

П. П. СТРОКАЧ,
Л. А. КУЛЬСКИЙ

ПРАКТИКУМ ПО ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования БССР в качестве учебного пособия для студентов специальности 1217 «Рациональное использование водных ресурсов и обезвреживание промышленных стоков»

МИНСК
«ВЫШЭЙШАЯ ШКОЛА»
1980

ББК 38.775

С 83

УДК 628.161/.163(076.5)

Рецензенты: докт. техн. наук *И. Т. Гороновский*; кафедра гидравлики, водоснабжения и канализации Киевского инженерно-строительного института (зав. кафедрой канд. техн. наук *Ю. М. Константинов*)

Строкач П. П., Кульский Л. А.

С 83 Практикум по технологии очистки природных вод: [Учеб. пособие].— Мн.: Выш. школа, 1980.— 320 с., ил.

В пер.: 75 коп.

В пособии приводятся лабораторные занятия по физико-химическому и технологическому анализу качества воды, освещаются вопросы контроля и регулирования наиболее часто встречающихся в практике процессов очистки природных вод. Особое внимание уделяется процессам коагуляции, отстаивания, фильтрования, обеззараживания и др. Излагается методика организации и проведения исследований.

Пособие предназначено для студентов вузов по специальности «Рациональное использование водных ресурсов и обезвреживание промышленных стоков». Оно может быть использовано также работниками производственных лабораторий.

С $\frac{30210-116}{М 304(05)-80}$ 51—80 3206000000

ББК 38.775

6С9.3

© Издательство «Вышэйшая школа», 1980.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Исследование, разработка и внедрение эффективных технологических процессов, методов и сооружений для подготовки воды хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения — важнейшие задачи десятой пятилетки, намеченные «Основными направлениями развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы». Успешно выполнить поставленные задачи могут только высококвалифицированные специалисты в области технологии очистки воды, владеющие современной методологией исследования, достаточно теоретически и практически подготовленные и способные решать конкретные задачи на уровне современного развития науки и техники.

В повышении качества подготовки специалистов всевозрастающую роль играет организация научных исследований. Участие в научных исследованиях формирует у студентов научный и творческий подход к решению любых задач, приобщает к терпеливой, серьезной и вдумчивой работе, вызывает повышенный интерес к изучаемым дисциплинам, расширяет кругозор, учит эффективно применять свои знания и опыт, способности и энергию на практике.

В настоящем пособии, предназначенном для лабораторных занятий по технологии очистки природных вод, материал изложен с учетом современных требований, направленных не только на приобретение знаний, но и на применение их в практической деятельности, на проведение научно-исследовательской работы. Поскольку учебники и учебные пособия по технологии очистки при-

родных вод отсутствуют, по многим темам дается краткий теоретический материал.

В первой главе рассматриваются физико-химические свойства воды, состав ее примесей, их классификация на основании фазово-дисперсного состояния; во второй — сведения о методах и формах выражения данных анализа, об отборе проб на общий анализ и о порядке его выполнения, о контроле результатов анализа и качества воды, приготовлении растворов; в третьей — требования к качеству воды и основные методики для его определения; в четвертой — методы анализа реагентов, применяемых для очистки воды на водопроводных станциях и в промводоснабжении. В пятой главе отражены основные разделы программы, касающиеся улучшения качества воды для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения. Шестая глава посвящена вопросам организации, проведения и оформления результатов научно-исследовательской работы студентов.

Большое количество лабораторных работ, описанных в практикуме, дает возможность выбрать — одни из них для научных исследований, проводимых студентами, другие — для занятий по спецкурсам и в кружках.

Главы I и III написаны академиком АН УССР профессором Л. А. Кульским, главы II, IV и VI — доцентом, кандидатом технических наук П. П. Строкачем, глава V — авторами совместно.

Авторы выражают признательность профессору И. Т. Гороновскому, доцентам В. Ф. Малько, П. И. Смирнову, А. И. Шахову, С. С. Дужкину, Н. Жумагулову за полезные советы и замечания при подготовке рукописи к изданию, а также старшему преподавателю Е. П. Якубовскому за помощь при подготовке отдельных работ.

