1.1. Подготовка к гидрометрическим изысканиям	9
1.2. Техника безопасности при проведении гидрометрических изысканий	9
1.3. Определение морфометрических характеристик реки и ее бассейна	16
1.4. Общие сведения о подземных водах	28
2. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДОМЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ	44
2.1. Выбор участка реки для наблюдений за уровнями воды	44
2.2. Топографические работы при организации гидрологических постов	46
2.3. Устройство водомерного поста	50
2.4. Открытие гидрологического поста и техническая документация	59
2.5. Наблюдения за уровнем и продольным уклоном водной поверхности	60
2.6. Наблюдения за термическим режимом рек	64
2.7. Визуальные наблюдения за состоянием водных объектов	66
3. ИЗМЕРЕНИЕ ГЛУБИН И РУСЛОВЫЕ СЪЕМКИ	69
3.1. Средства и методы для измерения глубин и профилей дна	69
3.2. Способы выполнения промерных работ	76
3.3. Обработка результатов промерных работ	83
3.4. Оценка точности определения параметров водного сечения	90
4. ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ ВОДЫ	92
4.1. Распределение скоростей течения воды в русле	92
4.2. Методы измерения скоростей течения воды	94
4.3. Классификация приборов для измерения скорости течения воды	95
4.4. Измерение скорости течения воды с помощью гидрометрических вертушек	102
4.5. Измерение скорости течения воды с помощью гидрометрических поплавков	111

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ВОДЫ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ	121
5.1. Общие принципы определения расходов воды	121
5.2. Измерение расхода воды гидрометрической вертушкой	122
5.3. Измерение расхода воды в различных условиях	123
5.4. Вычисление расхода воды аналитическим способом ..	125
5.5. Измерение расхода воды поплавками	129
5.6. Вычисление расхода воды, измеренного гидрометрическими поплавками	130
5.7. Ускоренные методы измерения расходов воды	134
5.8. Определение расходов воды с интеграцией поверхностных скоростей по косым галсам	138
5.9. Измерение расходов воды на малых реках	141
5.10. Определение расходов воды водосливами с тонкой стенкой.	142
5.11. Определение максимальных расходов воды по меткам уровней	152
5.12. Оценка погрешности, текущий контроль измерений расходов воды	157
6. ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ТВЕРДЫМ СТОКОМ	161
6.1. Общие сведения о твердом стоке	161
6.2. Наблюдения за стоком взвешенных наносов	166
6.3. Измерение расхода взвешенных наносов	173
6.4. Взятие единичных и контрольных проб воды на мутность и для определения крупности взвешенных наносов	177
6.5. Вычисление расходов взвешенных наносов	178
6.6. Приборы для взятия проб донных наносов	184
6.7. Измерение и вычисление расхода донных наносов	186
7. ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ГРУНТОВЫМИ ВОДАМИ	188
7.1. Основные виды движения подземных вод	188
7.2. Изучение режима подземных вод	198
7.3. Наблюдения за уровнями грунтовых вод на мелиорированных.	200
7.4. Изучение уровней подземных вод и определение их расхода с построением кривых депрессий	203
7.5. Расчет подпора грунтовых вод	216
7.6. Расчет потерь на фильтрацию из водохранилищ и каналов	226

8. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ, КАЧЕСТВОМ ВОДЫ И ГИДРОХИМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ РЕЧНЫХ И ГРУНТОВЫХ ВОД	243
8.1. Химический состав природных вод	243
8.2. Система наблюдений и контроля за качеством воды рек	245
8.3. Наблюдение за химическим составом воды	246
8.4. Определение расхода растворенных веществ	254
8.5. Типы химического анализа воды при гидрогеологических исследованиях	255
8.6. Жесткость воды	261
8.7. Агрессивность воды	262
8.8. Полевые гидрохимические лаборатории	264
9. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД	266
9.1. Анализ существующих методов оценки качества поверхностных вод	266
9.2. Разработка методических рекомендаций по комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям	287
9.3. Методы расчета комплексных индексов загрязненности вод	294
9.4. Классификация загрязненности поверхностных вод	308
9.5. Классификация загрязненности поверхностных вод с учетом класса опасности ингредиентов	314
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	320
ПРИЛОЖЕНИЯ	324
Приложение А. Перечень необходимых приборов, оборудования для гидрометрических изысканий на одну бригаду.	324
Приложение Б. Поверки геодезических приборов и инструментов	325
Приложение В. Журнал нивелировки водомерного поста	329
Приложение Г. Техническое дело.	330
Приложение Д. Книжка водомерных наблюдений КГ-1	336
Приложение Е. Книжка для записи измерения расхода воды	338
Приложение Ж. Значения коэффициента Шези C по формуле Н. Н. Павловского	346
Приложение К. Опросный лист	347
Приложение Л. Книжка для записи измерения расхода воды и расхода взвешенных наносов	349

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время среди проблем, стоящих перед человечеством, все чаще на первое место выдвигается проблема чистой воды. Это вызвано тем, что развитие биосферы, в т. ч. и человеческого общества находится в тесной зависимости от состояния водных ресурсов. Они определяют рост 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.

