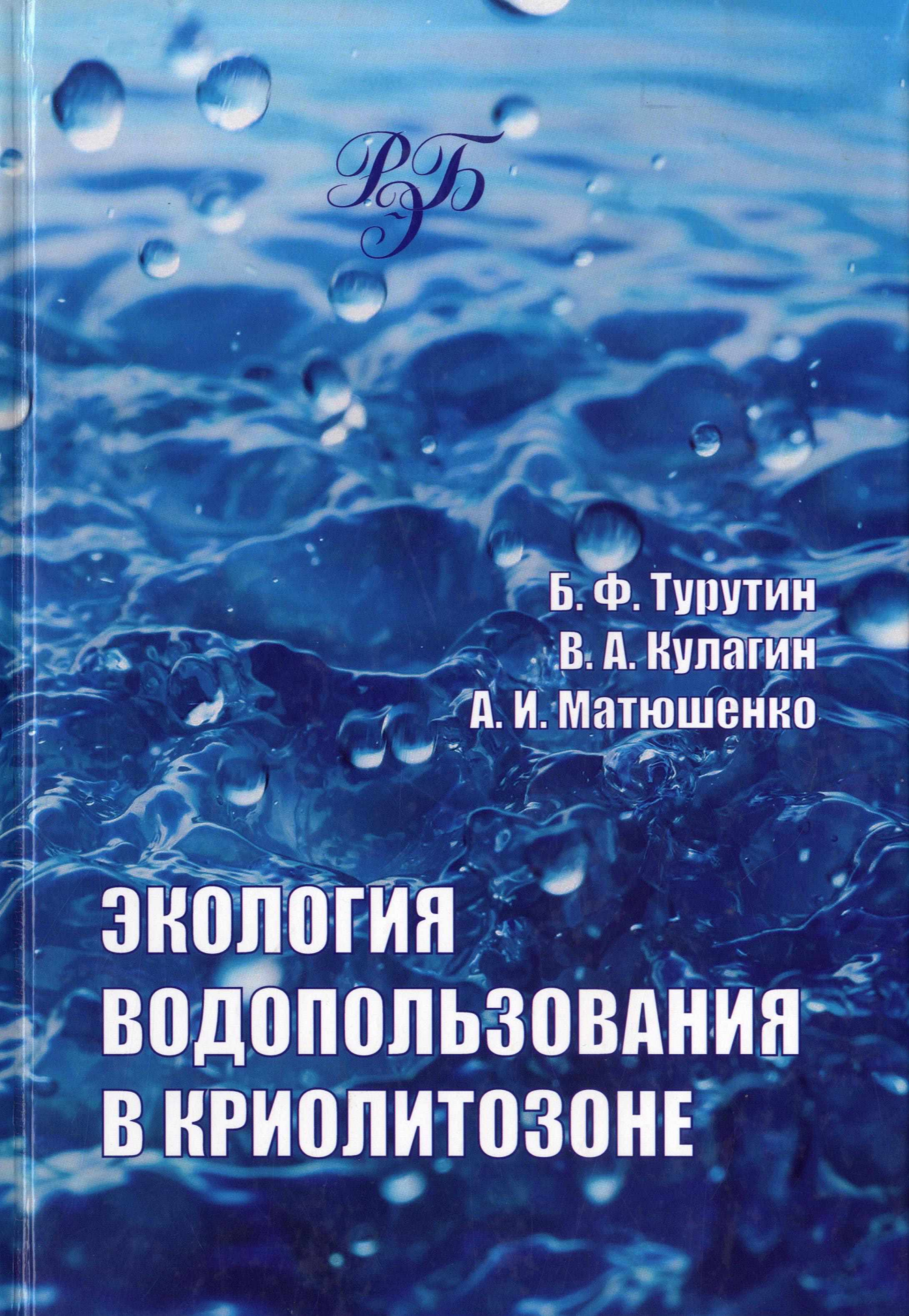




РЭБ

Б. Ф. Турутин
В. А. Кулагин
А. И. Матюшенко

**ЭКОЛОГИЯ
ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
В КРИОЛИТОЗОНЕ**



РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ЭКОЛОГИИ
И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ (МАНЭБ)