*Л. Кульский,
П. Строкач*

- Алекин О. А., Семенов А. Д., Скопицев Б. А.** Руководство по химическому анализу вод суши.— Л., Гидрометеоздат, 1973.
- Вейцер Ю. И., Миц Д. М.** Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки воды.— М., Стройиздат, 1975.
- Вихрев В. Ф., Шкроб М. С.** Водоподготовка.— М., Энергия, 1973.
- Вода питьевая. Методы анализа.**— М., Изд-во стандартов, 1974.
- Гороновский И. Т.** Физико-химическое обоснование автоматизации технологических процессов обработки воды.— Киев, Наукова думка, 1975.
- Гороновский И. Т., Назаренко Ю. П., Некряч Е. Ф.** Краткий справочник по химии.— Киев, Наукова думка, 1974.
- ГОСТ 19600—74.** Отчет о научно-исследовательской работе.— М., Изд-во стандартов, 1974.
- Золотова Е. Ф., Асс Г. Ю.** Очистка воды от железа, фтора, марганца и сероводорода.— М., Стройиздат, 1975.
- Инструкция по определению физико-химических и технологических показателей качества воды и реагентов, применяемых на водопроводах.**— М., Стройиздат, 1973.
- Кастальский А. А., Миц Д. М.** Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения.— М., Высшая школа, 1962.
- Клячко В. А., Апельцин И. Э.** Очистка природных вод.— М., Изд-во литературы по строительству, 1971.
- Клячко В. А., Апельцин И. Э.** Подготовка воды для промышленного и городского водоснабжения.— М., Госстройиздат, 1962.
- Крюков А. Ф. и др.** Методика выполнения учебно-исследовательской работы.— Горки, ГСХА, 1975.
- Кульский Л. А.** Теоретические основы и технология кондиционирования воды.— Киев, Наукова думка, 1971.
- Кульский Л. А., Накорчевская В. Ф., Сайгак Е. И.** Перспективы стандартизации в области охраны и рационального использования водных ресурсов.— Киев, УкрНИИИНТИ, 1979.
- Кульский Л. А., Накорчевская В. Ф., Слипенко В. А.** Активная кремниеслота и проблема качества воды.— Киев, Наукова думка, 1969.
- Кульский Л. А., Левченко Т. М., Петрова М. В.** Химия и микробиология воды.— Киев, Вища школа, 1976.

Миненко В. И., Петров С. М., Миц М. Н. Магнитная обработка воды.— Харьков, ХИЭИ, 1962.

Очистка воды электрокоагуляцией. Кульский Л. А., Строкач П. П., Слипченко В. А. и др. Киев, Будівельник, 1978.

Повышение качества питьевой воды при помощи флокулянтов. Методические указания. Сост. В. А. Слипченко.— Киев, ИПК МКХ УССР, 1975.

Резников А. А., Муликовская Е. П., Соколов И. Ю. Методы анализа природных вод.— М., Недра, 1970.

Руководство по химическому и технологическому анализу воды.— М., Стройиздат, 1973.

Руководство по химическому анализу воды. Сост. **М. П. Ананьевская, Л. Г. Щекатурина**; Под общ. ред. **В. И. Петрашени**.— Новочеркасск, Редакционно-издательский отдел НПИ, 1969.

СНиП II-31 — 74. Нормы проектирования. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.— М., Стройиздат, 1978.

Спирidonов В. П., Лопаткин А. А. Математическая обработка физико-химических данных.— Изд-во Моск. ун-та, 1970.

Строганов Н. С., Бузинова Н. С. Гидрохимия.— Изд-во Моск. ун-та, 1969.

Таубе П. Р., Баранова А. Г. Практикум по химии воды.— М., Высшая школа, 1971.

Тebнихин Е. Ф., Гусев Б. Т. Обработка воды магнитным полем в теплоэнергетике.— М., Энергия, 1970.

Тebнихин Е. Ф. Безреагентные методы обработки воды в энергоустановках.— М., Энергия, 1978.

Унифицированные методы анализа вод. Под общ. ред. Ю. Ю. Лурье.— М., Химия, 1971.