Водные ресурсы (особенно поверхностные воды) обладают высокой чувствительностью к изменению климата, поэтому в условиях его потепления для разработки мер адаптации водного хозяйства и водных экосистем необходима единая информационная система оценки изменения водного режима как по всему земному шару, так и по отдельным континентам.

В последние десятилетия пресные водные ресурсы претерпели значительные трансформации, связанные не только с изменением климата, но и антропогенным воздействием на них. Это воздействие в первую очередь вызвано урбанизацией территории, ростом городов и населенных пунктов, химизацией сельского хозяйства и быта человека. Особенно ухудшилось качество природных вод, практически в каждой пробе поверхностных и подземных вод из верхних горизонтов находятся заметные следы антропогенного загрязнения. Данное обстоятельство часто требует при использовании природных вод поиска сложных инженерных решений.

Вода является незаменимым для человека ресурсом, требующим постоянного учета. Необходимость количественной и качественной регистрации состояния водных ресурсов, постоянное совершенствование методов и средств гидрологических наблюдений, составляющих предмет гидрометрии как научной дисциплины, находится в центре внимания специалистов, работающих в области гидрологии и водного хозяйства.

Гидрометрия – это наука о методах и средствах измерения величин, характеризующих движение и состояние жидкости, с целью

изучения режима 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.

Необходимость эффективного использования водных ресурсов и рациональной эксплуатации 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 русл 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. Учитывая активную взаимосвязь поверхностных и подземных вод, в пособие включены вопросы практической гидрометрии подземных вод и отдельные теоретические вопросы.

Целью гидрологических изысканий является получение сведений и характеристик гидрологического режима водных источников, в качестве которого могут выступать поверхностные и подземные воды; 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, проектируемого сооружения или от стадии

проектирования. При наличии на реке государственных водомерных гидрологических постов 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 площади 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 этих работ должна быть не менее года. При проектировании крупных оросительных, обводнительных или осушительных систем стационарные гидрологические и гидрогеологические наблюдения за основными характеристиками режима водных источников (или водоприемника) ведутся в течение всего периода проектирования, строительства и эксплуатации объекта.

Настоящее пособие является практическим руководством для специалистов водного хозяйства при выполнении гидрометрических (гидрологических) изысканий на водных объектах и связанных с ними подземных водах, а также может быть полезным при изучении теоретического курса по гидрометрии. При написании пособия авторы обобщили личный многолетний опыт проведения гидрометрических работ, а также использовали исследования в области гидрометрии ведущих специалистов Казахстана, Беларуси, России, республик Прибалтики, Центральной Азии и др.

Термины и определения, принятые в учебном пособии, соответствуют наставлениям, ГОСТам, положениям и другим нормативным документам, установленным в методических руководствах по ведению Государственного водного кадастра.

Авторы выражают искреннюю благодарность профессорам Турсунову А.А., Сарсенбаеву М.Х., Медеу А.Р., Достай Ж.Д., Заурбеку А.К., Абдрасилову С.А. и др. за ценные советы и замечания, сделанные при чтении рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Быков В. Д., Васильев А. В. Гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1972.- 448 с.

Водомерные устройства для гидромелиоративных систем / М. В. Бутырин и др. / Под ред. А. Ф. Кленчука. – М.: Колос, 1982.- 144 с.

Гавич И. К., Лучшеева А. А., Семенова-Ерофеева С. М. Сборник задач по общей гидрогеологии. – М.: Недра, 1985. – 412 с.

Гармонов И. В., Лебедев А. В. Основные задачи по динамике подземных вод. – М.: Геологическая литература, 1952.- 244 с.

Железняков Г. В. и др. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока/ Г. В. Железняков, Т. А. Неговская, Е. Е. Овчаров./ Под ред. Г. В. Железнякова. – М.: Колос, 1984. – 205 с.

Железняков Г. В. Теория гидрометрии. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 343 с.

Карасев И. Ф., Васильев А. В., Субботина Е. С. Гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1991.- 376 с.

Методические указания к учебной практике по гидрометрии. – Горки, 1985. – 59 с.

Наставление по гидрометрическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеиздат.- Вып. 6.- Ч. 1, 1957.- 400 с.