Б. Ф. Турутин, В. А. Кулагин, А. И. Матюшенко

ЭКОЛОГИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В КРИОЛИТОЗОНЕ

Монография

Под редакцией доктора технических наук, профессора Б. Ф. Турутина



Москва
2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИНЖЕНЕРНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	5
1.1. Водозаборные сооружения как часть системы водоснабжения	5
1.2. Задачи инженерного проектирования	6
2. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ КАК ИСТОЧНИК ВОДОСНАБЖЕНИЯ	8
2.1. Общие сведения о подземных водах	8
2.2. Явление фильтрации	10
2.3. Простейшие модели пористой среды	11
2.4. Переход от фиктивного грунта к естественному	14
2.5. Скорость фильтрации. Закон Дарси	15
2.6. Проницаемость пористой среды	18
2.7. Границы применения закона Дарси к явлениям фильтрации ...	22
3. РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОДОЗАБОРОВ	27
3.1. Постановка задачи	27
3.2. Отечественные инфильтрационные водозаборы	28
3.3. Зарубежные инфильтрационные водозаборы	32
4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОДОЗАБОРОВ	37
4.1. Основные конструктивные схемы и методы расчета производительности инфильтрационных водозаборов	37
4.2. Процессы инфильтрации речных вод в русловой аллювий под воздействием водозаборов	39
4.3. Относительные величины речных потоков в общем дебите подрусовых инфильтрационных водозаборов	41
4.4. Гидравлические режимы инфильтрационных сооружений и их влияние на интенсивность термокольматационных процессов	43
4.5. Влияние русловых деформаций на термокольматацию, подвижность аллювиальных отложений и синхронность пиков жидкого и твердого стоков	49
4.6. Водный режим и типизация гидрографов стоков для прогнозирования эффективности водозаборов инфильтрационного типа	52
4.7. Гидрографическая характеристика некоторых речных потоков	56
	371

5. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДОЗАБОРЫ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ	60
5.1. Конструкции водозаборных сооружений	60
5.1.1. Скважины	60
5.1.2. Шахтные колодцы	66
5.1.3. Горизонтальные водозаборы	68
5.1.4. Лучевые водозаборы	71
5.2. Гидрогеологические расчеты при проектировании водозабо- ров подземных вод	73
5.2.1. Задачи и методы расчета	73
5.2.2. Эмпирические формулы и таблицы для определения радиуса депрессии	74
А. Установившееся движение	76
5.2.3. Определение притока воды к вертикальным водозаборам	76
5.2.4. Расчеты дебита шахтных колодцев	84
5.2.5. Определение притока воды к горизонтальным водоза- борам	87
5.2.6. Расчет водоотводящей способности водозаборов	90
5.2.7. Совершенные горизонтальные водозаборы из подзем- ных источников	91
5.2.8. Несовершенные горизонтальные водозаборы	94
5.2.9. Лучевые водозаборы	95
Б. Не установившееся движение	96
5.2.10. Совершенные скважины	96
5.2.11. Несовершенные скважины	101
5.2.12. Определение притока воды к горизонтальным совер- шенным водозаборам	102
6. ИНФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ВОДОЗАБОРЫ И ПРОЦЕССЫ КОЛЬМАТАЦИИ	103
6.1. Натурные исследования	103
6.2. Естественная кольматация	103
6.3. Механизм кольматации	104
7. ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В РАЗЛИЧНЫХ ГИД- РОГЕОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	113
7.1. Методы приближенного решения задач тепломассопереноса в гидрогеотермодинамических системах речных долин	113
7.2. Методы расчета динамики геотемпературного поля в различ- ных гидрогеотермических условиях	116
7.3. Формирование гидрогеотермического режима с учетом ха- рактера питания	125
7.4. Прогноз пространственного положения границ криогенных водоупоров	130

8. ВЛИЯНИЕ ГИДРОГЕОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАСХОД ПОДРУСЛОВЫХ ПОТОКОВ В РЕЧНЫХ ДОЛИНАХ	132
8.1. Натурные исследования сезонных колебаний расхода подземных потоков	132
8.2. Влияние термических характеристик на промерзание водоносных горизонтов речных долин на примере водозабора г. Якутска	139
8.3. Физическое моделирование процессов взаимодействия геотемпературных и фильтрационных полей речных долин	141
8.4. Прогнозирование расхода подземных вод с учетом изменения вязкости воды и пространственного положения границ криогенных водоупоров	144
9. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОКОЛЬМАТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНЕ АКТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ	148
9.1. Уравнение неразрывности для жидкой фазы	148
9.2. Уравнение неразрывности для твердой фазы	151
9.3. Уравнение неразрывности для суспензии	152
9.4. Уравнение для поля гидродинамического давления	153
9.5. Уравнение конвективного массопереноса	153
9.6. Уравнение кинетики массообмена суспензии в пористой среде	154
9.7. Система уравнений, описывающая двухмерное течение суспензии в пористой среде	155
9.7.1. Начальные и граничные условия	156
9.7.2. Пример граничных условий для уравнения, описывающего поле гидродинамического давления	157
9.7.3. Метод установления	161
9.7.4. Пример построения разностной сетки	161
9.8. Построение разностной схемы для уравнения, описывающего поле гидродинамического давления	165
9.8.1. Разностные уравнения для внутренних узлов	165
9.8.2. Разностные уравнения для узлов сетки на внешней и внутренней границах	167
9.8.3. Алгоритмизация разностной схемы для поля гидродинамического давления	170
9.8.4. Расчет удельного дебита дрены	176
9.9. Построение разностной схемы для уравнения массопереноса	177
9.10. Пример расчета процесса кольматации в условиях двухмерной задачи	185

10. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОДОЗАБОРОВ В ЗОНЕ АКТИВНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ КРУПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ.....	191
10.1. Математическая постановка задачи фильтрации.....	191
10.2. Гидравлический расчет линейного ряда совершенных скважин.....	194
10.3. Гидравлический расчет производительности группы произвольно расположенных скважин.....	197
10.4. Гидравлический расчет скважин в условиях значительного колебания уровня подземных вод.....	200
10.5. Гидравлический расчет водозаборных сооружений с учетом термических характеристик и деформаций пористой среды.....	206
10.6. Гидродинамический расчет скважин с постоянным понижением уровня.....	211
11. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОДОЗАБОРОВ НА ТЕРРИТОРИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД.....	215
11.1. Постановка задачи.....	215
11.2. Гидравлический расчет инфильтрационных водозаборных сооружений берегового типа.....	215
11.3. Гидравлический расчет подрусовых инфильтрационных сооружений.....	219
11.4. Процессы тепломассообмена водоносных горизонтов.....	223
11.5. Зимний режим работы подрусовых водозаборов в суровых климатических условиях и на вечномерзлых грунтах...	227
12. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕБИТА ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОДОЗАБОРОВ.....	235
12.1. Принципиальные схемы водозаборных сооружений.....	235
12.2. Результаты гидравлического расчета водозаборных сооружений вертикального типа.....	242
12.3. Аналитические задачи расчета производительности водозаборных сооружений инфильтрационного типа.....	245
13. НАДЗЕМНАЯ ПРОКЛАДКА ТРУБОПРОВОДОВ.....	246
13.1. Основные виды надземных прокладок.....	246
13.1.1. Прокладка трубопроводов с компенсаторами разрезного типа.....	246

13.1.2. Прокладка трубопровода с компенсатором упругого типа.....	248
13.1.3. Прямолинейная прокладка трубопроводов со слабоизогнутыми участками	248
13.1.4. Зигзагообразная прокладка на скользяще-подвесных опорах.....	249
13.2. Особенности проектирования зигзагообразной прокладки ...	250
13.3. Подвесные опоры	256
13.4. Скользящие опоры.....	260
14. ПРОКЛАДКА ТРУБОПРОВОДОВ В СЛОЕ МЕРЗЛОГО ГРУНТА.....	261
14.1. Опыт эксплуатации трубопроводов.....	261
14.2. Предотвращение замерзания сетей.....	268
14.2.1. Устройство автоматического выпуска воды	269
14.2.2. Защита сети от замерзания греющим кабелем	278
14.3. Меры по снижению просадки грунта под трубопроводом	284
14.4. Колодцы и камеры.....	291
15. ВОДОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА В НЕЗАМЕРЗАЮЩЕМ ИСПОЛНЕНИИ	298
15.1. Теплотехнические данные	298
15.2. Выпуск воды	303
15.3. Аэрационный клапан с гидравлическим тормозом	304
15.4. Автоматический выпуск воздуха – аэрационный клапан	306
15.5. Аэрационный клапан, совмещенный с выпуском воздуха	308
15.6. Водоразборная колонка	309
15.7. Незамерзающая водоразборная колонка.....	312
15.8. Устройство для водоразбора из подземной сети.....	314
15.9. Колонка с перегородкой	316
15.10. Устройство для разбора воды.....	317
15.11. Кольцевая запорная задвижка	319
15.12. Запорное устройство	321
15.13. Устройство для предохранения воды от замерзания.....	322
15.14. Прибор для измерения толщины льда на стенках труб.....	323
15.15. Устройство для измерения давления воды в водоводе	325
15.16. Устройство для предохранения теплообменных установок от замерзания	326
15.17. Гаситель гидравлического удара	328
16. КОМПЕНСАТОРЫ С КОЛЬЦЕВЫМИ ЗАТВОРАМИ	331
16.1. Конструкция компенсатора	331