Чертов А. Г. Единицы физических величин.— М., Высшая школа, 1977.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Адгезия 25
Агрегация 25
Адсорбент 199, 204
Адсорбтив 199
Адсорбция 25
Азот 15, 21
— треххлористый 189
Азотная кислота 100, 108
Активная кремнекислота 134, 227, 228
Ализариновый красный 111
Алюминий 101
— гидроксид 25, 168, 208, 210, 216, 233
— оксид 129, 130, 208, 209, 237
— сульфат 129, 135, 152, 155, 156, 157, 159, 164, 165, 207, 210, 216, 223, 227, 234
Алюминол 101
Алюмокалевые квасцы 101
Амни 189
Аммиак 21, 93, 101, 189, 307
Аммиачный буферный раствор 93
Аммоний
— гидроксид 198
— карбонат 104, 158, 307
— кремнефторид 207, 307
— молибдат 109
— персульфат 98, 100
— роданид 97, 98
— сульфат 135, 146
— хлорид 93
Аммонийные соли 189
Анализы
— аргентометрический 106
— бактериологический 36, 47
— весовой 108
— иодометрический 113
— колориметрический 93, 109
— комплексонометрический 108
— полевой 34
— полный 34
— ситовой 176, 177
— сокращенный 34
— технологический 37
Анилин 198
Антрацит 176, 182
Арсенаты 107
Аскорбиновая кислота 101
Ассоциация 5, 25
Аэрация 25, 195
— упрощенная 211
Бактерии слизеобразующие 195
Бактерицидное воздействие 25
Барий
— сульфат 108
— хлорид 108, 129, 130, 142, 168
Батометр 40, 55
Бензол 201
Биохимический распад 25
Бромкрезоловый пурпуровый 136
Броуновское движение 26
Ваандервальсовское взаимодействие 6
Весы торзионные 171
Вещества взвешенные 16, 198
— полидисперсные 169
Винильная группа 161
Вкус 58
Вода
— агрегатное состояние 7
— активная реакция 73, 150
— аммиачная 194
— аномальные свойства 8
— ассоциация молекул 7
— в производствах
— — бродильном 28
— — винокуренном 28
— — крахмальном 28
— — пивоваренном 28
— — пищевом 28
— — сахара 28
— в сельском хозяйстве 30
— в фотографии 32
— в хлопчатобумажной промышленности 32
— в шелковой промышленности 32
— вязкость 8, 10
— давление 302
— диализ 25
— диэлектрическая проницаемость 7, 9
— для заводнения нефтяных

- пластов 33
- для изготовления волокна 33
- для орошения 30
- для охлаждения 30
- для паросилового хозяйства 31
- для приготовления
 - — кислот 33
 - — красителей 33
 - — мыла 33
 - — щелочей 33
- запах 55, 57
- — интенсивность 57
- классификация примесей 23
- константа диссоциации 73
- контроль качества 44
- критические константы
 - — давление 302
 - — плотность 302
 - — температура 302
- криоскопическая константа 302
- летучесть 8
- магнитная обработка 246
- минерализация 19
- молекулярная масса 7, 302
- мутность 64
- обезжелезивание 198, 211
- обеззараживание 188
- обескремнивание 230
- обессоливание 198, 253
- обесфторивание 208
- обесцвечивание 150
- опреснение 253
- осветление 150
- плотностная аномалия 7
- плотность 7, 8, 302
- поверхностное натяжение 9
- показатели качества
 - — — микробиологические 34, 303
 - — — органолептические 34, 44, 304
 - — — токсических химических веществ 34, 303
- полярность 7
- пресная 19
- привкус 58
- прозрачность 64, 151
- рассолы 19
- свободная энергия 302
- свойства 5
- скорость распространения
 - звука 302
- с морской соленостью 19
- солевой состав 150
- стабильность 250
- стандарты
 - — международные 28
 - — европейские 28
- степень ассоциации 7
- температура
 - — замерзания 302
 - — кипения 302
 - — максимальной плотности 302
- теплоемкость 8, 9, 302
- теплопроводность 8
- теплота
 - — испарения 8, 302
 - — образования 302
 - — плавления 8, 302
 - — сублимации 302
- тройная точка 9
- удельная теплоемкость 302
- — теплопроводность 302
- — электропроводность 302
- умягчение 239
- физические свойства 53
- химический состав 53
- химическое соединение 5
- хлорирование 188
- хлорная 194
- — хозяйственно-питьевая 28, 303
- цветность 18, 59, 151
- эбулиоскопическая константа 302
- электронное облако 6, 7
- энтропия 302
- Водорода перекись 129, 130
- Водородные связи 5, 6, 7, 27
- Водородный показатель 74
- Выход по току 223
- Вязкость 8
- Газы 11, 198
- Гематоксилин 158, 159
- Гидрокарбонаты 263
- Гидроксилламин солянокислый 94
- Гидросфера 5
- Гиперфльтрация 25
- Гипс 92
- Гликоль 108
- Глинистые минералы 25
- Гравитационное поле 26