Практикум по инженерной геодезии / Б. Б. Данилевич, В. Ф. Лукьянов, Б. С. Хейфец и др./ Под ред. В. Е. Новака.- М.: Недра, 1987.- 334 с.

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

Солтанович В. Л. Мелиоративная гидрометрия. – Мн.: Ураджай, 1989. – 192 с.

Справочное руководство гидрогеолога. Т. 1; Т. 2 / В. М. Максимов, В. Д. Бабушкин, Н. Н. Веригин и др.// Под ред. В. М. Максимова. – Л.: Недра, 1979. – 807 с.

Список использованных источников

Алекин О.А. Общая гидрохимия.-Л.:Изд-во ЛГУ, 1948.-186 с.

Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970.-444 с.

Алимов А.Ф., Бульон В.В., Гутельмахер Б.Л. и др. Применение биологических и экологических показателей для определения степени загрязнения природных вод //Водные ресурсы. – 1979. № 5. – С. 137 – 150.

Брагинский Л.П., Величко И.М., Щербань Э.П. Пресноводный планктон в токсической среде.- Киев.: Изд-во Наукова думка, 1987. – 180 с.

Брагинский Л.П. Некоторые принципы классификации пресноводных экосистем по уровням токсической загрязненности //Гидробиологический журнал. – 1985.-Т.21. – №6. – С.65-74.

Браун В.М. Рыбы как индикаторы качества воды // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям.-Л.: Гидрометеиздат, 1977.- С. 194-208.

Бурлибаев М.Ж., Истомина О.С., Попов Ю.М. К вопросу об определении индекса загрязнения вод // Гидрометеорология и экология.-1997.-№4.-С. 126-132.

Временные методические рекомендации по оперативному прогнозированию загрязненности рек – Л. : Гидрометеиздат, 1981. – 104 с.

Временные методические указания по прогнозированию химического состава поверхностных вод с учетом перераспределения стока – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 56 с.

Вудивисс Ф. Биотический индекс р.Трент. Макробезпозвоночные и биологические обследования // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям.- Л.: Гидрометеиздат, 1977.-С.132-161.

Долгонос Б.М., Кочарян А.Г. и др. Системный подход к назначению предельно-допустимых сбросов (ПДС) //Материалы третьего международного конгресса "Вода: экология и технология.-М.: Тас18. – 1988.-С.394-396.

Драчев С.М. Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промышленными и бытовыми стоками. – М.:Наука, 1964. – 275 с.

Ежегодники качества поверхностных и морских вод и эффективности проведенных водоохраных мероприятий по территории Республики Казахстан (за 1988... 1996 гг.)- Алматы: Казгидромет, 1997. – 208 с.

Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Колесникова Т.Х. Оценка качества

поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям //Гидрохимические материалы.- 1992. – Т. 81. – С. 119 – 129.

Жукинский В.Н., Оксюк О.П. и др. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши //Гидробиологический журнал. – 1981. – Т. 17. – № 2. – С. 38 – 49.

Жукинский В.Н., Оксюк О.П. Методологические основы экологической классификации качества поверхностных вод суши //Гидробиологический журнал – 1983. – Т. 19. – № 2. – С. 59 – 67.

Зенин А.А., Лозанский Б.Р. Качество вод и его изменение под влиянием хозяйственной деятельности /Тр. IV Всесоюзного гидрологического съезда.-Л. Гидрометеиздат, 1975 .-Т. 1 .-С. 107-122.

Информационный экологический бюллетень Республики Казахстан /Минэкобиоресурсов и Минздрав РК //I квартал 1997 г.-Алматы: Изд-во "Конжык", 1977.-64 с.

Информационный экологический бюллетень Республики Казахстан // II квартал 1997 г. – Алматы: Изд-во "Конжык", 1977.-80 с.

Информационный экологический бюллетень Республики Казахстан / Министерство экологии и природных ресурсов // II квартал 1998. -Алматы: Изд-во "Конжык", 1998.-130 с.

Коробкин В.А. Ирригационное качество поверхностных и подземных вод Таш-Уткульского массива // Вестник АН КазССР – 1980. № 11. – С. 65 – 70.

Критерии качества воды, используемые в практике орошения земель в США //Обзорная информация.-М.: ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1978, № 9- 89 с.

Лукияненко В.И. Общая ихтиотоксикология.- М.: Легпищепром, 1983.-320 с.

Максимова М.П., Соколова С.А. Критерии оценки антропогенной составляющей содержания тяжелых металлов в речном стоке //Водные ресурсы.-1993. – № 2. – С. 270 – 272.

Метелев В.В., Канаев А.И., Дзасохова Н.Г. Водная токсикология.- М.: Колос, 1971. – 248 с.

Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. – М.: Госкомгидромет СССР, 1998. – 12 с.