16.2. Степень плотности компенсатора.....	332
16.3. Схемы уплотнения компенсаторов.....	336
16.4. Начальное уплотнение, зазор между обоймой и поверхно- стью скольжения компенсатора.....	337
16.5. Снижение нагрузок на неподвижные опоры	338
16.6. Методика расчета трубопроводов.....	343
16.7. Прокладка трубопроводов в условиях сейсмике	349
17. РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В ВОДОВОДАХ НАДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКИ	354
17.1. Техничко-экономический анализ.....	354
17.2. Удельные расходы энергии	354
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	360
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	366

УДК 504.4
Т86

Рецензенты:

В. С. Абрамов, гл. инженер проектов ОАО ТГИ «Красноярскграждан-проект»;

В. К. Витер, канд. техн. наук, начальник отдела энергосбережений ООО «Красноярский жилищно-коммунальный комплекс»;

Г. П. Крючков, канд. техн. наук, гл. инженер ОАО «Трест ГИДРОМОН-ТАЖ», г. Москва

Турутин, Б. Ф.

Т86 Экология водопользования в криолитозоне : монография / Б. Ф. Турутин, В. А. Кулагин, А. И. Матюшенко ; под ред. Б. Ф. Турутина. – М. : Изд-во «Маджента», 2009. – 376 с.
ISBN 978-5-98156-083-5

Исследованы вопросы эффективного использования географических и климатических особенностей сибирских регионов в практике проектирования, строительства и эксплуатации инфильтрационных сооружений. Рассмотрены эконадежные, безопасные и ресурсосберегающие технологии, а также сооружения инфильтрационного типа и наиболее совершенные конструкции трубопроводов, компенсаторов, водопроводной арматуры в незамерзающем исполнении. Обобщены данные по расчету и конструированию наиболее распространенных водозаборных сооружений из подземных источников. Приведены особенности источников водоснабжения, которые необходимо учитывать при проектировании, строительстве и эксплуатации водозаборных сооружений, а также компоновка водозаборных узлов различных типов и отдельных конструкций водозаборов.

Предназначена научным работникам, аспирантам и студентам гидрогеологических и гидротехнических специальностей инженерных академий и университетов.

УДК 504.4

Редакционная коллегия серии:

Ю. В. Видин, В. М. Журавлев (гл. ред.), В. А. Кулагин,
Г. И. Кузнецов, С. А. Михайленко

ISBN 978-5-98156-083-5



9 785981 560835

© СФУ, 2009

© МАНЭБ, 2009

© Б. Ф. Турутин, 2009

© В. А. Кулагин, 2009

© А. И. Матюшенко, 2009

ВВЕДЕНИЕ

Расчет и проектирование водозаборов подземных вод – весьма сложный и трудоемкий процесс инженерной деятельности. Ставится задача разработать документацию, которая на основе гидрогеологических, топографических, экологических и экономических данных позволит реализовать технический объект, обеспечивающий потребителя водой в требуемом количестве и заданного качества. По существу эта задача сводится к прогнозированию условий функционирования объекта и отысканию такого сочетания параметров, которое обеспечит его эксплуатацию в режимах, близких к оптимальным.

Очевидно, что для решения этой задачи необходимы обширные и глубокие знания, как теоретических принципов работы объектов, так и практических способов определения количественных соотношений между параметрами объекта (производительностью, размерами, стоимостью, режимом эксплуатации и др.) и характеристиками среды функционирования.

В общем случае под средой функционирования понимаются все факторы, внешние по отношению к объекту (например, изменение фильтрационных свойств грунта, гранулометрический состав водовмещающих пород, граничные условия, режим движения подземных вод и др.). По происхождению они могут быть природными либо антропогенными (возникающими в результате деятельности человека). В обоих случаях принципиальное значение имеет разделение этих факторов по степени их влияния на функционирование объекта и обратного влияния действующего объекта на количественные характеристики среды, а также возможность количественной оценки этих явлений (осушение пласта, взаимосвязь поверхностных и подземных вод, протекание жидкости из других водоносных горизонтов и т. п.).

Технические объекты обычно подразделяются на технические сооружения и изделия. К сооружениям относятся стационарные объекты (скважины, резервуары, колодцы), опирающиеся на естественные основания (горные породы) и возводимые на месте методами строительной технологии. К изделиям относятся более компактные объекты: приборы, аппараты, оборудование, изготавливаемые методами заводской технологии. Поэтому проектирование сложных водозаборных сооружений состоит из двух взаимосвязанных этапов: проектирование собственно сооружений и комплекса оборудования.

В условиях, когда техника и технология строительства постоянно совершенствуются, а номенклатура сооружений и изделий меняется, проектировщик располагает, как правило, арсеналом альтернативных технических решений и всегда стоит перед выбором одного, желательно наилучшего. В большинстве случаев обоснование технических решений требует их технико-экономической оценки. Технико-экономический анализ проектных решений включает ряд последовательных этапов, общая цель кото-