- Гумус
— почвенный 18
— торфяной 18
- Дебай 5
Дегазатор 257
Дегазация 26, 198
Дезодорация 197
Детергенты 26
Дехлорирование 195
Диметиловый желтый 145
β-Динитрофенол 123
Диоксид углерода 11, 199
— растворимость 12
Диполь 5
Дипольная ассоциация 5
Дипольный момент 57
Дифениламин 121, 133
Дихлорамины 189
Длина волны спектра 304
Доломит 92, 237
- Железный купорос 130, 131
Железо 21, 97
— гидроксид 25, 198, 216, 232
— сульфат 130, 131, 132, 216, 218, 223, 233, 241
— хлорид 131, 132, 152, 155, 158, 223, 233, 241
Желозаммонийные квасцы 98
Жесткость
— карбонатная 92, 232, 240
— некарбонатная 92
— общая 92
- Закон Гаусса 278
Запах 15, 18, 55, 56, 57
— бензиновый 56
— глинистый 56
— древесной коры 56
— застойный 56
— затхлый 56
— землястый 56
— илистый 56
— интенсивность 57
— камфорный 56
— морской щепы 56
— неопределенный 56
— огуречный 56
— от рук 57
— плесневый 56
— прелый 56
— род 56
— рыбный 56
— рыбьего жира 56
— свежеспаханной земли 56
— сена 56
— сероводородный 56
— сероуглеродный 56
— скошенной травы 56
— спиртовой 56
— сточный 56
— тинистый 56
— травянистый 56
— тухлых яиц 56
— фскальный 56
— хлорный 56
— хлорфенольный 56
— цветочный 56
Защитное действие фильтра 181, 187
- Известкование 217
Известковое молоко 137, 139
Известковый раствор 155, 159, 235
Известняк 92, 138
Известь 137, 211, 227, 232, 233
— хлорная 128, 129
Изотерма адсорбции 199
Индекс насыщения 260
Интенсивность промывки 179
Иод 127, 128, 147, 148
Ионы 19
— подвижность 25
Ирригационные системы 30
Источники
— поверхностные 53
— подземные 53
- Калибровочная кривая 62
Калий 105
— бромат 134, 201
— бромид 134, 201
— бром-бромат 202
— гидроксид 113
— дихромат 46, 120, 121, 133
— иодид 113, 126, 127, 128, 129, 131, 132, 134, 192, 202
— карбонат 123
— оксид 225
— перманганат 25, 98, 100, 117, 120, 130, 131, 221, 225, 227
— персульфат 98
— роданид 97, 98
— сульфат 108
— хлорид 105, 143, 144, 145, 146, 255

— хромат 106
Кальций 96
— гидрокарбонат 95
— гидроксид 263
— гипохлорит 127
— карбонат 85, 104, 123, 138, 239, 262, 264
— оксид 123, 137
— силикат 95, 231
— сульфат 95
— фосфат 208
— хлорид 95, 104
Катализаторы 212
Катионирование 242
Катионит марганцевый 221
Кислород 11, 112
— растворимость 12
Кислотность 79
Кислоты 18, 79
— апокреповые 18
— гуминовые 18
— креновые 18
— ульминовые 18
Ключевые слова 291
Коагуляция 25, 190, 198
Кобальт
— хлорид 81
Коли-индекс 37
Коли-титр 37
Коллоидные частицы
— гидрофильные 26
— гидрофобные 26
Коррозия 222
Коэффициент неоднородности 177
— фильтруемости 180
Крахмал 113, 126, 127, 128, 132, 134, 147, 148, 192, 202
Кремнефтористоводородная кислота 307
Кремниевая кислота 109, 162, 163, 232, 235
Кремний 22
Криолит 206

Магнезит 237, 238
Магний 97
— гидрокарбонат 95
— гидроксид 208, 235, 239, 240
— оксид 138, 235, 237
— силикат 95
— сульфат 94, 95
— хлорид 95, 235, 237, 238

Магнитная обработка 246
Марганец 21, 99, 225
— гидрокарбонат 99
— гидроксид 113, 225
— оксид 220, 225
— сульфат 227
— хлорид 113, 221, 227
Медь
— сульфат 81
Мембранные фильтры 72
Метан 16
Метилсодовая
— голубая 148
— сипь 122, 123, 145
Метиловый
— желтый 143
— оранжевый 88, 89, 95, 108, 109, 135, 140, 264
— синий 143
Монохлорамины 189, 194
Мурексид 96