Никаноров А.М. Гидрохимия – Л.:Гидрометеиздат, 1989.- 351 с.

Попов Ю.М., Павличенко Л.М., Богачев В.П. Исследование загрязненности реки Сырдарья для построения комплексной оценки качества воды //Гидрология и экология.-1996.-№2.-С.207-223.

Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186 – 89. – М. :Финансы и статистика, 1991. – 696 с.

Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения- М.: Минздрав СССР. – 1988. – 74 с.

Сарсембеков Т.Т. О стандарте качества оросительной воды / Тезисы докладов Всесоюзного совещания "Качество воды для орошения".- Алма-Ата: АКО КазНИИВХ, 1988. – С.37 – 38.

Селезнев В.А. Изучение взаимодействия абиотических и биотических компонент экосистем средней и нижней Волги (антропогенное воздействие на качество вод водохранилищ Волги) //Материалы 111-го Международного конгресса "Вода: экология и технология".- М.: Тас – 1998. – 124 – 127.

Созинов А.А. и др. Комплексная оценка и классификация качества вод экосистемы Дуная //Водные ресурсы-1993, – Т20, №4.-С.552-560.

Справочник по гидрохимии.- Л.: Гидрометеоздат, 1989.-321 с.

Стародубцев В.М. Влияние орошения на мелиоративные качества речного стока. – Алма-Ата: Наука, 1985.-168 с.

Такташов В.А., Борисов Н.П. и др. Стандартизация в области контроля качества воды //Материалы международного конгресса "Вода: экология и технология" – М.:Тас.8. – 1998.-С. 320 – 322.

Фурсенко М.В. Применение некоторых микробиологических показателей для оценки качества воды // Методы биологического анализа пресных вод. – Л.: Гидрометеоздат, 1976.- С.21-38.

Харченко Т.А., Ляшенко А.В. Оценка качества дунайской воды по сапробиологическим показателям //Водные ресурсы.- 1993. – №4.- С.514-519.

Чаусова Л.А., Кукоба П.И. и др. Критерии оценки и оперативный контроль качества оросительных вод по термодинамическим показателям //Тезисы докладов Всесоюзного совещания "Качество воды для орошения" .-Алма-Ата, АКО КазНИИВХ, 1988.- С.56-60.

Научно-практическое издание

БУРЛИБАЕВ Малик Жолдасович
ВОЛЧЕК Александр Александрович
КАЛИНИН Михаил Юрьевич

**ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ
И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ
ДЛЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЦЕЛЕЙ**

Редактор Н. Н. Щеголева
Технический редактор А.Г. Пак
Верстка на компьютере Д. М. Бурлибаева

Подписано в печать 23.01.04 Формат 70x100/16.
Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Усл. п. л. 29,25.
25,7 уч. изд. л. Тираж 500. Заказ 4.
Отпечатано в типографии ТОО “Верена”.
480050, Республика Казахстан,
г. Алматы, ул. Александрова, 11.

Издательство “Каганат”

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

БУРЛИБАЕВ Малик Жолдасович

1958 года рождения, окончил Джамбулский гидромелиоративно-строительный институт в 1980 г. по специальности гидромелиорация. Выпускник аспирантуры ЦНИИКИВР. Кандидат географических наук, доцент. Директор Казахского НИИ мониторинга окружающей среды и климата. Автор более 140 научных работ, в том числе 7 монографий.

Основное направление работы – проблемы водной экологии и охраны окружающей среды.



ВОЛЧЕК Александр Александрович

1955 года рождения, окончил Брестский инженерно-строительный институт в 1978 г. по специальности гидромелиорация. Выпускник аспирантуры ЦНИИКИВР. Кандидат географических наук, доцент. Заместитель директора по научной работе Отдела проблем Полесья Национальной академии наук Беларуси. Автор более 250 научных работ, в том числе 4 монографий, 2 пособий, 4 учебных пособий для ВУЗов, 3 изобретений.

Основное направление работы – водные балансы речных водосборов, колебания и изменения их элементов.



КАЛИНИН Михаил Юрьевич

1949 года рождения, окончил Киевский государственный университет в 1971 г. по специальности гидрогеология и инженерная геология. Доктор технических наук. Директор Центрального научно-исследовательского института комплексного использования водных ресурсов (ЦНИИКИВР) Минприроды Республики Беларусь, член Международной ассоциации гидрогеологов. Выпускник аспирантуры ЦНИИКИВР. Автор более 230 научных работ, в том числе 8 монографий, 9 изобретений и 1 учебного пособия.

Направление научной деятельности – научное обеспечение рационального использования водных ресурсов и моделирование динамики подземных вод, устойчивое развитие территорий.