Натрий 102
— алюминат 135
— арсенат 127, 128
— арсенид 112
— ацетат 192
— виннокислый 96
— гексаметафосфат 142
— гидрокарбонат 127, 131, 132, 167
— гидроксид 107, 120, 122, 129, 130, 136, 140, 144
— гипохлорит 126
— карбонат 125, 139
— кремнефторид 135, 143, 207, 210, 307
— оксид 135
— силикат 109, 145, 162, 231, 233, 234, 235, 236
— сульфид 93, 96
— сульфит 147, 195, 197
— тетраионат 193
— тиосульфат 101, 113, 126, 127, 128, 131, 134, 147, 149, 192, 195, 202, 203
— фторид 111, 144, 207, 307
— хлорид 104, 244, 307
Низкомолекулярные вещества 198
Нитрофенол 198
Номограмма 81, 84, 85, 86, 90, 91

- Нормальное хлорирование 191, 195
- Обезжелезивание 198, 211
- Обеззараживание 188
- Обескремнивание 230
- Обессоливание 198, 253
- Обесфторивание 208
- Обесцвечивание 150
- Образец шрифта 305
- Озон 25, 211
- Окисляемость
- перманганатная 116
 - дихроматная (ХПК) 116
- Олова хлорид 133
- Опалесценция 142, 164
- Опреснение 253
- Органические вещества 18
- Ортофосфорная кислота 130, 139
- Осаждение примесей 190
- Осветление 150
- Отбор проб
- разовый 39
 - серийный 39
- Охра золотистая 167, 168
- Ошибки (а) эксперимента
- абсолютная 277
 - грубые 278
 - квадратичная 277
 - относительная 277
 - систематические 277
 - случайные 278
 - субъективные 57
- Пены 24
- Перемешивание жидкости
- механическое 182
 - пневматическое 182
- Перехлорирование 191, 195
- Песок
- гранулометрический состав 174
 - кварцевый 182
 - черный 220
- Плавиновый шпат 206, 207
- Плотность
- льда 6, 7, 302
 - оптическая 62
 - растворов 308
 - тока 224
 - электронная 7
- Показатель осаждаемости 170
- фильтруемости 180
 - хлорируемости 191
- Полиакриламид 122, 162, 164, 227, 228
- аммиачный 133
 - известковый 133
- Полимеры 161
- Полиэлектродиты 161
- Пороговая доза 160
- Постоянная Фарадея 223
- Постхлорирование 190
- Почвенная вытяжка 306
- Прехлорирование 190
- Примеси
- гетерофазные 197
 - гомофазные 197
- Прооботборник 182
- Радиоактивные элементы 23**
- Растворы
- истинные 198
 - приблизительные 47
 - приготовление 47
 - точные 47, 51
- Регенерация 242
- Ртуть
- сульфат 100, 121
 - хлорид 133
- Сегнетова соль 89, 90
- Селективные свойства 209
- Сепарация 25
- Сера
- диоксид 195
 - триоксид 98
- Серебро
- нитрат 100, 106, 108, 131, 132
 - сульфат 121
 - хлорид 106
 - хромат 106
- Сероводород 15
- Сита
- аналитические 175
 - калибр 176
- Скорость осаждения 168
- Смесь хромовая 46
- Сода 144, 227
- кальцинированная 139
 - каустическая 140
- Солесодержание 19
- Соль Мора 121
- Специфические ингредиенты 56, 58

- Спирт этиловый 93, 108, 122, 123
 Стабильность 260
 — хлора 193
 Стекло жидкое 134, 135
 Сульфаты 108
 Сульфиды 107
 Суспензии 24, 162
 Сухой остаток 124
 Теплопроводность удельная
 — — воды 302
 — — льда 302
 — — пара 302
 Термометры
 — глубоководный 54, 55
 — максимальный 54, 55
 — поверхностный 55
 — родниковый 55
 — ртутный 54
 Тиндалеметр 70
 Точка перелома 190
 Трибромфенол 201, 203
 Трилон Б 93
 Углевание 198
 Углекислотное равновесие 14, 15, 263
 Уголь активированный 148, 195, 201
 Угольная кислота 217
 — агрессивная 13, 80, 82, 84, 267
 — полусвязанная 13, 82
 — равновесная 14, 80, 82, 262
 — свободная 13, 80, 81, 83, 232, 240, 262
 — связанная 13, 262, 266
 Указатели
 — авторский 288
 — патентный 288
 — предметный 288
 — формульный 288
 Фенол 198
 Фенолфталеин 81, 88, 89, 107, 143
 Фиксация 25
 Фильтрование
 — в парах 181
 — пленочное 181
 — скорость 182
 Фильтроцикл 183
 Флокулянты 161
 — катионного типа 25
 — минеральные 161
 — органические 161
 Флотация 25
 Формалин 146
 Фосфаты 107, 246
 Фосфор 22
 Фосфорная кислота 100, 121
 Фотосинтез 112
 Фтор 206
 Фторопатит 206
 Фторидирование 206
 Хлор
 — активный 126, 128
 — диоксид 25
 — остаточный 101, 189
 — свободный 189
 — связанный 126, 189
 Хлориды 106
 Хлорирование 188, 219
 — комбинированное 191, 195
 — нормальное 191, 195
 — повышенными дозами 191
 Хлорноватистая кислота 190
 Хлоропоглощаемость 188, 189
 Хром темно-синий 93
 Хромовая смесь 46
 Хромоген черный 93
 Цена деления 55
 Цирконила хлорид 111
 Черный песок 220
 Шкала цветности 60, 61
 Штанга 40
 Щавелевая кислота 98, 117, 120
 Щелочность 87, 150, 151, 162
 — гидратная 87
 — гидрокарбонатная 87, 88, 89
 — карбонатная 87, 88, 89
 — общая 87
 Эвапорация 25, 26
 Экстракция 25, 26
 Электролиз поваренной соли 126
 Электролизер 222
 Электрокоагуляция 222, 236
 Электропроводность 253
 — удельная 255, 256, 302
 Эмульсии 24
 Ядовитые вещества 23
 Ядохимикаты 58

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие	3
Раздел первый. Вода и методы ее анализа	
Глава I. <i>Свойства и примеси природных вод</i>	5
I.1. Физико-химические свойства воды	5
I.2. Примеси природных вод	10
I.2.1. Газы	11
I.2.2. Взвешенные вещества	16
I.2.3. Органические вещества	18
I.2.4. Ионы	19
I.3. Классификация примесей воды на основе их фазово-дисперсного состояния	23
I.4. Требования к качеству природных вод	27
I.4.1. Хозяйственно-питьевая вода	28
I.4.2. Вода, используемая в сельском хозяйстве	30
I.4.3. Вода для охлаждения	30
I.4.4. Вода для паросилового хозяйства	31
I.4.5. Вода для технологических целей промышленности	31
I.4.6. Заводнение нефтяных пластов	33
Глава II. <i>Подготовка к определению показателей качества воды</i>	33
II.1. Анализы воды, формы выражения их данных и методы определения	33
II.1.1. Химический анализ	34
II.1.2. Бактериологический анализ	36
II.1.3. Технологический анализ	37
II.1.4. Выбор метода анализа	37
II.2. Отбор, хранение, транспортирование и порядок анализа проб	39
II.3. Контроль результатов анализа	42
II.4. Контроль качества воды	44
II.5. Приготовление растворов	46
II.5.1. Приблизительные растворы	47
II.5.2. Точные растворы	51
Глава III. <i>Методы определения физических свойств и химического состава воды</i>	53
III.1. Температура	53
III.2. Запах	55
III.3. Вкус и привкус	58
III.4. Цветность	59
III.4.1. Приготовление платино-кобальтовой шкалы	60
III.4.2. Приготовление дихромат-кобальтовой шкалы	61

III.4.3. Определение цветности визуальным сравнением со стандартными растворами	62
III.4.4. Определение цветности сравнением со стандартными растворами на фотоэлектроколориметре	62
III.5. Прозрачность и мутность	64
III.5.1. Определение прозрачности по «кресту»	65
III.5.2. Определение прозрачности по Снеллену	67
III.5.3. Определение прозрачности по кольцу	68
III.6. Взвешенные вещества	68
III.6.1. Определение взвешенных веществ фотометрическим методом	68
III.6.2. Определение взвешенных веществ по интенсивности рассеянного света	70
III.6.3. Определение взвешенных веществ при помощи мембранных фильтров	72
III.6.4. Определение взвешенных веществ при помощи бумажных фильтров	72
III.7. Активная реакция среды	73
III.7.1. Определение рН колориметрическим методом	74
III.7.2. Определение рН электрометрическим методом	76
III.8. Кислотность	79
III.9. Угольная кислота	80
III.9.1. Определение свободной угольной кислоты титрованием	80
III.9.2. Определение свободной угольной кислоты по номограмме	81
III.9.3. Определение агрессивной угольной кислоты методом расчета	82
III.9.4. Определение агрессивной угольной кислоты по номограмме	84
III.10. Щелочность	87
III.10.1. Определение общей щелочности титрованием	87
III.10.2. Определение карбонатной и гидрокарбонатной щелочности титрованием	88
III.10.3. Определение гидратной, карбонатной и гидрокарбонатной щелочности по номограммам	90
III.11. Жесткость	92
III.11.1. Определение общей жесткости расчетным и комплексонометрическим методами	93
III.11.2. Определение карбонатной и некарбонатной жесткости	95
III.12. Кальций	96
III.13. Магний, железо	97
III.14. Марганец	99
III.15. Алюминий	101
III.16. Натрий	102
III.17. Калий	105
III.18. Хлориды	106
III.19. Сульфаты	108
III.20. Кремниевая кислота	109
III.21. Фториды	111
III.22. Растворенный кислород	112
III.23. Биохимическое потребление кислорода	114

III.24.	Окисляемость	116
III.24.1.	Определение перманганатной окисляемости в кислой среде	117
III.24.2.	Определение перманганатной окисляемости в щелочной среде	120
III.24.3.	Определение дихроматной окисляемости (ХПК)	120
III.25.	Полиакриламид	122
III.26.	Сухой остаток	124
Раздел второй. Технология обработки воды		
Глава IV.	<i>Технологический анализ реагентов</i>	126
IV.1.	Определение активного хлора в гипохлорите натрия	126
IV.2.	Определение активного хлора в гипохлорите кальция	127
IV.3.	Определение активного хлора в хлорной извести	128
IV.4.	Определение оксида алюминия в сульфате алюминия	129
IV.5.	Определение сульфата железа (II) в железном купоросе	130
IV.6.	Определение хлорида железа (III) в товарном продукте	131
IV.7.	Определение сульфата железа (III) в товарном продукте	132
IV.8.	Определение полиакриламида в рабочих растворах	133
IV.9.	Анализ жидкого стекла, используемого для приготовления активной кремниевой кислоты	134
IV.10.	Определение флокулянта ВА-2 в рабочих растворах	136
IV.11.	Определение качества строительной извести и крепости известкового молока	137
IV.12.	Определение кальцинированной соды в техническом продукте	139
IV.13.	Определение гидроксида натрия в техническом продукте	140
IV.14.	Определение гексаметафосфата натрия в техническом продукте	142
IV.15.	Определение кремнефторида натрия и свободной кислотности в техническом продукте	143
IV.16.	Определение соды и фторида натрия в техническом продукте	144
IV.17.	Определение сульфата аммония в товарном продукте	146
IV.18.	Определение сульфита натрия в техническом продукте	147
IV.19.	Определение качества активированного угля	148
IV.19.1.	Определение степени измельчения	148
IV.19.2.	Определение содержания золы	148
IV.19.3.	Определение активности угля по иоду	149
IV.19.4.	Определение активности угля по метиленовой голубой	149
Глава V.	<i>Методы улучшения качества воды</i>	150
V.1.	Осветление и обесцвечивание воды коагулированием	150
V.1.1.	Определение оптимальных доз коагулянтов и влияние на процесс коагуляции известкования воды	151
		317

V.1.2.	Определение оптимальных доз коагулянтов и влияние на процесс коагуляции предварительно хлорирования воды	155
V.1.3.	Сравнение эффективности очистки воды различными коагулянтами в зависимости от температуры воды	157
V.1.4.	Определение дозы коагулянта при контактном осветлении воды	159
V.2.	Улучшение качества воды флокулированием	161
V.2.1.	Активирование жидкого стекла кислотой и приготовление рабочих растворов АК	162
V.2.2.	Определение необходимой дозы АК	164
V.2.3.	Определение необходимой дозы ПАА	165
V.2.4.	Оценка флокулирующих свойств ПАА	167
V.3.	Осаждение примесей воды	168
V.3.1.	Определение осаждаемости взвеси в лабораторных цилиндрах	170
V.3.2.	Определение осаждаемости взвеси на торзионных всах	171
V. 4.	Осветление воды фильтрованием	173
V.4.1.	Гранулометрический состав материалов загрузки фильтра	174
V.4.2.	Исследование расширения фильтрующих материалов при промывке	178
V.4.3.	Определение показателя фильтруемости	180
V.4.4.	Определение времени защитного действия фильтра	181
V.4.5.	Исследование работы фильтра	181
V.4.6.	Определение грязеемкости загрузки фильтров	183
V.4.7.	Осветление и обесцвечивание воды в контактных осветлителях	185
V.5.	Хлорирование воды	188
V.5.1.	Определение показателя хлорируемости воды (пробное хлорирование)	191
V.5.2.	Определение стабильности (постоянства концентрации) хлора в воде при нормальном и комбинированном хлорировании	193
V.5.3.	Определение дозы дехлорирующего вещества при перехлорировании воды	195
V.6.	Дезодорация воды	197
V.6.1.	Дезодорация воды углеванием	198
V.6.2.	Определение дозы активированного угля, необходимого для очистки воды от фенола	201
V.6.3.	Дезодорация воды на фильтрах с активированным углем	204
V.7.	Фторидирование воды	206
V.8.	Обесфторивание воды	208
V.8.1.	Обесфторивание воды активированным оксидом алюминия	209
V.8.2.	Обесфторивание воды гидроксидом алюминия	210
V.9.	Обезжелезивание воды	211
V.9.1.	Обезжелезивание воды упрощенной аэрацией	211
V.9.2.	Обезжелезивание воды аэрацией	214

V.9.3. Обезжелезивание воды коагуляцией и фильтрованием	216
V.9.4. Обезжелезивание воды известкованием	217
V.9.5. Обезжелезивание воды хлорированием	219
V.9.6. Обезжелезивание воды фильтрованием через «черный песок»	220
V.9.7. Обезжелезивание воды электрокоагулированием	222
V.10. Удаление марганца из воды	225
V.10.1. Удаление марганца обработкой перманганатом калия	225
V.10.2. Удаление марганца из воды фильтрованием через «черный песок»	229
V.11. Обескремнивание воды	230
V.11.1. Обескремнивание воды известью	231
V.11.2. Обескремнивание воды солями железа	232
V.11.3. Обескремнивание воды солями алюминия	233
V.11.4. Обескремнивание воды гидроксидом магния	235
V.11.5. Обескремнивание воды электрокоагулированием	236
V.11.6. Фильтрационное обескремнивание воды	237
V.12. Умягчение воды	239
V.12.1. Умягчение воды известкованием	239
V.12.2. Умягчение воды катионированием	242
V.12.3. Магнитная обработка воды	246
V.13. Опреснение и обессоливание воды	253
V.13.1. Определение электропроводности природных вод	253
V.13.2. Обессоливание воды ионным обменом	256
V.14. Стабильность воды	260
V.14.1. Характеристика стабильности воды по отношению к бетону	262
V.14.2. Характеристика стабильности воды по отношению к металлу	266
 Раздел третий. Методика организации и проведения научных исследований	
Глава VI. Научно-исследовательская работа студентов	270
VI.1. Цель, объект и выбор направления научного исследования	270
VI.2. Методика исследований	272
VI.3. Ведение рабочего журнала	275
VI.4. Точность измерений	275
VI.5. Построение таблиц и графиков	281
VI.6. Аналитический способ представления опытных зависимостей	284
VI.7. Оформление работы	285
VI.8. Работа со справочной, патентной и библиографической литературой	287
VI.9. Правила оформления учебно-исследовательской работы	292
VI.10. Формирование научного мышления студентов при проведении исследований в учебном процессе	298
Литература	300
Приложения	302
	319

*Петр Павлович Строкач,
Леонид Адольфович Кульский*

Практикум по технологии очистки природных вод

Редактор *Л. В. Рутковская*
Мл. редактор *И. А. Лукашевич*
Обложка *В. В. Бессонова*
Худож. редактор *В. Н. Валентович*
Техн. редактор *П. В. Фрайман*
Корректор *Н. Б. Назарева*

ИБ № 939

Сдано в набор 24.12.79. Подписано в печать 19.06.80. АТ 08585. Формат 84×
×108¹/₃₂. Бумага типогр. № 1. Гарнитура литературная. Высокая печать. Усл.
печ. л. 16,8. Уч.-изд. л. 17,02. Изд. № 78-123. Заказ 2895. Тираж 2 200 экз.
Цена 75 коп.

Издательство «Вышэйшая школа» Государственного комитета БССР по де-
лам издательств, полиграфии и книжной торговли. 220048, Минск, Парковая
магистраль, 11.

Полиграфический комбинат им. Я. Коласа. 220005, Минск, Красная, 23.